

УДК 553.08/549.2

Н.С. Рудашевский, В.Н. Рудашевский, О.В. Аликин, А.В. Чумаков
ООО ЦНТ «Инструментс», г. Санкт-Петербург,

ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНАЯ ДЕЗИНТЕГРАЦИЯ И ГИДРОСЕПАРАЦИЯ – ОПТИМАЛЬНАЯ МЕТОДОЛОГИЯ ДЛЯ ОТКРЫТИЯ НОВЫХ МИНЕРАЛОВ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ В КОРЕННЫХ ПОРОДАХ

Рассмотрена новая методология – электроимпульсная дезинтеграция руды + гидросепарация материала + высокотехнологические минералогические исследования в однослойных полированных шлифах «тяжелых» концентратов – применительно к открытиям новых минералов платиновой группы (МПП), содержащихся в коренных породах. Рассмотрены примеры – восемь таких новых МПП.

Ключевые слова: новые минералы платиновой группы из коренных пород, электроимпульсная дезинтеграция, гидросепарация, однослойные полированные шлифы.

DOI: 10.17072/chirvinsky.2021.203

Минералы платиновой группы (МПП) относятся к числу наиболее сложных для исследований. В их составах, кроме платиновых металлов, известны еще 23 минералообразующих элемента: Fe, Ni, Cu, Au, Ag, S, As, Te, Se, Sb, Sn, Pb, Bi, Hg, In, Cl, I, Br, Si, Co, Zn, Tl и Mo. При этом различными элементами МПП реализованы разные их сочетания, стехиометрические соотношения и типы структур.

Проблема определения химического состава МПП была кардинально решена, начиная с 1960-х годов, широким внедрением локального микронного анализа. Сегодня обычно надежное определение химического состава минералов в полированных шлифах для зерен размером >10 мкм. Число МПП, утвержденных Международной Комиссией по новым минералам и названиям минералов, увеличилось с 1959 г. (только 20) до 109 в 2002 г. и до 135 на сегодня (www.mindat.org).

Принципиальной трудностью для диагностики МПП и, следовательно, обнаружения-характеристики их новых минеральных видов в коренных породах (рудах) является случайный неравномерный характер распределения и исключительно низкие содержания этих минералов, то есть, в конечном счете, сам факт их обнаружения. Так что исследования МПП обязательно должны включать процесс обогащения материала в десятки-сотни раз. И, наконец, в породах и рудах (и в продуктах их обогащения)

характерны полиминеральные зерна-сростки разных МПГ друг с другом и с различными сопровождающими их минералами (с породообразующими, с сульфидами, хромитом и др.). Сами индивиды МПГ имеют сложную обычно неправильную форму и, как правило, очень малые размеры в полированных шлифах, лишь единичные их зерна бывают размером до первых десятков микрометров.

Специально выделим, пожалуй, наиболее трудно реализуемое условие для открытия нового минерального вида – получение для него рентгенометрической информации и структурных решений: для этого необходимо использование мономинерального «крупного» зерна, как минимум, 30-40 мкм, надежно ~100 мкм и более (для получения мономинерального порошка или объекта – для монокристалльных измерений). Подчеркнем, что такое зерно еще должно быть отделено от сопровождающих его минералов (извлечено из полированного шлифа – при традиционных исследованиях коренных объектов), что является технически сложной задачей. Неслучайно, что большинство открытий МПГ сделаны на материалах ЭПГ-россыпей - природных объектов, накапливающих свободные крупные зерна МПГ (www.mindat.org).

Нами предложены два оптимальных решения пробоподготовки коренных МПГ-содержащих пород, позволяющие получить представительные выборки зерен МПГ, включающие в том числе и возможные новые их виды - зерна, необходимые для проведения современных высокотехнологичных исследований минералов.

1. Оптимальное измельчение штуфа электроимпульсным (ЭИ) методом - разрушение образца по границам слагающих его зерен [4], обеспечивающее сохранение первичных (наиболее крупных) зерен МПГ; нами реализована на современном уровне электротехники ЭИ-установка ЦНТ Spark-2 [4]. Полученный МПГ-содержащий продукт затем разделяется мокрым ситованием на несколько фракций с использованием стандартного набора сит.

2. Получение «тяжелых» концентратов с использованием запатентованной технологии - метод гидросепарации, гидросепаратор ЦНТ HS-11 [1-3, 11] - для различных размерных фракций продукта измельчения руды [4].

3. Для каждого «тяжелого» концентрата готовятся (термическим прессованием с пластиком) однослойные полированные шлифы, на которых проводится микросондовое изучение минералов благородных металлов. Таким образом, диагностируются все МПГ, подчеркнем, что в таких полированных шлифах удастся наблюдать максимальные размеры (срединные сечения!) МПГ [4]. Отметим, что выбранные зерна затем легко извлекаются с поверхности полированного шлифа.

С 2004 г. открыты восемь новых минералов платиновой группы с использованием предложенной нами методологии – электроимпульсная дезинтеграция+гидросепарация – в коренных образцах руд различных месторождений мира, что составляет ~25 % от числа всех МПГ, открытых после 2002 г. (см. Таблицу).

Таблица
Характеристика минералов платиновой группы, открытых в составе коренных пород с использованием электроимпульсной дезинтеграции и гидросепарации

№	Минерал	Формула	Ссылка	Зерна	
				число	размеры, мкм
1	Скаергардит	PdCu	[12]	2054	0,1-93
2	Налдреттит	Pd ₂ Sb	[6]	622	10-239
3	Нельсенит	Pd,Cu ₃	[7]	12	2-50
4	Унгаваит	Pd ₄ Sb ₃	[8]	8	36-116
5	Гарутиит	(Ni,Fe,Ir)	[10]	20	10-110
6	Палладосилицид	Pd ₂ Si	[5]	13	0.7-39
7	Колдвеллит	Pd3Ag2S	[9]		0,5-75
8	Заккаринит	RhNiAs	[13]		0,9-40

В таблице видно, что новые МПГ контрастно разделяются на две группы; 1) относительно широко распространенные, доминирующие в рассматриваемом месторождении среди других МПГ - скаергардит PdCu и налдреттит Pd₂Sb; 2) редкие и ультраредкие - другие шесть новых минералов (см. таблицу).

Минералы первой группы МПГ ранее определялись в нескольких месторождениях как неназванные фазы составов PdCu и Pd₂Sb [6, 12]. Тогда как при использовании наших методов подготовки МПГ-концентратов (наличие в них, по крайней мере, нескольких «крупных» однородных мономинеральных зерен скаергаардита и налдретита – см. таблицу) задача определения необходимых параметров для этих новых минералов становится тривиальной.

Для второй группы редких и ультраредких новых МПГ, открытых в составе коренных пород (см. Таблицу), задача получения их необходимых констант (обнаружение пригодных для таких измерений зерен) в полированных шлифах, приготовленных по традиционным схемам исследования руд, является практически неразрешимой.

Библиографический список

1. Гидравлический классификатор: Патент на изобретение №216530 / Н. С. Рудашевский, С. Д. Лупал, В. Н. Рудашевский. РФ. М. 2001.
2. Гидравлический классификатор: Патент на изобретение №2281808 / Н. С. Рудашевский, В. Н. Рудашевский. РФ. М. 2006.

3. Гидравлический классификатор: Патент на изобретение №69418, полезная модель / Рудашевский Н. С., Рудашевский В. Н. РФ. М. 2007.
4. *Рудашевский Н. С., Рудашевский В. Н., Антонов А. В.* Универсальная минералогическая технология исследования пород, руд и технологических продуктов // Региональная геология и металлогения. 2018. № 73. С. 88-102.
5. *Cabri L. J., McDonald A. M., Stanley C. J., Rudashevsky N. S., Poirier G., Wilhelmij H. R., Zue W., Rudashevsky V. N.* Palladosilicide, Pd₂Si, a new mineral from the Kapalagulu Intrusion, western Tanzania and the Bushveld Complex, South Africa // *Mineral Mag* 2015. V. 79. No 2. P. 295–307.
6. *Cabri L. J., McDonald A. M., Stanley C. J., Rudashevsky N. S., Poirier G., Durham B. R., Mungall J. E., Rudashevsky V. N.* Naldrettite, Pd₂Sb, a new palladium antimonide from the Mesamax Northwest deposit, Ungava region, Québec, Canada // *Mineralogical Magazine*. 2005. V. 69. No 1. P. 89-97.
7. *McDonald A. M., Cabri L. J., Rudashevsky N. S., Stanley C. J., Rudashevsky V. N., Ross K. C.* Nielsenite, PdCu₃, a new platinum group intermetallic mineral species from the Skaergaard intrusion, Greenland // *Can. Mineral*. 2008. V. 46. P. 709–716.
8. *McDonald A. M., Cabri L. J., Stanley C. J., Rudashevsky N. S., Poirier G., Ross K. C., Mungall J. E., Durham B. R., Rudashevsky V. N.* Ungavaite, Pd₄Sb₃, a new intermetallic mineral from the Mesamax Northwest deposit, Ungava region, Québec, Canada: Description and genetic implications // *Can. Mineral*. 2005. V. 43. P. 1735-1744.
9. *McDonald A.M., Cabri L.J., Stanley C., Good D., Redpath J., Lane G., Spratt J., Ames D.* Coldwellite, Pd₂Ag₂S, a new mineral species from the Marathon deposit, Coldwell, Ontario, Canada // *Canad Miner*. 2015. V. 53. P. 845-857.
10. *McDonald A.M., Proenza J.A., Zaccarini F., Rudashevsky N.S., Cabri L.J., Stanley C.J., Rudashevsky V.N., Melgarejo J.C., Lewis J.F., Longo F., Bakker R.J.* Garutiite, (Ni,Fe,Ir), a new hexagonal polymorph of native Ni from Loma Peguera, Dominican Republic // *European Journal of Mineralogy*. 2010. V. 22. P. 293-304.
11. Method for separating granular materials and device for carrying out said method; Patent Cooperation Treaty PCT/RU01/00123 / *N. S. Rudashevsky, V. N. Rudashevsky, S. D. Lupal* Moscow, 20 April 2001, 10 May 2001. (Russian and English text).
12. *Rudashevsky N.S., McDonald A.M., Cabri L.J., Nielsen T.D.F., Stanley C.J., Kretser Yu.L., Rudashevsky V.N.* Skaergaardite, PdCu, a new platinum-group intermetallic mineral from the Skaergaard intrusion, Greenland. *Mineralogical Magazine*, 2004. Vol. 68. P. 603-620.
13. *Vymazalova A., Laufek F., Drabek M., Stanley C., Baker R., Bermejo R., Garuti G., Thalhammer O.* Zaccarinite, RhNiAs, a new platinum-group mineral from Loma Peguera, Dominican Republic // *Canad. Miner*. 2012. V. 50. P. 1321-1329.c

ELECTRICAL PULSE DISAGGREGATION AND
HYDROSEPARATION - OPTIMAL METHODOLOGY FOR
DISCOVERING NEW PLATINUM GROUP MINERALS IN
PRIMARY ROCKS

N.S. Rudashevsky, V.N. Rudashevsky, O.V. Alikin, A.V. Chumakov

A new methodology - electrical impulse disintegration of ore + hydroseparation of material + high-tech mineralogical studies in single-layer polished thin sections of “heavy” concentrates - is considered in relation to the discoveries of new platinum group minerals (PGM) contained in bedrocks. Examples are considered - eight such new PGMs.

Keywords: new minerals of the platinum group from bedrock, electric pulse disintegration, hydroseparation, single-layer polished thin sections.