

О Т З Ы В

официального оппонента доктора геолого-минералогических наук Каулиной Татьяны Владимировны на диссертацию Салимгараевой Ляйсан Ильшатовны на тему: «Геохимия редких элементов при высокобарическом метаморфизме (на примере эклогитов северо-западного Беломорья и юго-западной Норвегии)», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Диссертация Л.И. Салимгараевой «Геохимия редких элементов при высокобарическом метаморфизме (на примере эклогитов северо-западного Беломорья и юго-западной Норвегии)», состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованной литературы из 246 наименования и 3-х приложений. В работе рассматриваются вопросы подвижности редких элементов в процессе регионального метаморфизма на примере эклогитов Беломорской провинции и юго-западной Норвегии.

В результате проведенного исследования на уровне пород и минералов были выявлены закономерности поведения редких элементов при преобразовании гранулитов в эклогиты и эклогитов в амфиболиты. Рассмотрена как степень изменения первичного химического состава пород при метаморфическом преобразовании, так и характеристики перераспределения редких и редкоземельных элементов между сосуществующими минералами (гранатами, пироксенами и амфиболами). Проведена оценка устойчивости U-Pb системы в цирконе и Sm-Nd системы в гранатах и пироксенах при высокобарическом метаморфизме.

Актуальность темы диссертации определяется изучением проблемы мобильности редких элементов в ходе регионального метаморфизма и устойчивости изотопных систем. Существуют свидетельства как в пользу ограниченной мобильности редких элементов, так и в пользу их активного переноса в ходе метаморфических процессов. Решение этих вопросов имеет важное значение как для интерпретации геохронологических данных, так и для реконструкции геодинамических обстановок и эволюции полиметаморфических комплексов.

Исследование актуально и для установления природы и возраста эклогитов Беломорского подвижного пояса, обстановка и время образования которых до сих пор является предметом дискуссий.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, сформулированных в диссертации, обеспечивается использованием современных аналитических методик: методы XRF и ICP-MS для определения химического

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-628 от 19.09.22
АУ УС

состава пород; электронная микроскопия с энергодисперсионным спектрометром и электронный микрозонд для определения химического состава минералов, ионный микрозонд для определения содержания редких и редкоземельных элементов в минералах; локальное датирование циркона U-Pb методом и определение изотопного состава кислорода в цирконе на ионном микрозонде Cameca IMS-1280. Анализы выполнены на современном оборудовании 5 научно-исследовательских центров: ЦИИ ВСЕГЕИ, ИГГД РАН, ИГМ СО РАН, Ярославского филиала ФТИАН, Института геологии и геофизики Китайской Академии наук (IGGCAS). Полученные результаты и их интерпретация подкреплены ссылками на литературные источники.

В ходе работы рассмотрено четыре района развития эклогитов: Керетский архипелаг и район Гридино в северной Карелии, Западный гнейсовый регион и комплекс Берген Аркс в Норвегии. Изучено 65 образцов пород, выполнено около 1500 анализов минералов на электронном микроскопе с энергодисперсионным спектрометром, 500 микрозондовых анализов, в том числе на содержание редких и редкоземельных элементов в минералах (цирконе, гранатах, пироксенах и амфиболах), 38 локальных U-Pb (SIMS) определений возраста циркона и определений изотопного состава кислорода в нем. Четыре образца породы датированы Sm-Nd методом. Комплексная аналитическая основа, использование современного оборудования известных лабораторий обеспечивает высокую достоверность полученных результатов.

Научная новизна. Получены новые данные и установлены тенденции изменения редкоэлементного состава пород при полиметаморфизме на примере эклогитов северо-западного Беломорья и Норвегии. Показано, что процесс амфиболитизации эклогитов может происходить как с привнесением/выносом, так и быть субзихимическим в отношении редких элементов.

Выявлены закономерности изменения состава породообразующих минералов (гранаты, пироксены, амфиболы) в отношении редких и редкоземельных элементов при преобразовании гранулитов в эклогиты и эклогитов в амфиболиты: при эклогитизации гранулитов гранаты обогащаются HREE; при амфиболитизации эклогитов гранаты обедняются HREE, Ti и Y, пироксены обогащаются REE, амфиболы наследуют характер распределения REE в пироксенах.

Обоснованность защищаемых положений не вызывает сомнений, так как они базируются на корректной интерпретации представительных данных как по составу пород и минералов эклогитов исследуемых районов, так и по результатам U-Pb и Sm-Nd геохронологических исследований. Достоверность выводов подтверждается и апробацией работы: наличием публикаций в рецензируемых журналах и материалах конференций. Результаты диссертационной работы в

достаточной степени освещены в 17 печатных работах, из них 7 статей в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий (ВАК), в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, 6 из которых входят в международные базы данных и системы цитирования Scopus и Web of Science.

Теоретическая и практическая значимость работы

Проведенное исследование вносит вклад в развитие нового научного направления – петрохронологии, связывающего данные геохронологии с условиями протекания магматических и метаморфических процессов. Результаты геохимического и изотопно-геохимического изучения пород и минералов эклогитовых комплексов с выявлением закономерностей поведения редких элементов могут быть использованы при картировании метаморфических комплексов и способствовать решению проблем эволюции метаморфических комплексов Фенноскандинавского щита, а также в учебных курсах по общей и изотопной геохимии и петрологии.

Диссертация хорошо и логично написана, проиллюстрирована отличными рисунками и фотографиями. Имеется лишь несколько замечаний.

Замечания по содержанию работы:

1. Вы в нескольких местах используете термин «высокоградиентный» метаморфизм, но эклогитовый метаморфизм – низкоградиентный, поскольку здесь быстро меняется давление, а температура – гораздо медленнее, поэтому градиент метаморфизма (отношение изменения температуры к изменению давлению – dT/dP) низкий.
2. У вас написано, что Sm-Nd система может быть более устойчивой к переуравновешиванию, чем другие изотопные системы (K-Ar, Rb-Sr), и, таким образом, способна обеспечить точный возраст пород со сложной метаморфической историей (стр. 94). Но вы же знаете, что температура закрытия Sm-Nd системы в большинстве породообразующих минералах не выше 700 °C, что не позволяет датировать высокотемпературные процессы, как у вас и получилось с гранулитами Берген Аркс.
3. Некоторые сомнения вызывает интерпретации результатов по комплексу Берген-Аркс (первое и второе защищаемые положения). Согласно первому защищаемому положению эклогитизации гранулитов (состав пород) комплекса Берген Аркс в основном суббихимична по редким элементам. Правда сопровождается привнесением Fe, Mn, Mg, также существенные изменения происходят на уровне породообразующих минералов, которые обмениваются редкими элементами. Как известно гранулиты Берген Аркс преобразованы в эклогиты только на участках деформаций (шир-зон), где был доступ флюида, и могли пройти минеральные реакции (Austrheim, Griffin, 1985; Bingen et al., 2004).

То есть, с вашей точки зрения, сам флюид вообще не принес никаких редких элементов, а просто запустил минеральные реакции в породе? Вы делаете вывод, что редкие элементы не очень мобильны во флюиде, но по вашим же данным, редкие элементы активно перераспределяются между сосуществующими минералами, значит, они достаточно мобильны и активно переносятся флюидом.

4. Третье защищаемое положение «В гранулитах комплекса Берген Аркс при наложенном высокобарическом метаморфизме происходит изменение редкоэлементного состава краевых зон циркона с приобретением ими типичных геохимических характеристик эклогитового циркона при сохранности U-Pb и O изотопных систем». Но у вас циркон из образца гранулитов, а вы делаете вывод об отсутствии привноса элементов флюидом при кристаллизации краевых частей зерен циркона, об устойчивости U-Pb системы циркона и изотопной системы кислорода к воздействию эклогитового флюида в процессе эклогитового метаморфизма. У вас образец гранулита, там не проявлены процессы эклогитизации. Это особенность комплекса Берген Аркс, где эклогитизация проявлена локально. Там, где гранулит остался гранулитом, не было доступа флюида. Образование каймы в цирконе возможно связано с температурой и давлением под воздействием эклогитового метаморфизма, но не эклогитового флюида, поэтому и U-Pb система не перестроилась, и изотопы кислорода не отреагировали.

5. Не очень понятна актуальность датирования пегматитовых жил в районе Гридино. Полученный возраст внедрения пегматитов 1890 ± 2 Ма служит верхней границей для эклогитов БПП, но никто и не полагал, что эклогиты моложе этого возраста. Основные дискуссии идут об архейском возрасте эклогитов. Хотя полученные данные в любом случае интересные.

Сделанные замечания не умаляют достоинств работы. Диссертация Салимгараевой Ляйсан Ильшатовны представляет собой законченное исследование, насыщенное новой интересной информацией.

Заключение по диссертации: Диссертация «Геохимия редких элементов при высокобарическом метаморфизме (на примере эклогитов северо-западного Беломорья и юго-западной Норвегии)», представленная на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор Салимгараева Ляйсан Ильшатовна заслуживает присуждения ученой

степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 –
Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Официальный оппонент,

Главный научный сотрудник, заведующий лабораторией геологии докембрия Геологического института – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук» (ГИ КНЦ РАН).

Доктор геолого-минералогических наук

Каулина Татьяна Владимировна



Геологический институт – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук» (ГИ КНЦ РАН).

Почтовый адрес: 184209, г. Апатиты, Мурманская обл., ул. Ферсмана, д. 14

Официальный сайт в сети Интернет: <http://geoksc.apatity.ru>

e-mail: kaulina@geoksc.apatity.ru

Телефон: +79210427983

14 сентября 2022

ПОДПИСЬ

ПО МЕСТУ РАБОТЫ

ПОМОЩНИК ДИРЕКТОРА

ГИ КНЦ РАН



