

## ОТЗЫВ

*на автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05 – минералогия, кристаллография Замятина Дмитрия Александровича "Кристаллохимия и спектроскопия циркона в решении вопросов его микронного химического U-Th-Pb датирования".*

Представленная к защите диссертационная работа направлена на решение актуальных задач геохронологии, связанных с развитием и применением комплекса экспериментальных и теоретических методов для структурно-химического анализа радиационно-поврежденных цирконов. В качестве объектов выбраны малоизученные высоко-урановые цирконы с признаками значительных вторичных локальных процессов и гидратации. Это полностью отвечает современным тенденциям геохимии и геохронологии - расширить круг минералов-геохронометров и установить детальную картину первичных и вторичных преобразований в радиационно-поврежденных цирконах на микроуровне.

Автор использует комплекс взаимно-дополняющих экспериментальных микроскопических и спектроскопических методик, включающий сканирующую электронную и катодолюминесцентную микроскопию, рентгеновский зондовый микроанализ, фотолюминесцентную, рамановскую и рентгеновскую эмиссионную спектроскопию. В результате удалось определить с микронным пространственным разрешением структурно-фазовые и химические характеристики высоко-урановых минералов, оценить влияние локальных вторичных процессов (диффузионно-реакционных, растворение-осаждение) и сделать оценки пригодности исследуемых минералов для химического датирования в качестве систем U-Th-Pb. Экспериментальная часть работы выполнена на очень высоком современном уровне. Наиболее интересным представляется развитие методики двумерных диаграмм распределения интенсивности на катодолюминесцентных изображениях и изображениях в обратно-отраженных электронах. Подобные диаграммы устанавливают корреляционные зависимости химического состава и степени структурного совершенства циркона с микронным пространственным разрешением. Совместно с количественным анализом рамановских и эмиссионных рентгеновских спектров Si K $\beta$  в работе составлена зональная картина степени повреждения цирконового минерала в зависимости от дозы автооблучения и вторичных процессов.

Теоретическая часть работы включает моделирование фазовой растворимости циркон-коффинит и радиационных дефектов в цирконе. Прогнозируется процесс полимеризации кремнекислородной сетки радиационно-поврежденного циркона, насыщенного вакансиями кислорода и парными вакансиями катион-анион. Расчеты релаксированных длин связей Si-O позволяют интерпретировать параметры рамановских спектров радиационно-поврежденного циркона.

Работа, безусловно, имеет не только научную, но и практическую ценность, благодаря новым методическим разработкам по совместному корреляционному анализу данных микроскопических, спектроскопических методов, степени радиационного повреждения циркона и дозы авто-облучения. Важным с практической точки зрения представляется также предложенный в работе критерий нарушения U-Th-Pb-системы (непригодность к химическому датированию), включающий признаки вторичного преобразования - ед. мас.% H<sub>2</sub>O и присутствие UO<sub>2</sub><sup>2+</sup> - группировок.

Диссертант имеет публикации в рецензируемых российских и иностранных журналах. Автореферат очень хорошо оформлен, грамотно и ясно написан.

К автореферату можно сделать следующие замечания.

1. В автореферате автор, к сожалению, не представил экспериментальных данных прямых структурных методов (электронной дифракции, просвечивающей электронной микроскопии), демонстрирующих наличие аморфного состояния в зоне сильно-поврежденного циркона и подтверждающих выводы спектроскопических методик.
2. В работе представлены теоретические прогнозы по взаимной фазовой растворимости циркона и коффинита при нормальных условиях. Хорошо было бы сопоставить эти результаты с оценками, полученными другими, например, первопринципными расчетными методами.
3. В качестве редакционного замечания нужно отметить большое количество в тексте иностранных аббревиатур, используемых в спектроскопических и микроскопических методиках, которые нигде не расшифровываются и не поясняются на русском языке.

Сделанные замечания к автореферату не снижают ценность представленной диссертационной работы.

Считаю, что работа Замятина Дмитрия Александровича соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, материал, представленный в автореферате, свидетельствует о научной ценности и актуальности выполненной работы, а ее автор достоин присуждения ему ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Шалаева Елизавета Викторовна, ведущий научный сотрудник, доктор химических наук, Институт химии твердого тела УрО РАН, 620990, Екатеринбург, ул. Первомайская 91, +7-912-674-8123, [shalaeva@ihim.uran.ru](mailto:shalaeva@ihim.uran.ru).

Я, Шалаева Елизавета Викторовна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой объединенного диссертационного совета Д 999.081.03, и их дальнейшую обработку.

Подпись Шалаевой Е.В. заверяю,  
начальник отдела кадров ИХТТ УрО РАН Девид С.Р.

