

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА ВКЛЮЧЕНИЙ В ХРОМШПИНЕЛИДАХ САБАНТУЙСКОГО РОССЫПНОГО РУДОПРОЯВЛЕНИЯ (ЮЖНОЕ ПРЕДУРАЛЬЕ)

Рахимов И.Р.^{1,2}, Пушкарёв Е.В.², Готтман И.А.²

¹Институт геологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия, rigel92@mail.ru

²Институт геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого УрО РАН, Екатеринбург, Россия, pushkarev.1958@mail.ru

Сабантуйское хромитовое рудопоявление, представляющее собой ископаемую прибрежно-морскую россыпь среднепермского возраста, расположено на восточной окраине Восточно-Европейской платформы в Южном Предуралье [Рахимов и др., 2020]. Содержание рудных минералов в песчаниках достигает 70%, из которых до 60–70% составляют хромшпинелиды. Из других рудных минералов распространены ильменит, титаномагнетит, магнетит, гематит, титанит, рутил, ферропсевдобрукит, циркон. В качестве основного источника детритовых хромшпинелидов, слагающих руды Сабантуйского проявления, были предположены офиолитовые массивы Крака, расположенные в 200 км северо-восточнее Сабантуйской залежи [Рахимов и др., 2020]. Однако, вновь выявленные особенности состава хромшпинелидов и обнаружение в них различных включений заставляют рассмотреть дополнительные альтернативные источники хромитов.

Особенности химического состава детритовых хромитов являются общепризнанным индикатором условий образования материнских пород, представленных ультрамафит-мафитами различных формаций [Prober, Faupl, 1988; Oberhänsli et al., 1999]. Состав детритовых хромшпинелидов Сабантуйской палеороссыпи варьирует в широких пределах (мас.%): Cr_2O_3 9.9–65.5, Al_2O_3 0.1–47.3, FeO 11.6–81.6, MgO 1.5–18.3. Средний состав хромшпинелида (по 205 анализам) следующий (мас.%): $\text{Cr}_2\text{O}_3 = 49$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 17$, $\text{FeO}_{\text{общ}} = 22$, $\text{MgO} = 11$, $\text{TiO}_2 = 0.16$, $\text{Cr}/(\text{Cr}+\text{Al}) = 0.7$, $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+}) = 0.5$.

Важное петрогенетическое значение имеет состав включений в хромшпинелидах [Lenaz et al., 2000]. Авторами настоящей работы в хромшпинелидах Сабантуйского рудопоявления при помощи оптической и сканирующей электронной микроскопии в плоских полированных срезах зёрен были обнаружены твердофазные включения трёх типов: 1) мономинеральные, 2) полиминеральные, 3) расплавные. Состав включений изучался с помощью энергодисперсионного (Jeol-6390LV с ЭДС-приставкой Oxford Instruments) и волнодисперсионного (Cameca SX-100) рентгеновских микроанализаторов в ЦКП «Геоаналитик» ИГГ УрО РАН, Екатеринбург.

Среди мономинеральных включений (рис. 1а) были выявлены мафические силикатные минералы оливин, ортопироксен, клинопироксен и амфибол. Оливин образует округлые слабовытянутые включения размером до 90 мкм. По составу он отвечает форстериту с $\text{Mg\#}=0.93\text{--}0.95$. Содержание NiO варьирует от 0.35 до 0.60 мас.%, примеси Ca и Mn находятся на уровне предела обнаружения, что сопоставимо с составами форстеритов из мантийных перидотитов Урала [Garuti et al., 2012; Saveliev, 2021]. Ортопироксен встречается в виде призматических зёрен размером до 60 мкм. Он характеризуется высокой магнезиальностью: $\text{Mg\#}=0.91\text{--}0.94$. Содержания Al_2O_3 варьируют от 0.3 до 1.8 мас.%, а CaO от 0.4 до 1 мас.%. Состав такого ортопироксена соответствует перидотитовому [Савельева, 1987; Saveliev, 2021]. Клинопироксен представлен округлыми включениями размером 30–70 мкм. Ему свойственна высокая магнезиальность: $\text{Mg\#}=0.93\text{--}0.98$, предельно низкие содержания Al_2O_3 (<1 мас.%) и высокие $\text{Cr}_2\text{O}_3=0.6\text{--}2$ мас.%, что типично для клинопироксенов из хромититов офиолитовых комплексов [Garuti et al., 2012; Saveliev, 2021]. Включения амфибола наблюдаются чаще других минералов, представленных изометричными угловатыми зёрнами размером до 60 мкм. По составу он сильно варьирует: $\text{Mg\#}$ меняется от 0.5 до 0.96, Al_2O_3 от 4 до 19 мас.%, TiO_2 от 0 до 2 мас.%, часто содержится заметная примесь K_2O (>0.4 мас.%). Хромиты, содержащие мономинеральные включения мафических силикатов, характеризуются низкой титанистостью ($\text{TiO}_2<0.2$ мас. %).

Полиминеральные включения округлой морфологии (рис. 1б) представляют собой сростки силикатных минералов – амфибола, клинопироксена и плагиоклаза. Здесь был обнаружен высокоглиноземистый клинопироксен (фассаит), содержащий до 1.5 мас.% TiO_2 . Состав амфибола схож с тем, что был установлен в мономинеральных включениях. Плагиоклаз представлен как основной (An_{91}), так и кислой (An_9) разновидностями.

Раскристаллизованные расплавные включения (рис. 1в) округлой формы до 20 мкм в диаметре. Они сложены агрегатами тонкопризматических и игольчатых кристаллов амфибола и клинопироксена, пространство между которыми заполняет плагиоклаз и изотроп-

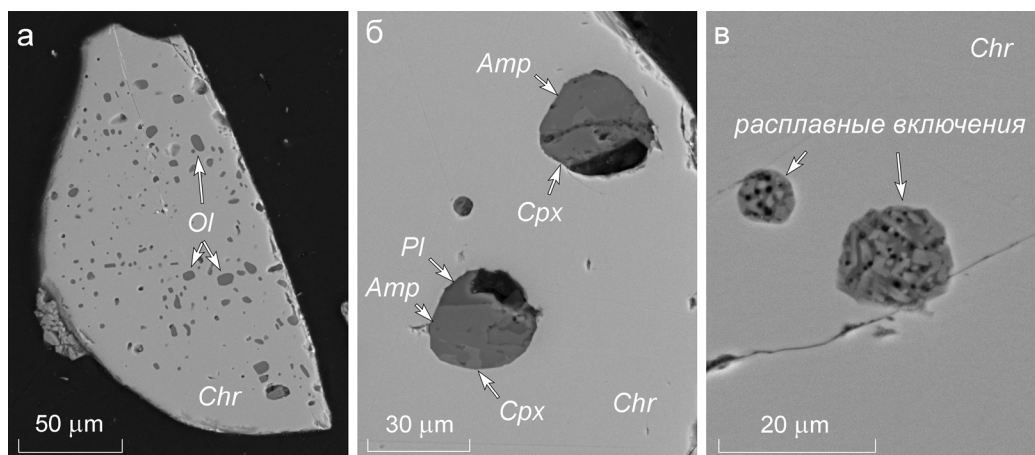


Рис. 1. Твердофазные включения в хромитах Сабантуйской палеороссы: а – обильные включения оливина (Ol); б – полиминеральные включения (Amp = амфибол, Срх = клинопироксен, Pl = плагиоклаз); в – расплавные включения. Изображения в BSE-режиме, РЭМ Jeol-6390

ное вещество – предположительно стекло с газовыми пузырьками. Такая структура отражает закалочные условия кристаллизации. Валовый состав расплавных включений, измеренный в двух включениях методом площадного сканирования, соответствует высокоглиноземистому базальту ($\text{SiO}_2=46.7$ и 51.3 мас.%, $\text{Al}_2\text{O}_3=17.6$ и 18.4 мас.%). Амфиболы из расплавных включений характеризуются $\text{Mg}\#<0.80$, $\text{Al}_2\text{O}_3>10$ мас.%, $\text{TiO}_2>1$ мас.%, что указывает на их высокотемпературное происхождение [Gilbert et al., 1982]. Хромиты, содержащие расплавные включения, характеризуются повышенной титанистостью (TiO_2 0.5–1.6%), что подтверждает их вулканогенное происхождение.

Результаты изучения состава мономинеральных, полиминеральных и расплавных включений показывают, что, помимо предполагаемого перидотитового источника детритовых хромитов Сабантуйского рудопроявления, существовал и вулканогенный источник. Таким источником могли служить океанические или островодужные комплексы Магнитогорской мегазоны Южного Урала [Пушкарёв и др., 2017].

Работа выполнена в рамках госбюджетных тем № 0246-2019-0080 и № з/р АААА-А18-118052590029-6; аналитические данные получены в Центре коллективного пользования ИГГ УрО РАН “Геоаналитик”. Работа поддержана грантом Президента Российской Федерации № МК-857.2021.1.5.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пушкарёв Е.В., Рязанцев А.В., Готтман И.А. Анкарамиты Присакмаро-Вознесенской зоны на Южном Урале – геологическое положение и состав. Труды Института геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого. 2017. № 164. С. 166–175.
2. Рахимов И.Р., Савельев Д.Е., Холоднов В.В., Замятин Д.А. Уникальная Сабантуйская хромитовая палеороссыпь в осадочном чехле Восточно-Европейской платформы // Геология рудных месторождений. 2020. № 6. С. 568–573.
3. Савельева Г.Н. Габбро-ультрабазитовые комплексы офиолитов Урала и их аналоги в современной океанической коре. Труды ГИН АН СССР. 1987. Т. 404. 246 с.
4. Garuti G., Pushkarev E.V., Thalhhammer O.A.R., Zaccarini F. Chromitites of the Urals (Part 1): Overview of chromite mineral chemistry and geotectonic setting // Ofioliti. 2012 V. 37. No. 1. P. 27–53.
5. Gilbert M.C., Helz R.T., Popp R.K., Spear F.S. Experimental studies of amphibole stability. Chapter 2. In: Amphiboles: Petrology and Experimental Phase Relations. Veblen D.R. and Ribbe P.H. (Eds). 1982. V. 9B. P. 229–253.
6. Lenaz D., Kamenetsky V.S., Crawford A.J., Princivalle F. Melt inclusions in detrital spinel from the SE Alps (Italy-Slovenia): a new approach to provenance studies of sedimentary basins // Contributions to Mineralogy and Petrology. 2000. V. 139. P. 748–758.
7. Oberhänsli R., Wendt A.S., Goffé B., Michard A. Detrital chromites in metasediments of the East-Arabian continental margin in the Saih Hatat area: constraints for the palaeogeographic setting of the Hawasina and Semail basins (Oman Mountains) // Int. Journ. Earth Sciences. 1999. V. 88. P. 13–25.
8. Pober E., Faupl P. The chemistry of detrital spinels and its implications for the geodynamic evolution of the Eastern Alps // Geologis. Rund. 1988. V. 77. P. 641–670.
9. Saveliev D.E. Chromitites of the Kraka ophiolite (South Urals, Russia): geological, mineralogical and structural features // Mineralium Deposita. 2021. V. 56. P. 1111–1132.