ПЛАТИНОМЕТАЛЛЬНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В ХРОМИТОВЫХ РУДАХ ОФИОЛИТОВ ВОСТОЧНОГО САЯНА (ОСПИНСКО-КИТОЙСКИЙ И ХАРАНУРСКИЙ РАЙОНЫ)

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

Геологический институт геологии и м алогии им. В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск,
e-mail: ***kiseleva_on@igm.nsc.ru****; zhmodik@igm.nsc.ru*

Подиформные хромититы офиолитовых комплексов часто содержат платинометалльную минерализацию с Os, Ir, Ru специализацией, что особенно характерно для высокохромистых хромититов. Уровень концентраций и минеральный состав элементов платиновой группы (ЭПГ) в ультрабазитах и хромитовых рудах отражает различные условия формирования [Barnes et al., 1985] и более поздние стадии преобразования этих пород. В хромититах Оспинско-Китойского и Харанурского массивов установлено два типа распределения ЭПГ и разнообразная платинометалльная минерализация, возникновение которой связано с различными процессами и источниками рудного вещества.

Изучаемые массивы расположены в юго-восточной части Восточного Саяна. Оспинско-Китойский и Харанурский массивы представляют собой интенсивно деформированные тектонические покровы, входящие в состав офиолитового пояса, представленного в виде двух ветвей – Северной и Южной, обрамляющих Гарганскую «глыбу» [Добрецов и др., 1988]. Массивы сложены в основном дунитами, гарцбургитами, часто серпентинизированными и углеродизированными. Широко представлены продукты метасоматического преобразования ультрабазитов – тальк-карбонатные породы, листвениты и родингиты. В пределах обоих массивов выявлено большое количество разномасштабных рудопроявлений хромититов, приуроченых к участкам серпентинизированных дунитов.

Хромитовые руды имеют следующий минеральный состав: хромшпинелиды 10-80%, силикаты 10-80%, сульфиды, арсениды Ni, Pb, Fe, а также сульфаты – барит, скотландит [$PbSO_3$] самородные сплавы Ni_3Fe, минералы платиновой группы (МПГ), Au – в сумме около 10%. Силикаты в хромититах представлены оливином и вторичными продуктами изменения, главным образом группы серпентина. Химический состав рудных хромшпинелидов варьирует от собственно хромитов до хромпикотитов.

При изучении распределения ЭПГ в различных структурно-текстурных разновидностях хромитовых руд было установлено, что закономерное увеличение содержания ЭПГ происходит от убоговкрапленных к массивным рудам. Такая зависимость характерна, прежде всего, для тугоплавких ЭПГ (Os, Ir, Ru). Содержания Pt, Pd меняются незначительно. Значения Pd/Ir < 1 и с увеличением доли хромита в рудах Pd/Ir отношение уменьшается (рис. 1а). Распределение ЭПГ в хромитовых рудах изученных офиолитовых комплексов соответствует таковому для полиформных хромититов других регионов – (Ru-Ir-Os)-геохимический тип (Рай-Из, Оман массивы и др.). На Ильчирском участке обнаружен образец хромитита с аномально высокими для этих пород концентрациями Rh, Pt, Pd (рис. 1б). Там же ранее были обнаружены [Орсоев и др., 2001] образцы хромититов с повышенными концентрациями легкоплавких ЭПГ отнесенных к (Pt-Pd)-геохимическому типу.

В тяжелой фракции хромититов исследованных участков установлена разнообразная платинометалльная минерализация:

[Pt-Ir-Os-Ru], [(OsIr)S_2] – эрлихманит в виде включений в рутениридосминах, в целом, представляющие собой реликты примитивной мантии [Barnes et al., 1985];

[Os-Ir-Ru], [Ru-Ir] – осмий, иридий, рутений (согласно современной номенклатуре [Harris, Cabri, 1991]) (рис. 2а), образуют индивидуализированные зерна таблитчатого габитуса и включения в хромшпинелидах;

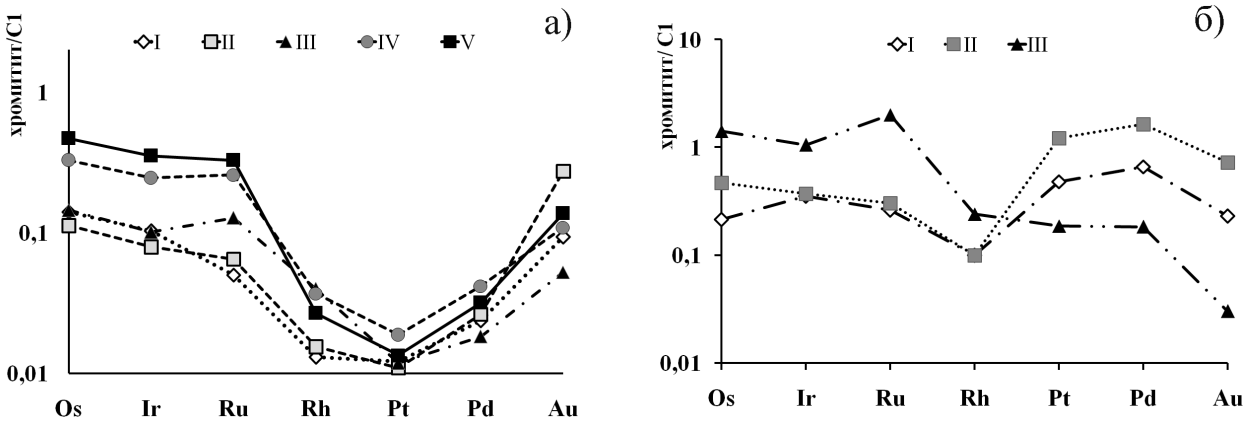

Рис. 1. Распределение ЭПГ в хромитовых рудах: а) Ru-Ir-Os геохимический тип: I – убоговкрапленные, II – бедновкрапленные, III – средневкрапленные, IV – густовкрапленные, V – массивные руды; б) Pt-Pd геохимический тип: I, II по данным Д.А.Орсоева и др. [2001], III – авторские данные.

[(Ru, Os**) S_2] – [(Ru,** Ir**)S_2]** – лаурит: образует зерна таблитчатой и округлой формы, агрегаты ксеноморфных зерен в срастании с [IrAsS], [RuAs], Os, Ru;

[IrAsS] – [OsAs] – ирарсит-осарсит – твердые растворы, образующие мирмекитовые срастания от идиоморфных до ксеноморфных зерен, каймы по периферии самородных сплавов [Os-Ir-Ru] (рис 2б);

[RuAs] – рутенарсенид установлен в срастании с лауритом;

[Os], [Ru] – практически чистые осмий и рутений образуют мелкие выделения, размером до 5 μm, в лаурите и твердых растворах ирарсит-осарсит. Кроме того, фазы такого состава обнаружены в виде мельчайших выделений внутри хизлевудита, аваруита, а также в срастании с последним;

[Pt_3Fe], [PdIrCu] – изоферроплатина и неназванное соединение установлены в виде включений в рутениридосмине [Os-Ir-Ru];

[Pt-Cu-Fe-Ni] – слагают центральную часть зерен состава **[$PtCu_3$]** [Орсоев и др., 2001];

[$PtCu_{3-5}$] – зерна ксеноморфной угловатой формы в срастании с хрошпинелидами и в межзерновых пространствах.

Кроме того, нами обнаружены 2 новые неназванные соединения состава [PdIrCu] и [Rh_2SnCu], химический состав которых приведен в табл. 1. Соединение [Rh_2SnCu] является родиевым аналогом кабриита [Pd_2SnCu]. В литературных источниках минерал подобного состава описан в офиолитах Thetford mines [Corrivaux, Laflamme, 1990].

[Rh_2SnCu] – установлен в виде таблитчатых зерен и дендритовидных выделений.

Таблица 1

Химический состав неназванных фаз ЭПГ (вес.%)

Rh_2SnCu	Os	Ir	Ru	Rh	Pt	Pd	Cu	Sn	Fe	Ni	Sb	Сумма
ВС-48-2_1				41.1		5.9	15.5	23.0	0.4	0.7	2.2	86.5
ВС-48-2_2				44.8		6.8	17	27.4		0.8	2.9	99.6
ВС-6-98				44.5		7.9	14.1	25.9		0	7	99.4
PdIrCu												
51_2	0.6	23.2	0.1	0.1	0.1	30.3	40.2		0	0.03	1.6	96.23

В результате проведенных исследований установлено, что увеличение содержаний ЭПГ происходит с увеличением доли хромита в породе, ЭПГ концентрируются в большей мере в богатых Cr расплавах [Округин, 2004]. При кристаллизации хромита платиноиды обособляются в виде самостоятельных фаз, представленных, в основном, Ru-Ir-Os-соединениями (сплавами) [Pagé et al., 2012]. На основании распределения ЭПГ в

густовкрапленных и сплошных типах хромитовых руд выделено два геохимических типа платинометалльной минерализации: [Ru-Ir-Os] и [Pt-Pd]. [Pt-Ir-Os-Ru]-минерализацию следует отнести к «реликтовой», связанной с хромититами примитивной недеплетированной мантии (табл. 2); [Ru-Ir-Os] ассоциация и минерализация характерна для хромититов деплетированной мантии. На постмагматической (вероятно, автометасоматической) стадии происходит появление сульфидов и арсенидов рутения, осмия и иридия. Процессы, приводящие к экстремальному фракционированию ЭПГ и возникновению контрастного [Pt-Pd] геохимического типа (Pt-Pd-Fe-Cu-Ni-Sn-минерализация), связаны с флюидонасыщенными субдукционными обстановками [Dick, Bullen, 1984; Prichard et al., 1996 и др.] и формированием хромититов с платино-палладиевой минерализацией. Полученные данные не противоречат и в полной мере соответствуют ситуации, возникшей в результате формирования Саяно-Байкало-Муйского аккреционно-коллизионного пояса и пространственного совмещения на территории юго-восточной части Восточного Саяна океанических и островодужных комплексов [Добрецов и др., 1988; Жмодик и др., 2008].

Таблица 2.

Стадии минералообразования ЭПГ в хромитовых рудах Оспинско-Китойского и Харанурского массивов

Минерал	Условия, стадии образования			
	Примитив-ная мантия	Деплетирован-ная мантия	Позднемаг-матическая	Островодужная, субдукционная
[Pt-Ir-Os-Ru]	▬			
[$(OsIr)S_2$] эрлихманит	▬			
[Os-Ir-Ru]		▬		
[Ru-Ir]		▬		
[$(Ru, Os) S_2$] – [$(Ru, Ir)S_2$] – лаурит			▬	
[IrAsS] – [OsAs] – ирарсит-осарсит			▬	
[RuAS] – рутенарсенид			▬	
[Os°], [Ru°]				▬
[Pt_3Fe], [PdIrCu], [Pt-Cu-Fe-Ni], [$PtCu_{3-5}$], [Rh_2SnCu].				▬

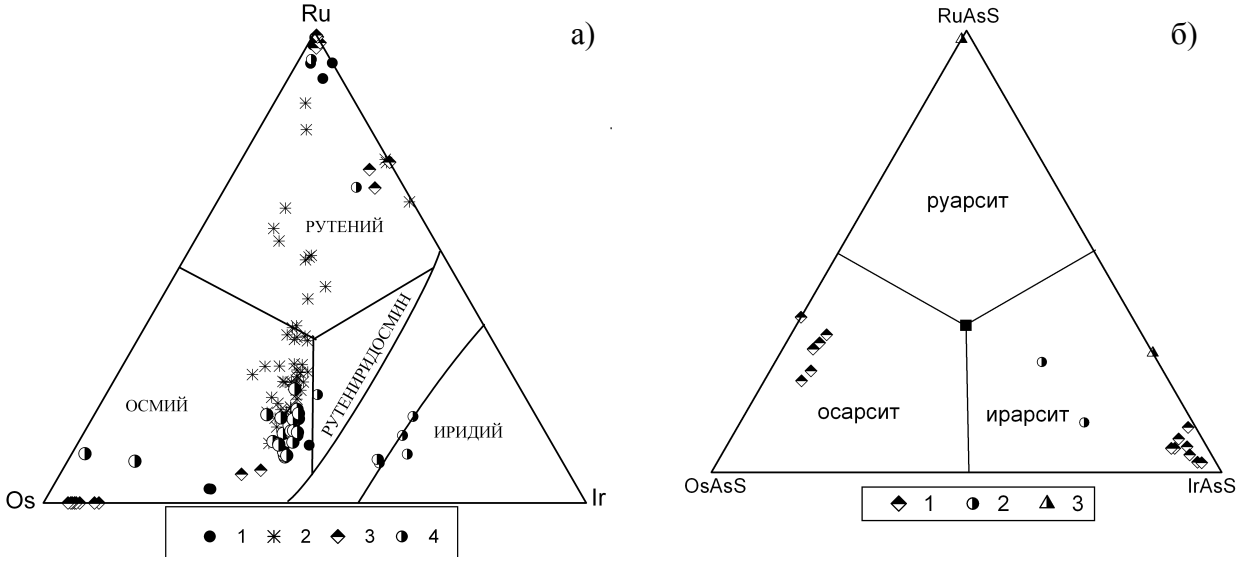

Рис. 2. Диаграммы составов МПГ из аллювия и тяжелой фракции хромититов: а) самородных сплавов [Os-Ir-Ru], рудопроявления: 1 – Хара-Нур, 2 – Зун-Оспа, 3 – Ильчир, 4 – Хуша-Гол; б) сульфоарсенидов [Os-Ir-Ru], рудопроявления: 1 – Ильчир, 2 – Хуша-Гол, 3 – углеродизированные хромититы р. Хуша-Гол.

Минеральный состав элементов платиновой группы отражает геодинамические и физико-химические условия формирования благороднометалльной минерализации в хромитовых рудах офиолитовых комплексов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ: гранты №09-05-00622, №12-05-01164, Президиума РАН и СО РАН: ИП-89 и ОНЗ-5.3, а также ведущей научной школы НШ-7201.2012.5. Авторы благодарят Б.Б. Дамдинова за предоставление образца углеродизированного хромитита.

Литература

Добрецов Н.Л., Белическо В.Г., Боос Р.Г. и др. Геология и метаморфизм Восточного Саяна. – Новосибирск: Наука. 1988. – 192 с.

Жмодик С.М., Миронов А.Г., Жмодик А.С. Золотоконцентрирующие системы офиолитовых поясов (на примере Саяно-Байкало-Муйского пояса). – Новосибирск: Академическое издательство «ГЕО». 2008. – 304 с.

Округин А. В. Кристализационно-ликвационная модель формирования платиноидно-хромитовых руд в мафит-ультрамафитовых комплексах // Тихоокеанская геология. 2004. Т. 23, №2. С. 63-75.

Орсоев Д. А, Толстых Н. Д, Кислов Е. В**.** Минерал состава $PtCu_3$ из хромититов Оспинско-Китойского гипербазитового массива (В. Саян) // ЗВМО. 2001. Ч. CXXX. №4. С. 61-71.

Barnes S. J., Naldrett A.J., Gorton M.P. The origin of the fractionation of platinum-group elements in terrestrial magmas // Chem. Geol. 1985. V 53. P. 303-323.

Corrivaux L., Laflamme J. H. G. Minéralogic des elements du group du platine dans les chromitites de l'ophiolite de Thetford mines, Quebec // Canadian Mineralogist. 1990. V.28. P. 579-595.

Dick H.J.B., Bullen T. Chromian spinel as a petrogenetic indicator in abyssal and alpinetype peridotites and spatially associated lavas // Contrib. Mineral. Petrol. 1984. V. 86. P. 54-73.

Harris D. C., Cabri L. J. Nomenclature of platinum-group-element alloys: review and revision // Canadian Mineralogist. 1991. V. 29. P. 231-237.

Pagé F., Barnes S-J., Bédard J.H., Zientek M.L. In situ determination of Os, Ir, and Ru in chromites formed from komatiite, tholeiite and boninite magmas: Implications for chromite control of Os, Ir and Ru during partial melting and crystal fractionation // Chem. Geol. 2012. V. 302-303. P. 3-15.

Prichard H. M., Lord R. A., Neary C. R. A model to explain the occurrence of platinum – and palladium – rich ophiolite complexes // Journal Geological Society. 1996. V. 153. P. 323-328.