

МЕТАМОРФОГЕННО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ PGM И PGE-СОДЕРЖАЩИЕ
МИНЕРАЛЫ В НОРИЛЬСКИХ СУЛЬФИДНЫХ РУДАХ**Спиридонов Э.М. (ernstspiridon@gmail.com), Куликова И.М.,****Коротаева Н.Н., Машкина А.А., Жуков Н.Н.**

Московское отделение, МГУ имени М.В. Ломоносова

METAMORPHOGENIC-HYDROTHERMAL PGM AND PGE-BEARING
MINERALS IN NORILSK SULFIDE ORES**Spiridonov E.M., Kulikova I.M., Korotaeva N.N., Mashkina A.A., Zukov N.N.**

Moscow branch, M.V. Lomonosov Moscow State University

Магматические сульфидные Ag-Au-Pt-Pd-Co-Ni-Cu руды Норильского рудного поля сопряжены с интрузивами оливиновых габбро-долеритов трапповой формации P_2-T_1 древней Восточно-Сибирской платформы (Геология..., 1976). PGM в магматических сульфидных рудах – это пневматолитовые интерметаллиды Pd – Pt и близкие к ним арсениды, антимониды, теллуриды Pd – Pt, наиболее поздний из них сперрилит, сульфидов среди них нет (Генкин и др., 1981; Евстигнеева, Генкин, 1990; Спиридонов, 2010). Вулканыты, интрузивы, сульфидные руды трапповой формации (изотопный возраст 251 млн. лет), подтрапповые толщи, послетрапповые дайки минетт (изотопный возраст 250 млн. лет) захвачены региональным метаморфизмом погружения трех стадий. 1 стадия – в условиях цеолитовой фации (ЦФ), $T < 290^0$ С, Rb/Sr возраст по апофилиту 232-212 млн. лет. 2 стадия – в условиях от ЦФ до пренит-пумпеллиитовой фации (ППФ) (T до 330^0 , P до 3кб, Rb/Sr возраст по апофиллиту 212-196 млн. лет). 3 стадия – в условиях от высоко- до низкоТ части ЦФ (T до $< 100^0$, P до 0.4 кб, Rb/Sr возраст по метабазальтам и по апофиллиту 187-122 млн. лет) (Спиридонов, Гриценко, 2009). Породы и руды не рассланцованы, степень их преобразований очень изменчива. Метаморфизм погружения флюидодоминирующий, поэтому в метаморфитах масса трещин гидроразрыва с минеральным заполнением, мобилизованным из окружающих толщ. Флюиды с повышенными щелочностью и $f O_2$. Метаморфогенно-гидротермальная минерализация интенсивно проявлена в зонах тектонических нарушений. Процессы послетраппового регионального метаморфизма заметно изменили минеральный состав пород и руд Норильского рудного поля, породили проявления самородной меди, исландского шпата, цеолитов, агатов, датолита, обусловили крайнее разнообразие минеральных видов норильских руд (> 400).

Любой образец норильских сульфидных руд содержит прожилки гидротермальных магнетита и макинавита. В рудах пентландит-халькопирит-кубанит-троилит-пирротиновых и иного состава в виде отдельных вростков, гнезд, микро- и макропрожилков, полос, захватывая крупные блоки, развиты

пирит, сростания пирит-магнетит, магнетит, халькопирит (без структур распада), миллерит, борнит, валлериит, макинавит, сфалерит, халькозин, хизлевудит, вюртцит, годлевскит, гематит, самородные серебро, медь, мышьяк и висмут, тиошпинели и арсениды Fe, Ni и Co, брейтгауптит, паркерит, ульманнит; с ними ассоциируют карбонаты, ангидрит, кварц, пренит, серпентин, хлорит, гидротранаты, смектиты, апофиллит, цеолиты, датолит, гизингерит. Последовательность эпигенетических рудных образований: 1. миллерит+халькопирит+пирит±гриналит (ЦФ); 2. халькопирит+пирротин+ангидрит+стильпномелан (ЦФ-ППФ); 3. ассоциации с борнитом, магнетитом, ангидритом (ППФ); 4. ассоциации с халькозином и хизлевудитом (ЦФ); 5. ассоциации с валлериитом, магнетитом, Ni пиритом (ЦФ); 6. U-Ag-Bi-Ni-Co формация с арсенидами и антимонидами (ЦФ); 7. ассоциации с марказитом, кварцем, кальцитом, гизингеритом, точилинитом (низкотемпературная часть ЦФ).

При процессах низкоградного метаморфизма норильских руд наиболее подвижно Ag, менее подвижен Pd, еще менее Pt, признаки мобилизации Au не обнаружены (Спиридонов, 2010). Пневматолитовые PGM были частично замещены метаморфогенно-гидротермальными PGM, которые развиты не далее нескольких мм от гнезд пневматолитовых PGM в виде полных псевдоморфоз, вдоль трещин и каемок замещения, и PGE-содержащими минералами.

Метаморфогенно-гидротермальные минералы Pd. В норильских рудах установлен голотип высокоцита PdS (Генкин и др., 1981), который ассоциирует с миллеритом, борнитом, хлоритом, пумпеллитом, бабингтонитом, выделяется примесью Fe и отсутствием Pt. Относительно распространен паоловит Pd₂Sn, который в отличие от пневматолитового паоловита, не содержит Sb, Pt, Au. Мелкие кристаллы безSb паоловита развиты в тонких прожилках магнетита и макинавита и в оторочках прожилков хлорита и кальцита. В таких же прожилках изредка развит соболевскит PdBi, который в отличие от пневматолитового соболевскита не содержит Te. БезSb паоловит слагает псевдоморфозы по пневматолитовому Sb паоловиту в тектонизированных рудах с обильным паркеритом или гизингеритом и кварцем. БезTe соболевскит и оловянистый гидротермальный андрадит ассоциируют с касситеритом, заместившим паоловит. Палладоарсенид Pd₂As слагает секущие прожилки в пневматолитовом маяките PdNiAs, на продолжении прожилков кальцита с хлоритом (Спиридонов и др., 2011); вероятная реакция образования: $2 \text{PdNiAs} \rightarrow \text{Pd}_2\text{As} + \text{As p-p} + 2 \text{Ni p-p}$. По соседству с участками руд с палладоарсенидом развиты карбонатные жилы с никелином NiAs. Орселит Ni₅As₂ из псевдоморфоз по пневматолитовым интерметаллидам содержит до 10 мас.% Pd, брейтгауптит NiSb 1.5-4% Pd. Малышевит PdCuBiS₃ развит в рудах с обильным борнитом. В метаморфизованных первичных рудах, которые богаты минералами Pd и гесситом Ag₂Te, развиты серебро, лафламмеит Pd₃Pb₂S₂, теларгпалит (Pd,Ag)₃Te, сопчеит Pd₃Ag₄Te₄, иногда в ассоциации с Se галенитом и агвиларитом Ag₄SeS. Редкий палладий Pd слагает тонкие

пленки на платине Pt, заместившей внешнюю часть кристаллов пневматолитового сперрилита PtAs₂. **Метаморфогенно-гидротермальные минералы платины.** Прежде всего, это пентландитоподобный хараелахит (Pt,Cu,Pb,Fe,Ni)₉S₈, нередко в сростании с куперитом PtS и/или брэггитом (Pt,Pd)S. Куперит, реже куперит и брэггит, изредка выросли на платину, - продукт деструкции пневматолитового сперрилита.

Таким образом, в норильских рудах ассоциации и состав метаморфогенно-гидротермальных PGM существенно отличны от PGM пневматолитового генезиса.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 10-05-00674).

Геология, петрология и генезис медно-никелевых месторождений (ред. М.Н. Годлевский)// Тр. ЦНИГРИ.. 1976. Вып. 122. 120 с.

Генкин А.Д., Филимонова А.А., Евстигнеева Т.Л. и др. Сульфидные медно-никелевые руды Норильских месторождений. М.: Наука. 1981. 234 с.

Евстигнеева Т.Л., Генкин А.Д. Платинометальная минерализация норильских Cu-Ni руд. В кн.: Геология медно-никелевых месторождений СССР. Л.: 1990. С. 98-106.

Спиридонов Э.М. Рудно-магматические системы Норильского рудного поля // Геология и геофизика. 2010. Т. 51. С. 1356-1378.

Спиридонов Э.М., Гриценко Ю.Д. Эпигенетический низкоградный метаморфизм и Co-Ni-Sb-As минерализация в Норильском рудном поле. М.: Научный мир. 2009. 218 с.

Спиридонов Э.М., Коротаева Н.Н., Машкина А.А., Жуков Н.Н. Палладоарсенид Pd₂As – продукт деструкции маякита PdNiAs в сульфидных рудах Талнахского месторождения // Тр. Минерал. музея РАН им. А.Е. Ферсмана. 2011. Вып. 45. С. 48-54.