

ПРИРОДНЫЕ НАНО- И МИКРОДИСПЕРСНЫЕ ХРОМИТОВЫЕ СУСПЕНЗИИ: ВОЗМОЖНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ОБРАЗОВАНИЯ И МИГРАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ

Пушкарев Е.В., Готтман И.А.

Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург, Россия, pushkarev.1958@mail.ru

Механизмы концентрирования хромшпинелидов с образованием хромитовых руд в магматических породах являются одной из актуальных проблем геологии. Вопрос усложняется, когда с хромитами ассоциировано богатое оруденение элементов платиновой группы (ЭПГ). Суть проблемы заключается в том, что примитивные мантийные магмы могут содержать в растворенном состоянии 200–500 г/т хрома и менее 30 мг/т суммы всех элементов платиновой группы (ЭПГ) [Amosse et al., 1990; Borisov, Palme, 2000; Park et al., 2017]. При кристаллизации расплавов образуется небольшое количество хромшпинелида (<1%) и микронные зерна минералов платиновой группы (МППГ) [Kamenetsky et al., 2015]. Формирование богатых хромит-ЭПГ руд в расслоенных мафит-ультрамафитовых массивах, в первом приближении, объясняется кумулятивным накоплением минерала в результате кристаллизации большого объема расплава, многократно превышающего объемы рудных тел. Объяснение образования хромитовых месторождений в перидотитах офиолитовых комплексов сопряжено с гораздо большими трудностями и трактуется различно. Популярная модель генезиса хромитов в офиолитах – это взаимодействие мантийных перидотитов с просачивающимися сквозь них расплавами. В другой модели образование хромитовых руд связывают с перераспределением Fe, Cr из силикатной в оксидную форму при участии астеносферного водно-метанового флюида [Чашухин, Вотяков, 2009]. Эти модели не могут быть использованы для интерпретации генезиса богатых платиной хромитов в дунитах из массивов Урало-Аляскинского типа (УАТ). В этих дунитах отсутствуют признаки расслоенности и взаимодействия с просачивающимися сквозь них расплавами, а рудные тела и зоны имеют, обычно, крутое залегание. Различный характер геологических взаимоотношений между хромититами и вмещающими дунитами позволил выделить сингенетические и эпигенетические типы хромитовых тел [Заварицкий, 1928; Бетехтин, 1935; Пушкарев и др., 2007]. Ранее было установлено, что рудные зоны сопровождаются негативными платиновыми аномалиями и уменьшением доли акцессорного хромшпинелида во вмещающих околорудных дунитах [Золоев и др., 2001], что может быть связано с явлением перераспределения вещества в твердых породах.

Модель перераспределения акцессорного хромита и микрокластеров МППГ при формировании хром-платиновых руд была предложена нами ранее [Пушкарев и др., 2007]. Допущением этой модели было предположение о возможности диспергирования акцессорного хромита в поле деформаций и его переносе в виде микросуспензии совместно с остаточным межгранулярным расплавом, флюидом и зернами МППГ в области пониженного давления, где и происходила кристаллизация платиноносных хромитов, сопровождаемая укрупнением размера зерен всех минералов, включая МППГ. Однако примеров образования в природных условиях тонкодисперсных хромитовых суспензий нам известно не было.

Недавно, при изучении хромитов в Кытлымском габбро-гипербазитовом массиве Платиноносного пояса Урала, в них были установлены явления диспергирования рудного хромшпинелида с образованием микро- и нанодисперсных агрегатов, обладающих высокой подвижностью. Такие явления были зафиксированы в хромитах Йовского дунитового тела в Тылай-Конжаковском блоке и в Юдинском дунитовом теле Косьвинского Камня. В Йовских хромититах диспергирование проявляется как в массивных, так и во вкрапленных хромитах. В первом случае зоны измельчения ориентированы поперек простираения шлиров и связаны со сдвигами с амплитудой 3–5 мм (рис. 1а). Поздние контракционные трещины, заполненные серпентином, имеют близкую ориентировку с небольшим угловым несогласием, но не наследуют структуры сдвигов, что может служить доказательством более раннего характера зон диспергирования. Микрзернистые агрегаты хромшпинелидов в зоне вкрапленных руд образуются без видимой связи со сдвигами и окружают крупные зерна хромита (рис. 1в). В обоих случаях мелкие зерна хромшпинелидов не имеют ориентировки и слагают хаотичные агрегаты по типу «битой тарелки». Форма зерен хромшпинелидов в новообразованных микро- и наноагрегатах остроугольная, без следов деформаций (рис. 1б). Размер первичных зерен хромшпинелидов в щелях составляет 0.5–2 мм. Примерно половина зерен в микродисперсных зонах имеет размерность в интервале 60–20 мкм. Они сцементированы агрегатом зерен от первых микрон до наноразмерных частиц.

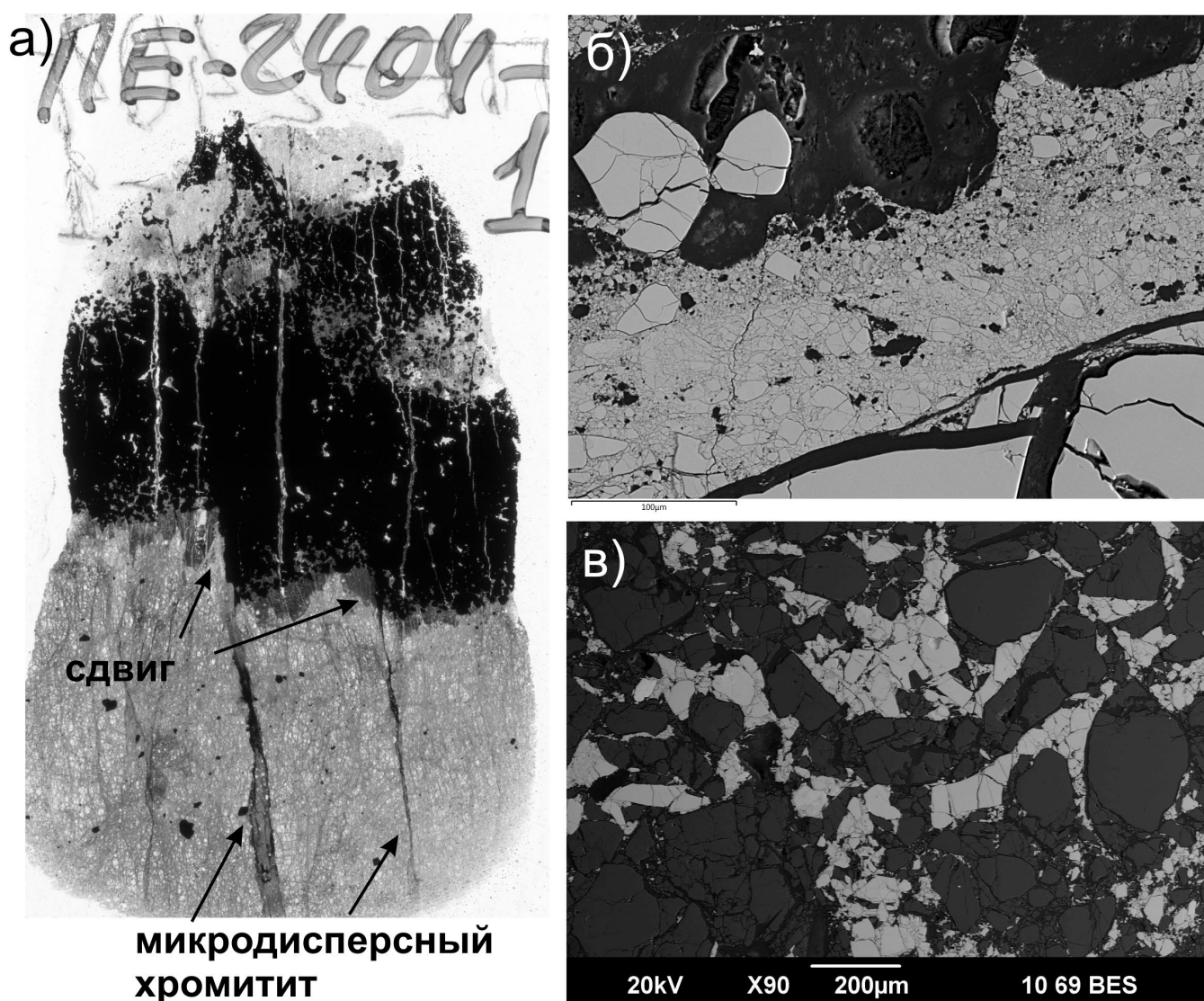


Рис. 1. а) Зоны микродисперсного хромита вдоль сдвига, общий вид (полированный шлиф); б) структура микродисперсного агрегата хромита; в) диспергирование по краям зерен вкрапленного хромита, без видимых зон деформаций

Размер последних находится на пределе разрешения СЭМ и не поддается наблюдению. Таким образом, степень диспергирования хромита достигает двух-трех порядков и более. В микродисперсных агрегатах хромшпинелид является резко преобладающим минералом, хотя обломки оливина и серпентина близкой размерности и формы встречаются также. Наличие кремния в валовых анализах микроагрегатов хромита, выполненных по площади, свидетельствует, что частицы силикатов также присутствуют в этих суспензиях. Состав хромита в крупных зернах и в микродисперсных зонах не различается.

Подвижность микроагрегатов хромита можно оценить в зонах сдвигов, амплитуда которых 3–5 мм, а зоны дисперсного хромита прослежены на 15–20 мм и, вероятно, уходят значительно дальше. Это указывает, что способность к перемещению

микродисперсных агрегатов хромита значительно превышает масштабы сдвиговых деформаций. В обнажениях удавалось проследить цепочки мелкозернистого хромита мощностью в 1 мм на расстояние несколько метров по вертикали.

Механизм диспергирования хромита может иметь двойную природу. Во-первых, вероятно связь с процессами твердопластичных деформаций дунитов и образованием высокотемпературных сдвигов, в зоне которых более твердые и хрупкие хромшпинелиды будут измельчаться, в то время как более компетентный оливин – деформироваться. Однако процесс измельчения хромита иногда происходит по всему объему зерен, не подчиняясь векторам стрессовых напряжений. Отсутствует и ориентировка микродисперсных агрегатов, что не согласуется с их деформационной природой. Другой вариант,

возможно, связан с разгрузкой горного давления. Если в условиях деформаций пород, когда агрегат минералов находится под давлением, резко происходит образование области пониженного давления, например, трещины, сдвиги, структуры пулл-апарта и другие, то минералы могут испытывать спонтанное растрескивание и измельчение (горный удар). Это явление имеет объемный эффект, который может быть значительно усилен, если породы содержат межзерновой остаточный расплав и флюид. Сочетание мелкодисперсного твердого вещества с жидкой и флюидной фазой может привести к образованию легкоподвижной суспензии, по своим реологическим параметрам отвечающей неньютоновской жидкости, которая может испытывать существенные перемещения, но в случае прекращения движения быстро консолидируется. На рис. 1б отчетливо видно, что мелкодисперсный хромитовый агрегат обгибает более крупные зерна минералов и заполняет участки, которые ориентированы поперечно к простиранию зоны, то есть этот агрегат ведет себя как жидкость. Обнаружение тонкодисперсных природных агрегатов хромита, способных к масштабному перемещению в твердых дунитах, является важным аргументом, подкрепляющим модель формирования хром-платиновых руд в массивах Урало-Аляскинского типа в результате постмагматического перераспределения хромшпинелидов и микрокластеров МПП [Пушкарев и др., 2007].

Работа выполнена по госбюджетной теме № АААА-А18-118052590029-6; аналитические работы поведены в ЦКП "Геоаналитик" ИГГ УрО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бетехтин А.Г. Платина и другие минералы платиновой группы. М.: ОНТИ, 1935. 148 с.
2. Заварицкий А.Н. Коренные месторождения платины на Урале / Материалы по общей и прикладной геологии. 1928. Т. 108. С. 1–51.
3. Золоев К.К., Волченко Ю.А., Коротеев В.А., Малахов И.А. и др. Платинометальное оруденение в геологических комплексах Урала. Екатеринбург: ДПР, ОАО «УГСЭ», УрО РАН, УГГГА, 2001. 199 с.
4. Пушкарев Е.В., Аникина Е.В., Гарути Дж., Закарини Ф. Хром-платиновое оруденение нижнетагильского типа на Урале: Структурно-вещественная характеристика и проблема генезиса // Литосфера. 2007. № 3. С. 28–65.
5. Чашухин И.С., Вотяков С.Л. Поведение элементов семейства железа, оксидометрия и генезис уникальных хромитовых месторождений Кемпирсайского массива // Геология рудных месторождений. 2009. Т. 51. № 2. С. 140–156.
6. Amosse J., Allibert M., Fischer W., Piboule M. Experimental study of the solubility of platinum and iridium in basic silicate melts – implications for the differentiation of platinum-group elements during magmatic processes // Chemical Geology. 1990. V. 81. P. 45–53.
7. Borisov A., Palme H. Solubility of noble metals in Fe-containing silicate melts as derived from experiments in Fe-free systems // American Mineralogist. 2000. V. 85. P. 1665–1673.
8. Kamenetsky V.S., Park J.-W., Mungall J.E., Pushkarev E.V., Ivanov A.I., Kamenetsky M.B., Yaxley G.M. Crystallization of platinum-group minerals from silicate melts: Evidence from Cr-spinel-hosted inclusions in volcanic rocks // Geology. 2015. V. 43. No. 10. P. 903–906.
9. Park J.W., Kamenetsky V., Campbell I., Park G., Hanski E., Pushkarev E. Empirical constraints on partitioning of platinum group elements between Cr-spinel and primitive terrestrial magmas // Geochimica et Cosmochimica Acta. 2017. V. 216. P. 393–416.