

ХРОМШПИНЕЛИДЫ СО СТРУКТУРАМИ РАСПАДА ТВЕРДОГО РАСТВОРА ИЗ ДУНИТОВ УКТУССКОГО МАССИВА НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ – ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДАМИ РАСТРОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ И РЕНТГЕНОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА

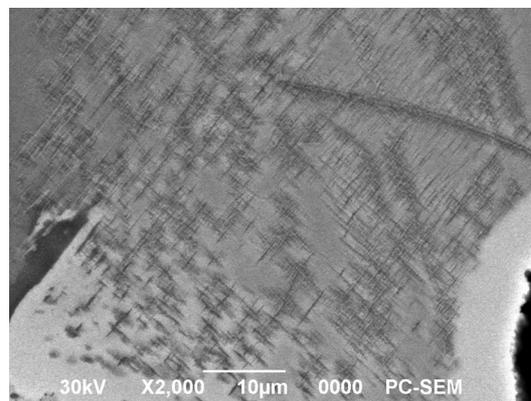
С. П. Главатских, О. Л. Галахова, Т. Я. Гуляева, Д. А. Замятин, Е. В. Пушкарев

Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург, glavatskih.stepan@gmail.com

Минералы группы шпинели при высоких температурах обладают чрезвычайно широким, а в некоторых случаях, неограниченным изоморфизмом между двух-, трех-, и четырехвалентными катионами: Fe-Mg-Mn-Al-Cr-Fe³⁺-Ti. Этим обстоятельством определяется сложная номенклатура и классификация минералов этой группы, все еще далекие от совершенства. Естественно, предположить, что при снижении температуры структура этих минералов должна испытывать серьезную перестройку, связанную с распадом твердых растворов (РТР). Действительно, такие распады имеют очень широкое распространение в природных и искусственных титаномагнетитах, а условия проявления распада и составы фаз хорошо изучены и описаны в литературе. Напротив, минералы из группы хромшпинелей, обладая практически неограниченным изоморфизмом, при низких температурах сохраняют структуру, а явления распада в них чрезвычайно редки. Одним из таких редких примеров является, описанный Е. В. Пушкаревым [Пушкарев, 2000] в дунитах Уктусского массива на Среднем Урале, распад твердого раствора хромшпинелида на две фазы: высокоглиноземистую хромпикотитовую и высокожелезистую хромтитаномагнетитовую. Уктусский массив относится к комплексам Урало-Аляскинского типа, для которых РТР хромшпинелидов описаны ранее вообще не были. Исследования показали, что распаду подвергаются только хромшпинелиды необычного состава. Они богаты титаном (1–2.5 % TiO₂), железом (около 50 % FeO) и, самое главное – глиноземом (до 16–20 % Al₂O₃), а содержание хрома в них находится на уровне 20 % Cr₂O₃, по сравнению с 45–50 % в обычных акцессорных хромшпинелидах из дунитов Урало-Аляскинского типа [Иванов, 1997]. Этот состав может быть восстановлен расчетным путем, исходя из объемного соотношения и состава глиноземистой и железистой фаз в структуре РТР. Однако хромшпинели такого состава встречаются и в некоторых пробах дунитов Уктусского массива и, в первом приближении, на оптическом уровне, не имеют признаков РТР. Эти хромшпинелиды были интерпретированы как гиперсольвусные, а их составы, действительно, располагаются в вершине кривой сольвуса на Al-Cr-Fe³⁺ диаграмме. Использование современного сканирующего электронного микроскопа JSM-6390LV и рентгеновского микроанализатора Cameca SX-100 позволило более детально охарактеризовать морфологию фаз распада, их состав и объемные соотношения. Были выделены участки, сохранившие реликтовый гиперсольвусный состав или находящиеся в эмбриональном состоянии распада.

Таким образом, была подтверждена идея о многоэтапности процесса РТР и о его незавершенности. Изучение гиперсольвусных хромшпинелидов на сканирующем электронном микроскопе, при увеличениях более 20000^x, позволило выявить субмикронные упорядоченные структуры, свидетельствующие, по-видимому, о начале процесса РТР, который еще не виден на оптическом уровне наблюдения. Изучение структуры двухфазного распавшегося хромшпинелида с использованием рентгеновского дифрактометра XRD-7000 с термоприставкой НТК-1200 в условиях вакуума показало, что параметры кристаллической решетки железистой и глиноземистой фаз плавно увеличиваются с повышением температур от комнатной до 1200 °С, однако на дифрактограммах

Рис. СЭМ-изображение тонких структур распада хромшпинелидов Уктусского массива (микроскоп JSM-6390LV, Jeol).



не зафиксировано появление новых оксидных фаз, т.е. структура распавшихся шпинелидов остается стабильной при всех температурах.

Планируется проведение аналогичных исследований для гиперсольвусных хромшпинелидов, где предполагается зафиксировать проявление процесса РТР, в силу метамиктного предраспадного состояния минерала.

Работа выполнена в рамках программы Президиума РАН № 23 «Научные основы инновационных энергоресурсосберегающих экологически безопасных технологий оценки и освоения природных и техногенных ресурсов», а также в рамках Программ ОНЗ РАН № 2 (09-Т-5-1011) и интеграционной программы УрО РАН «Состав, структура и физика радиационно-термических эффектов в фосфатных и силикатных минералах и стеклах», при поддержке грантов РФФИ № 09-05-00513, 09-05-00911-а и 10-05-00326.

Литература

Иванов О. К. Концентрически-зональные пироксенит-дунитовые массивы Урала. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 1997. 327 с.

Пушкарев Е. В. Петрология Уктусского дунит-клинопироксенит-габбрового массива (Ср. Урал). Екатеринбург: УрО РАН, 2000. 296 с. (http://www.igg.uran.ru/Publications/Push/top_ogl.htm).