

ИК ФУРЬЕ СПЕКТРОСКОПИЯ И ЭЛЕКТРОННО-ЗОНДОВЫЙ МИКРОАНАЛИЗ ЦИРКОНА: ГИДРАТАЦИЯ И РАДИАЦИОННОЕ РАЗУПОРЯДОЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ

С.В. Лепеха, Ю.В. Шапова, Д.А. Замятин

Институт геологии и геохимии им академика А.Н. Заварицкого, г. Екатеринбург, kurganka_@bk.ru

Номинально безводный минерал-геохронометр циркон может содержать от нуля до нескольких массовых процентов структурной воды, в зависимости от степени метамиктности [Nasdala et al., 2009; Вотяков и др., 2014]. Однако вопросы, связанные с механизмом вхождения молекулярной воды и ОН-групп в структуру циркона, их геохимической роли и влиянии на «сохранность» изотопной U-Pb-системы минерала остаются дискуссионными. Актуально совершенствование локальных методик анализа воды в цирконах, их сравнение и сопоставление с другими кристаллохимическими характеристиками минерала.

В данной работе выполнены исследования степени радиационного повреждения и гидратации методами ИК-спектроскопии и электронно-зондового микроанализа. Исследования проведены на зернах циркона разной оптической прозрачности крупного размера с хорошей огранкой, что позволило подготовить ориентированные кристаллы для поляризационных ИК-измерений.

Цель работы – исследование радиационной деградации и гидратации цирконов методами ИК-спектроскопии и электронно-зондового микроанализа.

Объекты и методы.

Исследованы крупные зерна цирконов размером 5–10 мм Ильмено-Вишневогорского Комплекса (Южный Урал), копь «Курочкин Лог». Зерна ориентированы по огранке и отполированы с двух сторон вдоль оси *c* до получения плоскопараллельных пластин толщиной порядка 120 мкм.

Получены спектры в области водных и собственных колебаний циркона на ИК микроскопе «Multi-score», совмещенном с ИК Фурье спектрометром «Spegum One», с разрешением 4 см⁻¹ и апертурной диафрагмой 50 мкм. Спектры поглощения в режиме на пропускание регистрировались при ориентации линейно поляризованного ИК излучения перпендикулярно и параллельно оси *c* зерен цирконов. Для вычитания фоновой линии использовался образец, отожженный в течение 5 часов при температуре 1100 °С. Определение катионного и анионного элементного состава (Mg, Al, Si, P, Ca, Ti, Mn, Fe, Y, Zr, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Pb, Th, U, O), отклонения от стехиометрии, оценки содержания воды и регистрация BSE-изображений цирконов выполнены на электрон-

но-зондовом микроанализаторе CAMECA SX100 в подходе, изложенном в [Вотяков и др., 2014].

Результаты.

Выполнен анализ зональности цирконов по оптическим и BSE-изображениям, в результате которого обнаружены темные в скрещенных николях и яркие в BSE зоны с характерно повышенным содержанием Th (концентрация до 1.5 мас.%). Содержание Hf варьирует от 0.5 до 1.3 мас.%. Концентрация остальных примесных элементов ниже пределов обнаружения. В результате анализа BSE-изображений и химического состава не выявлены признаки процессов вторичных преобразований с участием водного флюида.

Показано, что ИК спектры цирконов демонстрируют существенное разупорядочение структуры циркона в зонах с повышенным содержанием Th. Зафиксированы широкие изотропные линии с максимумом 3360 см⁻¹ во всех зонах; подобные спектры связываются в большинстве работ [Nasdala et al., 2001; Nasdala et al., 2009] с присутствием молекулярной воды. Выполнены оценки концентрации воды в выделенных зонах методом ИК Фурье спектроскопии и микрозондового анализа. Обнаружено увеличение концентрации от центра к периферии кристалла (до 2 мас. % по данным микроанализа).

Работа выполнена в рамках программы грантов РФФИ № 14-05-00172 и № 14-05-31405 в Центре коллективного пользования УрО РАН «Геоаналитик».

ЛИТЕРАТУРА

1. Nasdala L., Beran A., Libowitzky E., Wolf D. The incorporation of hydroxyl groups and molecular water in natural zircon (ZrSiO₄) // Am. J. Sci. 2001. V. 301. P. 831–857.
2. Nasdala L., Kronz A., Wirth R., Vaczi T., Perez-Soba C., Willner A., Kennedy, A. K. The phenomenon of deficient electron microprobe totals in radiation-damaged and altered zircon. // Geochimica et Cosmochimica Acta. 2009. V. 73. P. 1637–1650.
3. Вотяков С.Л., Замятин Д.А., Шапова Ю.В., Поротников А.В., Краснобаев А.А. Особенности метамиктного состояния цирконов на основе анализа их микроскопических изображений и данных электронно-зондового микроанализа // ДАН. 2014. Т. 457. № 3. С. 332–336.