

ации mss+bnss. Полученные результаты можно применять для анализа зональности массивных сульфидных руд с незначительными концентрациями никеля. Для более корректного сравнения модельных и природных данных необходимо провести аналогичный анализ трендов кристаллизации в четверной системе Cu-Fe-Ni-S.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Генкин А.Д. и др. Сульфидные медно-никелевые руды норильских месторождений. М.: Наука, 1981. М.: Наука, 1981. 234 с.
2. Дистлер В.В. и др. Зональность медно-никелевых руд Талнахского и Октябрьского месторождений // Геология рудных месторождений. 1975. № 2. С. 16-26.
3. Косяков В.И. Топологический анализ диаграммы плавкости системы Cu-Fe-S // Журнал неорганической химии. 2008. Т. 53. № 4. С. 1020-1026.
4. Barnes S.-J., Zientek M.L., Severson M.J. Ni, Cu, Au and platinum-group element contents of sulphides associated with intraplate magmatism: a synthesis // Can. J. Earth Sci. V. 34. P. 337-351.
5. Barnes S.J. Komatiites and nickel sulfide ores of the Black Swan area, Yilgarn Craton, Western Australia. 4. Platinum group element distribution in the ores, and genetic implications // Mineralium Deposita. 2004. V. 39. P. 752-765.
6. Distler V.V. Platinum mineralization of the Noril'sk deposits // Ontario Geol. Surv. Spec. Publ. V. 5. Proceedings of the Sudbury – Noril'sk Symposium. 1994. P. 243-260.
7. Greig J.W., Jensen E., Merwin H.E. The system Cu-Fe-S // Carnegie Inst. Wash. Year Book, 54. 1955. P. 129-134.
8. Kullerud G., Yund R.A., Moh G.H. Phase relations in the Cu-Fe-S, Cu-Ni-S, and Fe-Ni-S systems // Econ. Geol. Monogr. 1969. V. 4. P. 323-343.
9. Naldrett A.J. Magmatic sulfide deposits. New York.: Clarendon Press. 1989. 186 p.
10. Naldrett A.J. et al. The composition of the Ni-Cu ores of the Oktyabr'sky deposit, Noril'sk region // Ontario Geol. Surv. Spec. Publ. Vol. 5. Proceedings of the Sudbury – Noril'sk Symposium. 1994. P. 357-371.
11. Torgashin A.S. Geology of the massive and copper ores of the western part of the Oktyabr'sky deposit // Ontario Geol. Surv. Spec. Publ. V. 5. Proceedings of the Sudbury – Noril'sk Symposium. 1994. P. 231-242.

### **БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНАЯ И НИКЕЛЕВАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В ХРОМИТАХ ОСПА-КИТОЙСКОГО РАЙОНА (ВОСТОЧНЫЙ САЯН)**

**Киселева О.Н., Жмодик С.М., Агафонов Л.В.**

*Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, Россия  
e-mail: ok@gorodok.net; zhmodik@uiggm.nsc.ru; agafonov@uiggm.nsc.ru*

### **THE PRECIOUS AND NICKEL MINERALIZATION IN CHROMITE OSPA-KITOY REGION (EAST SAYAN)**

**Kiseleva O.N., Zhmodik S.M., Agafonov L.V.**

*Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia  
e-mail: ok@gorodok.net; zhmodik@uiggm.nsc.ru; agafonov@uiggm.nsc.ru*

Two geochemical types of precious mineralization have been found in platinum-bearing chromitites of ophiolite association Ospa-Kitoy region (Eastern Sayan, Russia). Ru-Ir-Os geochemical type is the most widespread type of PGE mineralization in chromites. It has high concentration of refractory PGE and the increased concentrations of Pt and Ag. Chondrit-normalized PGE patterns have negative trend, what is characteristic for chromite ores of mantle peridotities. Here PGE-mineralization is presented by Ru-Ir-Os solid solutions and sulphides, sulphoarsenides these metals. The second type is presented by chromites with Pt-Pd-Au mineralization [4]. Distribution of PGE and Au have V-patterns shape profiles of chondritic-normalized relations. Platinum mineralization is presented by Pt-Cu and Pt-Fe-Ni minerals and native gold. Carried on mineralogy-geochemical study of ophiolites association of Ospa-Kotoy region attest about significant transformation of rock that resulted in forming in chromities at least two type platinum mineralization: Ru-Ir-Os ( $\pm$ Au) and Pt-Pd-Au. Inclusions of izoferroplati-

num and other combination of platinum in the minerals of system Ru-Ir-Os may indicate at their co-locating to stage of low-temperature alteration of chromitities. That resulted in the separation of high- and low-temperature PGE geochemical association and forming two type of PGE mineralization. The process took place with participation of water fluid and deep fluid containing carbon and its derivatives (widespread carbonized ultrabasic rocks and presence graphite and avaruit).

Юго-восточная часть Восточного Саяна – регион с широким распространением офиолитовых ассоциаций, формирование которых происходило в различных геодинамических обстановках [3]. Оспинский «массив» представляет собой сложно построенный и интенсивно деформированный тектонический покров, сложенный в различной степени серпентинизированными гарцбургитами, с подчиненным количеством дунитов и ограниченным развитием лерцолитов, верлитов и жильных пироксенитов. Характерной особенностью Оспинского «массива» является широкое развитие углеродизированных гипербазитов, а также метасоматически измененных пород: листвени-тов и лиственизированных пород офиолитового комплекса. В Оспа-Китойском районе обнаружено наибольшее количество, для Восточного Саяна, рудопоявлений и мелкое месторождение хромита. Хромитовые руды (массивные, густо-, средне- и бедновкрапленные) встречаются в виде вытянутых деформированных линз, тонких (от 0,5 до 7 см) жил, прожилков, рассеянной хромшпинелидной минерализации и приурочены к участкам распространения серпентинизированных дунитов. Хромиты в большинстве случаев представлены железистыми разновидностями, где  $Fe\# = 19-41$ , а  $Mg\# = 25-45$ , и соответствуют хромиту, алюмохромиту и субферрихромиту [1, 4 и наши данные].

В хромититах, методами общего (химико-атомно-абсорбционный) и локального (микросонд, сканирующая электронная микроскопия) изучено распределение и минеральные формы нахождения элементов платиновой группы (ЭПГ), золота, серебра и никеля. Установлено как минимум два геохимических типа благороднометалльной минерализации, наиболее распространенным, из которых является Ru-Ir-Os тип. Для хромититов с Ru-Ir-Os геохимическим типом платинометалльной минерализации ( $\Sigma$  ЭПГ 2,96-3,34 г/т) характерны высокие концентрации тугоплавких ЭПГ, при подчиненных – Pt. Концентрации ЭПГ и Au в изученных хромититах соответствуют содержаниям этих элементов, установленным в хромитовых рудах офиолитовых комплексов [5]. На графике, нормированные относительно хондрита, содержания платиноидов и Au в хромититах образуют тренд с отрицательным наклоном, характерным для хромитовых руд мантийных перидотитов [5]. Устанавливаются высокие содержания Ag, возрастающие от бедновкрапленных хромититов к массивным 0,2 до 0,65 г/т (max Ag 38 г/т). Аналогичное распределение отмечается и для Cu. Распределение минералов ЭПГ и Ni в хромитовых рудах неравномерное от 1-2 до десятков зерен на 100 г породы. Кроме того, среди ультрабазитов были обнаружены хромититы с Pt-Pd-Au-минерализацией [4]. Здесь суммарные концентрации ЭПГ 1,34-2,79 г/т, но Pd и Pt преобладают над Ru, Ir, Os, Au. Распределение ЭПГ и Au имеют V образную форму кривых хондрит-нормализованных отношений и сходно с распределением ЭПГ в кумулятивных сериях офиолитовых комплексов [6].

Минерализация ЭПГ первого типа представлена твердыми растворами системы Os-Ru-Ir: рутениридосмином, реже – рутеносмиридом, осмиридом и самородным рутением. Из элементов примесей постоянно присутствуют повышенные концентрации Pt. Сульфоарсениды ЭПГ представлены осарситом, ирарситом и, вероятно, смесью этих минералов, а сульфиды – рядом лаурит-эрликманитом, которые местами по периферии замещают зерна рутениридосминов. В сульфиде и сульфоарсенидах также отмечаются повышенные концентрации Pt, вплоть до Pt-содержащих разновидностей сульфоарсенидов (до 15,85 мас.% Pt); Ni-содержащие – до 9,33 мас.% Ni; Sb-содержащие – до 6,3 мас.% Sb, а также целая группа минералов недосыщенных As и S, сумма которых не превышает 8-9 мас.%. В рутениридосминах в виде микровключений найдены изоферроплатина, туламинит, Pt-содержащий рутениридосмин, осмирид платинистый, сплав Pt-Fe-Cu-Sb и ранее не известное соединение Pd-Ir-Cu.

Платинометалльная минерализация второго типа представлена Pt-Cu и Pt-Fe-Ni-Cu соединениями [4]. Минерал состава  $PtCu_3$  имеет широкие вариации примесей Au (до 14 мас.%), Sb (2,17-6,1 мас.%) и др. Для Au отмечается отрицательная корреляция с Pt, а Sb с Cu. На тройной диаграмме все точки группируются в области теоретического состава  $PtCu_3$ . Сплавы Pt-Fe-Ni-Cu обнаружены как реликтовые образования в центральной части зерен  $PtCu_3$ . Особенностью состава явля-

ются положительные корреляции между содержанием Pt и Au, а также Cu и Sb. Состав соединений изменяется от ферроникельплатины к фазе PtCu<sub>3</sub>. В одной из проб хромитита выделено самородное Au, в количестве 7 золотин. Его состав изменяется: Au 82,75-86,16 мас.%, Ag 14,47-17,20 мас.%.  
Минералы никеля в хромититах Оспинского района представлены аваруитом, шэндитом (Ni<sub>3</sub>Pb<sub>2</sub>S<sub>2</sub>), хизлевудитом, орселитом, бравойтом и полидимитом. Обнаруженная в хромититах ассоциации минералов никеля, согласно диаграммам зависимости активности серы от температуры для реакций сульфуризации [2], формировались от менее 400°C до 500°C. В связи с явно вторичным, по отношению к аваруиту, характером нахождения шэндита, очевидно, что температура его образования была равной или ниже данных значений.

Проведенное минералого-геохимическое изучение офиолитовой ассоциации Оспа-Китойского района свидетельствует о значительных преобразованиях пород, результатом которых явилось формирование в хромититах как минимум двух типов платинометалльной минерализации: Ru-Ir-Os (±Au) и Pt-Pd-Au. Включения изоферроплатины и других соединений платины в минералах системы Ru-Ir-Os могут свидетельствовать о совместном их нахождении до стадии низкотемпературных изменений хромититов, в результате которых произошло разделение высоко- и низкотемпературных платинометалльных геохимических ассоциаций и формирование двух типов ЭПГ-минерализации.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Президиума СО РАН ИП №29, ОНЗ-5 и грантов РФФИ 08-05-90217; 09-05-00662 и научной школы НШ-5736.2008.5.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Анциферова Т.Н. Особенности состава породообразующих и аксессуарных минералов гипербазитов Оспинского массива (Восточный Саян) // Проблемы геологии и освоения недр. Труды 3-го Международного симпозиума им. М.А. Усова. Томск: Изд-во ТПУ, 1999. С. 56-57.
2. Бартон П.Б., Скиннер Б.Дж. Устойчивость сульфидных минералов // Геохимия гидротермальных рудных месторождений. М.: Мир, 1982. С. 238-327.
3. Беличенко В.Г., Бутов Ю.П., Боос Р.Г. и др. Геология и метаморфизм Восточного Саяна. Ред. Н.Л. Добрецов, В.И. Игнатович. Новосибирск: Наука, 1988. 192 с.
4. Орсов Д.А., Толстых Н.Д., Кислов Е.В. Минерал состава PtCu<sub>3</sub> из хромититов Оспинско-Китойского гипербазитового массива (В. Саян) // ЗВМО. 2001. № 4. С. 61-71.
5. Metallogeny basic and ultrabasic rocks. Proceedings of the conference. Edinburgh: Inst Mining and Metallurgy, 1989. 490 p.
6. Ohnenstetter M., Karaj N., Neziraj A. et al. Platiniferous potential of ophiolites: PGE mineralizations in the ophiolitic complexes of Tropoja and Bulgiza, Albania // C. R. Acad. Sci. 1991. V. 313. Serie II. P. 201-208.

### **ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ СУЛЬФИДНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С УЛЬТРАМАФИТАМИ ОСПИНСКОГО МАССИВА (ВОСТОЧНЫЙ САЯН)**

**Кислов Е.В.**

*Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ, Россия  
e-mail: evg-kislov@ya.ru*

### **HYDROTHERMAL SULPHIDE LOCALITIES RELATED TO OSPAL ULTRAMAFIC MASSIF (EAST SAYAN)**

**Kislov E.V.**

*Geological Institute SB RAS, Ulan-Ude, Russia  
e-mail: evg-kislov@ya.ru*

Hydrothermal sulphide localities related to Ospa ultramafic massif are developed broadly. Localities were revealed at the late 1950-ths – early 1960-ths. Its have small resources, but compose the local ore district. The localities reassessment is necessary on the modern level.