

**Хромититы альпинотипных гипербазитов Восточной Камчатки**  
**Савельев Д.П.<sup>1</sup>, Москалева С.В.<sup>1</sup>, Щербakov В.Д.<sup>2</sup>, Шайхутдинова Д.Р.<sup>2</sup>**  
**Chromitites from the alpine-type ultrabasites of Eastern Kamchatka**  
**Savelyev D.P., Moskaleva S.V., Shcherbakov V.D., Shaikhutdinova D.R.**

<sup>1</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский;*  
*e-mail: savelyev@kscnet.ru*

<sup>2</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва*

Изучены образцы хромитовых (хромитовых или хромититовых?) руд из нескольких гипербазитовых массивов Восточной Камчатки. В хромитите с г. Попутной (Валагинский хр.) описан высокомагнезиальный оливин (до Fo97.1) с содержанием NiO до 1 %. Этот же образец наиболее насыщен микровключениями платиноидов, среди которых преобладают минералы рутения (лаурит и самородный рутений).

Альпинотипные гипербазиты Камчатки (массивы дунит-гарцбургитовой формации) слагают на Восточной Камчатке два офиолитовых пояса – Восточно-Камчатский (массивы о. Карагинский, п-ова Озерной, севера хр. Кумроч и Валагинского хр.) и Восточных полуостровов (массивы полуостровов Камчатский Мыс и Кроноцкий) [1, 6]. Эти массивы сложены в основном серпентинизированными гарцбургитами с подчиненным количеством дунитов. Хромитовые руды, в отличие от уральских офиолитовых поясов, на Камчатке не образуют крупных проявлений, однако хромититы встречаются в виде линз, участков густой вкрапленности в дунитах, глыб в меланже, отдельных обломков в элювии практически во всех массивах. Важность изучения хромититов связана с их потенциальной платиноносностью; они могут быть источником платиноидов в россыпях.

Нами с помощью сканирующего электронного микроскопа изучены образцы хромитовых руд из трех гипербазитовых массивов. Обр. 878-13 – массивный хромитит, образующий шпир размером 5×10 см в серпентинизированном гарцбургите гипербазитового массива на левобережье р. Большой (Кроноцкий п-ов). Обр. 6640-1, D2253-2, D2255-1 отобраны из глыб в зоне меланжа, обрамляющей с востока гипербазитовый массив г. Солдатской (п-ов Камчатский Мыс); 6640-1 – метаморфизованная оливин-хромитовая порода (70 % хромита, 30 % серпентина с хромистым хлоритом и порфиробластами уваровита, образец описан ранее в [2, 4]); D2253-2 – массивный хромитит с прожилками хлорита; D2255-1 – хромитовая порода (80 % хромита, 20 % хлорита с бруситом). Обр. 7230 – с массива г. Попутной (из коллекции А.В. Колоскова, работы 1970 г.) – оливин-хромитовая порода (60 % хромита, 40 % частично серпентинизированного оливина).

Полированные препараты (шашки диаметром 2.4 см) из каждого образца были изучены на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) VEGA3 с аналитической приставкой X-MAX80 в Институте вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, два образца были изучены также на СЭМ JEOL IT-500 с аналитической приставкой X-MAX50 (Геологический факультет МГУ). Состав хромитов представлен на рис. 1. Наблюдается большой разброс хромистости и магнезиальности хромитов в пробах из одного массива и даже из одного образца. Например, хромистость (Cr/(Cr+Al) в атомарных %) в образце D2255-1 показывает интервал от 0.50 до 0.93 при магнезиальности (Mg/(Mg+Fe<sup>2+</sup>)) от 0.25 до 0.71. Это связано, видимо, не с особенностями первичного состава магм, а с условиями метаморфических преобразований пород или с реакцией перидотитов с дренирующими их расплавами, как это показано для хромитовых руд Урала [5]. В связи с этим представляется некорректным использовать данные по хромититам для идентификации геодинамических обстановок, сравнивая их с анализами мантийных перидотитов.

В образцах с полуостровов Камчатский Мыс и Кроноцкий первичный оливин полностью замещен серпентином или хлоритом. В хромитите из массива г. Попутной в

интерстициях хромитовых зерен присутствует экстремально магнезиальный оливин – до Fo97.1 с содержанием NiO до 1 %. Оливин с такими характеристиками в камчатских породах описан впервые. По литературным данным, оливины в перидотитах г. Попутной характеризуются магнезиальностью Fo 89.9-91.1 [7]. Экстремально магнезиальный оливин не в равновесии с мантийным субстратом, он описан в некоторых метаморфизованных массивных хромититах [3]. Экстремально высокая магнезиальность оливина объясняется переуравновешиванием составов хромшпинелида и оливина при метаморфической рекристаллизации [3].

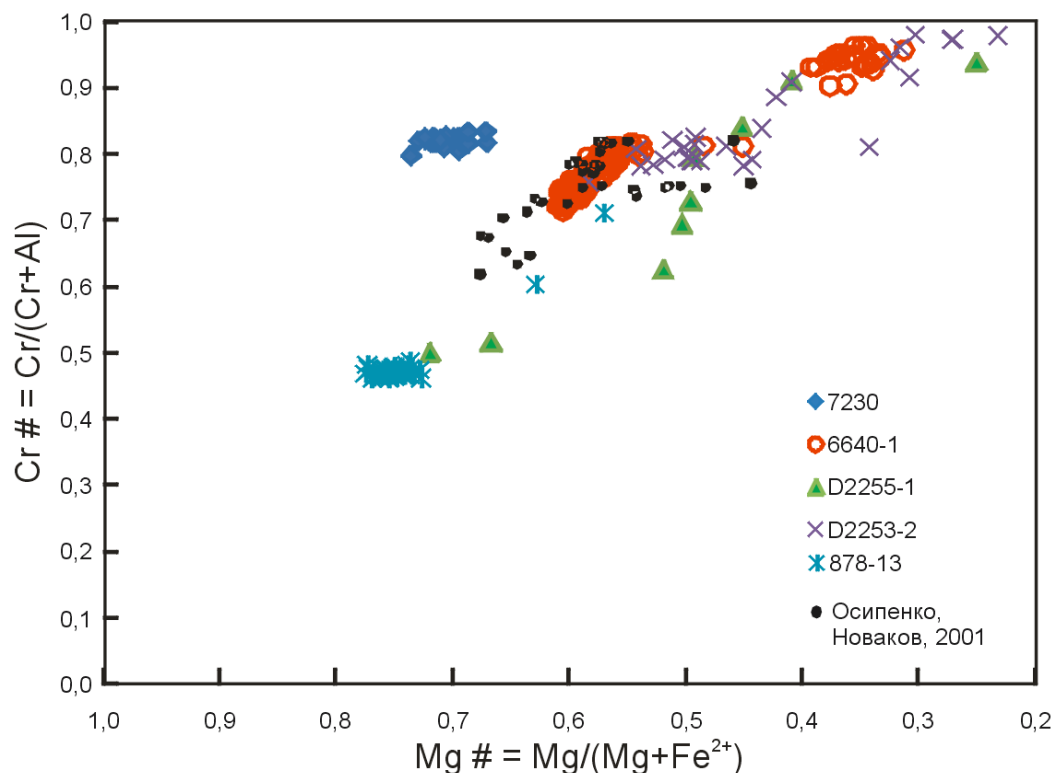


Рис. 1. Составы хромитовых руд из гипербазитовых массивов Восточной Камчатки. Образцы: 7230 – Валагинский хр., г. Попутная; 6640, D2255-1, D2253-2 – п-ов Камчатский Мыс, массив г. Солдатской; 868/13 – Кроноцкий п-ов. Черными точками показаны составы хромшпинелидов из хромититов Камчатского Мыса по [2].

В четырех из пяти изученных образцов найдены включения минералов платиновой группы (МПГ) (сульфидов, арсенидов, самородных фаз) (рис. 2, таблица), размер включений обычно не превышает 2-3 мкм.

Наиболее насыщенным МПГ оказался хромитит из массива г. Попутной – в образце (дюймовой полированной шашке) было найдено 13 включений разного состава (таблица), из них два представлены лауритом и 6 – самородным рутением (иногда с примесью Ir, Rh, Os) – в основном в виде включений в аварите (рис. 2а, б), реже – в хезлудите ( $Ni_3S_2$ ). Немного меньше МПГ (8 включений) наблюдалось в хромитите D2253-2 из массива г. Солдатской, среди них преобладали зерна лаурита, иногда с примесью платины и палладия, найдено также включение поликсена (железистой платины).

В хромитовой породе D2251-1 включений МПГ не было найдено, но хлоритовая масса, вмещающая зерна хромита, обильно насыщена выделениями сульфида никеля – хезлудита размером 1-10 мкм. В трех из пяти изученных образцов хромитовых руд были встречены единичные выделения арсенидов никеля (в сростаниях с хезлудитом или в виде отдельных кристаллов): орселит ( $Ni_{4.77}As_2$ ) и редко  $Ni_2As$ . Фаза  $Ni_2As$  описана в статьях среди аксессуарных минералов в породах гарцбургитовых массивов [8], но в минералогической базе данных такого минерала нет.

Таблица. Аксессуарные минералы в образцах хромитовых руд из гипербазитовых массивов Восточной Камчатки

№ образца, массив	Порода	Сульфиды и арсениды	Аваруит медь	МППГ (в скобках – количество)
878-13, р. Большая	массивный хромитит	хезлвудит ( $Ni_3S_2$ ), миллерит ( $NiS$ )	–	Десятки субмикронных выделений самородного Ru с примесью Os и Ir в трех зернах хезлвудита размером 30-50 мкм; самородная Pt (1); иридная Pt (1); самородный Ir с примесью Os и Ru (1); Pt+Pd+Au (1)
6640-1, г. Солдатская	хромитовая порода	–	–	лаурит – $(Ru_{0.79}Os_{0.17}Ir_{0.04})S_2$ – (1)
D2253-2, г. Солдатская	массивный хромитит	Со-пентландит (до 15 вес. % Co), $Ni_2As$	аваруит	лаурит (4); лаурит + Pt +/- Cu +/- Pd (1); поликсен (Pt с 9 вес. % Fe) (1); иридная Pt (1); Со-пентландит с Ru (10 вес. %) (1)
D2255-1, г. Солдатская	хромитовая порода	хезлвудит – множество выделений, орселит ( $Ni_{4.77}As_2$ ); $Ni_2As$	никелистая медь (1)	–
7230, г. Попутная	оливиновый хромитит	хезлвудит миллерит ( $NiS$ ), орселит, сульфиды Cu	аваруит	самородный Ru (6); лаурит – (2); Ir (1); Os+Ir (1); арсенид Ru+Rh+/-Ir (2); Pd+Sb (1)

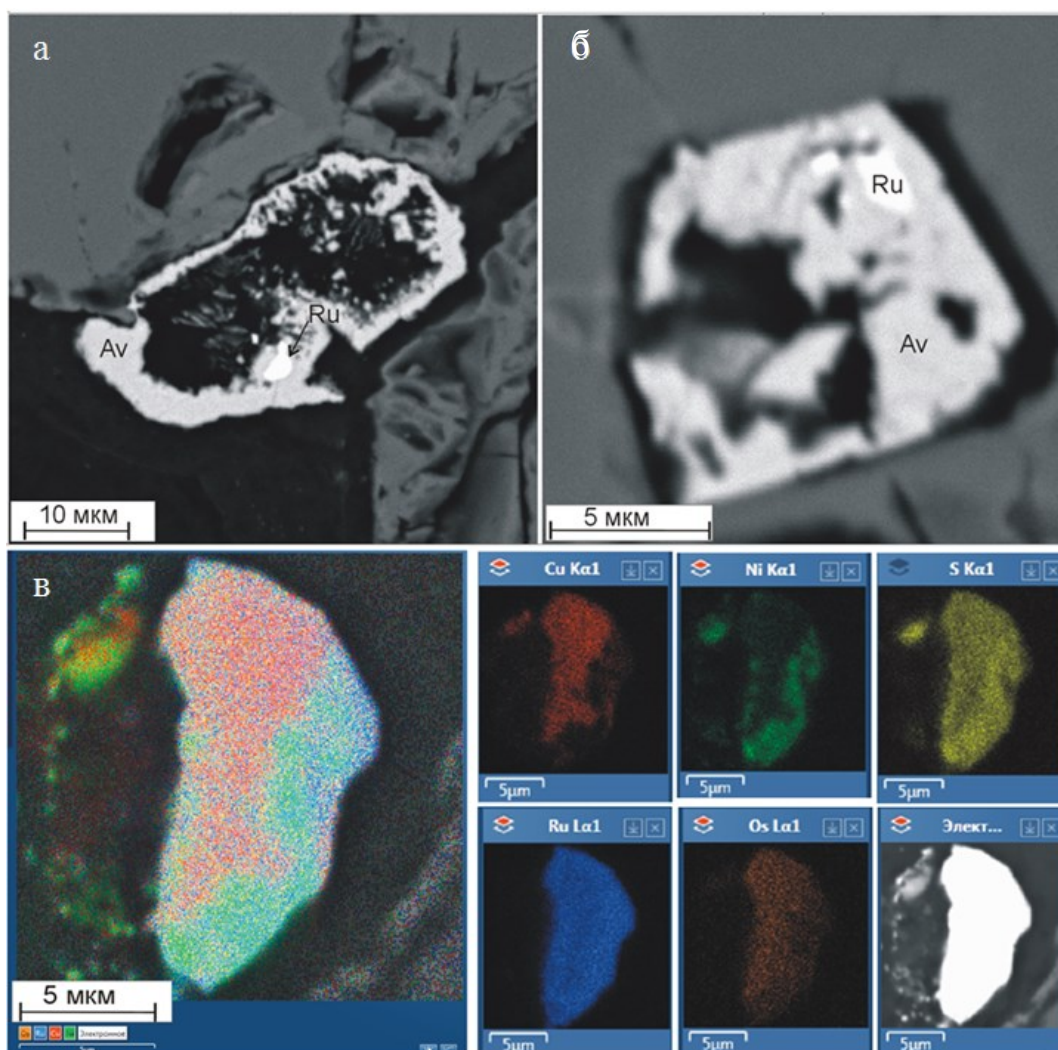


Рис. 2. Микровыделения МППГ в хромитовых рудах из гипербазитовых массивов Восточной Камчатки. а, б – самородный Ru в аваруите (Av), в – распределение Ru и Os по сульфидным фазам на мультиэлементной карте.

В аллювии водотоков, размывающих гипербазитовые массивы г. Солдатской и г. Попутной, известны платиноносные золотые россыпи [1, 6]. В россыпи р. Ольховой-1, приуроченной к массиву г. Солдатской, среди МПГ из шлиховых концентратов преобладают Os-Ir-Ru сплавы (65 %) [6]. Наши находки МПГ в хромитовых рудах показывают преобладание минералов рутения, при этом сами хромитовые руды найдены, в основном, в глыбах в меланже. Зоны меланжа размываются более интенсивно, чем коренные гипербазиты, поэтому с большей вероятностью являются источником МПГ в россыпях.

В результате исследования установлено, что хромититы из альпинотипных гипербазитов Восточной Камчатки характеризуются большим разнообразием – как по составу хромита, так и по минералогии микровключений платиноидов. В хромитите с Валагинского хребта описан экстремально магнезиальный оливин с высоким содержанием никеля. Этот же образец наиболее насыщен различными МПГ, среди которых преобладают минералы рутения (лаурит и самородный рутений). Большинство микровключений платиноидов ассоциирует с сульфидными выделениями и с аваруитом, образовавшимся при распаде сульфидных фаз в процессе серпентинизации. Найдена редкая минеральная фаза  $Ni_2As$ . Особенности минерального состава хромититов показывают сложность и многоэтапность метаморфических преобразований пород. Хромититы могут быть источником зерен МПГ в россыпях, приуроченных к гипербазитовым массивам.

Авторы благодарят Николая Некрылова (ИЭМ РАН) за ценные советы. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ № 22-27-00029, <https://rscf.ru/project/22-27-00029/>.

#### Список литературы

1. Бояринова М.Е., Вешняков Н.А., Коркин А.Г., Савельев Д.П. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Изд. 2-е. Серия Восточно-Камчатская. Лист 0-58-XXVI, XXXI, XXXII (Усть-Камчатск). Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2007. 226 с. + 2 вкладки.
2. Осипенко А.Б., Новаков Р.М. Хромитовая минерализация в ультрамафитах п-ова Камчатский Мыс (Камчатка) // Записки ВМО. 2002. № 2. С. 84-98.
3. Плечов П.Ю., Щербаков В.Д., Некрылов Н.А. Экстремально магнезиальный оливин в магматических породах // Геология и геофизика. 2018. Т. 59. № 12. С. 2129-2147.
4. Савельев Д.П., Филофова Т.М. Микровключения минералов ЭПГ и золота в породах офиолитового комплекса п-ова Камчатский Мыс // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2017. № 2. Вып. 34. С. 5-13.
5. Савельева Г.Н., Батанова В.Г., Соболев А.В., Кузьмин Д.В. Минералы мантийных перидотитов – индикаторы хромовых руд в офиолитах // Доклады Академии наук. 2013. Т. 452. № 3. С. 313-316.
6. Сидоров Е.Г. Платиноносность базит-гипербазитовых комплексов Корякско-Камчатского региона. Автореф. дис. на соиск. уч. ст. докт. геол.-мин. наук. Москва, 2009. 46 с.
7. Цуканов Н.В., Сколотнев С.Г. Офиолиты Валагинского хребта Восточной Камчатки: новые данные о составе и геодинамической природе // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2005. № 5. С. 78-93.
8. Caillère S., Avias J., Falgueirettes J. Decouverte en Nouvelle-Caledonie d'une mineralisation arsenicale sous forme d'un nouvel arsénure de nickel  $Ni_2As$  // Comptes Rendus Hebdomadaires des Seances de l'Academie des Sciences. 1959. V. 249. № 18. P. 1771-1773.