

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР "КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ  
ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК"  
(ФИЦ КНЦ РАН)



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора  
ФИЦ КНЦ РАН по научной работе  
к.б.н.

Е.А. Боровичев

"30" ЯНВАРЯ 2024 г.

### ОТЗЫВ

ведущей организации о научно-практической ценности диссертации  
Акимовой Екатерины Юрьевны «Минералого-геохимическая характеристика и флюидный  
режим корундсодержащих метасоматитов Беломорского подвижного пояса (Восточная  
Фенноскандия)», представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-  
минералогических наук по специальности 1.6.4. Минералогия, кристаллография.

Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых

Диссертация Акимовой Екатерины Юрьевны «Минералого-геохимическая  
характеристика и флюидный режим корундсодержащих метасоматитов Беломорского  
подвижного пояса (Восточная Фенноскандия)» общим объемом 167 страниц состоит из  
введения, семи глав, заключения, списка литературы, включающего 255 наименований, а  
также имеются 5 приложений на 18 страницах. Диссертация содержит 9 таблиц и 102  
рисунка. 17 таблиц вынесены в приложения. В целом, построение диссертационной работы  
вполне логично и последовательно,

Целью работы явилась минералого-геохимическая характеристика пород проявления  
Хитоостров с последующей реконструкцией физико-химических параметров их  
формирования (температура, давление, состав и источник флюида, участвовавшего в  
минералообразовании).

Задачи исследования сформулированы автором следующим образом:

- 1) Минералого-геохимическое изучение метасоматитов и вмещающих пород,  
установление взаимоотношений между минералами.

2) Характеристика химического состава минералов (главные и редкоземельные элементы) и его эволюции в процессе метасоматоза.

3) Определение состава и генезиса флюида по данным исследования флюидных включений в минералах, изотопного состава благородных газов, Sr-Nd изотопной систематики апатита.

4) Анализ полученной информации методами физико-химической петрологии с использованием компьютерных программ.

Работа написана на основе материала, собранного автором во время полевых работ 2015–2022 гг., из которого было изготовлено 70 прозрачно-полированных шлифов, также был использован каменный материал, предоставленный коллегами из ИГГД РАН. Коллекция включает мономинеральные фракции из пород рудопроявления Хитоострова (25 проб), в том числе 6 проб апатита для геохимического и изотопно-геохимического исследования, 14 петрохимических проб, 11 проб для изотопного анализа благородных газов.

В ходе проведенных работ применён большой набор современных методов изучения пород и минералов, которые удачно сочетаются друг с другом и максимально способствуют решению поставленных задач и достижению главной цели работы. Для анализа всей имеющейся информации была применена компьютерная обработка, что повысило достоверность полученных результатов. Здесь же следует подчеркнуть значительный объем использованных автором литературных источников, причем значительная их часть – это статьи в высокорейтинговых журналах, опубликованные за последние несколько лет.

Во вступительной части диссертации есть некоторые моменты, требующие пояснения автора. В первую очередь, это формулировка актуальности исследования. Информация, приведенная в разделе «Актуальность исследования», по сути, является кратким обзором представлений о генезисе корундсодержащих пород в глубоко метаморфизованных комплексах и не содержит четкого доказательства актуальности выполненных работ. Также хотелось бы видеть раздел о теоретической и практической значимости выполненных исследований более развернутым.

В главах 1–3 в первой части диссертации рассмотрены геологическое строение Беломорского пояса в целом и проявлений минерализации корунда в его пределах (глава 1), дана петрографическая характеристика метаморфических и метасоматических пород проявления Хитостров (глава 2), приведены результаты исследования пороодообразующих и акцессорных минералов рудопроявления (глава 3). Материал в данных главах представлен ясно и подробно и особых нареканий не вызывает.

В главе 4 приведено распределение REE в минералах метасоматитов проявления Хитоостров. Глава написана довольно небрежно, нигде в тексте не приводятся никаких количественных характеристик, ни общего содержания REE, ни легких, ни тяжелых REE, ни говоря уж о величинах аномалий. Приводятся только рисунки со спектрами распределения и описания типа больше, меньше. Только через 10 страниц от начала главы появляется упоминание о Приложении 4 с данными REE анализов. Непонятно, почему очень небольшие по размеру таблицы вообще убраны в Приложение, хотя им самое место именно в тексте главы 4.

Описания спектров типа «синусоидальной формы» вряд ли обосновано, поскольку синусоида предполагает наличие повторяемости. В вашем случае вполне подошла бы просто «волнообразная форма», но это на усмотрение автора. Также в главу 4 можно было добавить фото минералов с точками анализов, это не повредило бы.

Глава 5 посвящена флюидным включениям в минералах метасоматитов и вмещающих пород. Здесь можно сделать замечания по компоновке рисунков. Лучше было их все сделать блоками, а то текст идет уже про следующую пробу, а рисунки всё ещё для предыдущей. Рамановские спектры можно было показать в одном блоке с фотографиями включений, к которым они относятся. В тексте же про Рамановские спектры вообще нет ни слова. Иногда перепутаны ссылки на рисунки, например стоит ссылка на рис. 60в, а на рис 60 только одна фотография. Дана ссылка на цепочки включений, а на рисунке – Рамановский спектр.

Глава 6 «Изотопно-геохимическая характеристика среды минералообразования». состоит из двух разделов: «геохимия изотопов благородных газов» и «Rb-Sr и Sm-Nd изотопная систематика апатита». Замечания в основном касаются первого раздела.

Раздел «Геохимия изотопов благородных газов» недостаточно продуман. Текст составлен небрежно, логика повествования местами теряется, местами основана на ложных допущениях. Ниже приведены конкретные замечания к тексту.

Точные значения изотопного состава гелия в мантии (таблица 3) порождают ложную надежду на то, что автор располагает проверенным источником информации непосредственно из мантии. Помимо ссылки на Ozima, Podosek, 2002 хорошо бы сослаться на работу Мамырин, Толстихин, 1981. Тогда значения изотопного состава гелия приобретут интервал  $2-5 \times 10^{-5}$ . Также не стоит смешивать «Атмо- и гидросферу», поскольку имеющиеся данные для атмосферного воздуха довольно точные, тогда как гидросфера включает, помимо поверхностных вод, еще и подземные, где источником растворенных газов может быть не только атмосфера. Отношения  $^3\text{He}/^4\text{He}$  и  $^4\text{He}/^{40}\text{Ar}$  в данной графе точно не атмосферные. Проверьте, действительно ли эти цифры приведены в работе Ozima,

Podosek, 2002. Диапазон коровых изотопных отношений гелия, на самом деле, более широкий – а оценки его среднего значения, как правило, не выходят за пределы  $1-2 \times 10^{-8}$ .

Порядок концентраций  $^3\text{He}$  в таблице 4 ( $10^{-6}$ ) указан неверно. Если в изотопном составе гелия ошибок нет, то степень должна быть -12.

Изотопные отношения, приведенные в таблице 4, нигде далее не используются, и наоборот – тех отношений, которым посвящена львиная доля обсуждения, в этой таблице нет. В тексте обсуждаются отношения  $^{20}\text{Ne}/^{36}\text{Ar}$  и  $^3\text{He}/^{36}\text{Ar}$ , но в таблице приведены только отношения  $^4\text{He}/^{20}\text{Ne}$  и  $^4\text{He}/^{40}\text{Ar}$ .

В разделе описаны два способа экстракции газов, однако для конкретных данных способ извлечения газов не указан, хотя это очень важно. Крайне полезно также сравнить изотопные параметры газов, извлеченных разными способами.

И это еще не все замечания, которые можно сделать к данному разделу.

В главе 7 реконструируются условия формирования метасоматитов с определением РТ-параметров процессов. Глава написана развернуто и подробно. Можно только заметить, что кажется весьма сомнительным предположение Екатерины Юрьевны о возможной роли ультраосновных пород как источника флюидов в таком количестве, чтоб они оказались способны на столь масштабную метасоматическую переработку метаморфических пород на проявлениях корунда.

К замечаниям справедливо будет добавить, что, в целом, все они касаются не постановки и проведения самой работы, а некоторой небрежности при написании текста диссертации.

Основные научные результаты исследований Екатерины Юрьевны представляются следующими:

1) В корундсодержащих породах впервые описаны кальциевые (чермакит) и натрово-кальциевые (барруазит) амфиболы, натровый флогопит (аспидолит), парагонит. В ассоциирующих с ними клиноцоизитовых амфиболитах диагностированы кальциевые амфиболы ряда чермакит-паргасит-саданагаит, маргарит.

2) Получены данные по распределению редкоземельных элементов в породообразующих минералах. Установлено, что редкоземельные элементы в процессе метасоматоза, приведшего к формированию корундсодержащих и ассоциирующих с ними пород, становились мобильными: в случае корундсодержащих пород происходил привнос LREE, а в случае клиноцоизитовых амфиболитов – локальное перераспределение.

3) Изучено вещество флюидных включений в минералах корундсодержащих и вмещающих пород методами микротермометрии и рамановской спектроскопии.

Исследован изотопный состав благородных газов путем дробления валовых фракций пород и кристаллов корунда.

4) Получены данные по изотопному составу Sr и Nd в апатите. Методами изотопной геохимии обоснована глубинная природа флюида, участвовавшего в минералообразовании.

5) Произведено физико-химическое моделирование метасоматического процесса, приведшего к формированию корундсодержащих пород и ассоциирующих с ними клиноцоизитовых амфиболитов: количественно оценены температура, давление и режим вполне подвижных компонентов.

Защищаемые положения работы:

1. Зональность корундсодержащих метасоматитов проявления Хитостров представлена закономерной сменой минеральных парагенезисов, обусловленной исчезновением кварца (зона 1) и последовательным появлением реакционных минералов: ставролита (зона 2), корунда (зона 3а) либо Са-амфибола (зона 3б) и корунда совместно с натрожедритом и Са- амфиболом (зона 4). В составе корундсодержащих пород впервые обнаружены аспидолит, Са-амфиболы ряда чермакит-саданагаит и Na-Са-амфибол (барруазит).

2. Корундсодержащие метасоматиты сформировались по кианит-гранат-биотитовым гнейсам чупинской толщи путем десиликации последних во время регионального метаморфизма ( $I_{\text{GaSiO}_2}$  снижается от -0,06 до -0,2) при повышенной активности Na ( $A_{\text{Na}}$  возрастает от 4,38 до 4,88) и пониженной – К ( $A_{\text{K}}$  снижается от 3,35 до 3,11), при участии глубинного углекислотно-водного флюида ( $X(\text{CO}_2)$  около 0,3), содержащего хлориды Na и Са.

3. В ряде минералов корундсодержащих метасоматитов (гранат, кальциевый амфибол, апатит) фиксируется обогащение легкими редкоземельными элементами (LREE), не проявленное в минералах вмещающих пород. В ассоциирующих с корундсодержащими клиноцоизитовых метасоматитах установлен эффект наследования распределения REE при замещении граната Са-амфиболом и клиноцоизитом. Мобильность LREE обеспечивалась специфическим составом флюида, участвовавшего в минералообразовании.

Приведенный в диссертационной работе материал вполне достаточен для доказательства выдвинутых защищаемых положений. Только было бы лучше, если бы в диссертации в конце той или иной главы после выводов следовала бы фраза типа: *«Материалы, изложенные в главах 1–3, позволяют обосновать первое защищаемое положение: Зональность корундсодержащих метасоматитов проявления Хитостров...»*. Это позволило бы рецензентам легче оценить доказательность защищаемых положений.

Следует также выразить сожаление, что в защищаемых положениях не нашли отражения результаты изотопных исследований метаморфических и метасоматических образований Беломорского пояса, выполненных Екатериной Юрьевной Акимовой.

По теме диссертации опубликовано 5 статей в журналах, рекомендованных ВАК, в том числе 4 статьи, где Екатерина Юрьевна Акимова является первым автором. Работа апробирована на многих совещаниях разного уровня. Опубликованные по теме работы статьи и тезисы полностью отражают результаты, изложенные в диссертации.

Таким образом, диссертация Акимовой Екатерины Юрьевны «Минералогическая характеристика и флюидный режим корундсодержащих метасоматитов Беломорского подвижного пояса (Восточная Фенноскандия)», представленная на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых, является законченной научно-квалификационной работой, вносящей заметный вклад в изучение метасоматических процессов в метаморфических комплексах. Высказанные замечания ни коим образом не снижают научную ценность полученных результатов

Это позволяет сделать вывод, что диссертация Акимовой Екатерины Юрьевны «Минералогическая характеристика и флюидный режим корундсодержащих метасоматитов Беломорского подвижного пояса (Восточная Фенноскандия)» соответствует паспорту научной специальности 1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 24.02.2021 №118), требованиям п. 9–14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 в редакции от 11.09.2021, и требованиям, установленным Приказом «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете от 19.11.2021 № 1118.1 Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», а ее автор, Акимова Екатерина Юрьевна, заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Отзыв подготовлен главным научным сотрудником лаборатории геологии докембрия Геологического института – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук» (ГИ КНЦ РАН), доктором

геолого-минералогических наук Каулиной Татьяной Владимировной, ведущим научным сотрудником лаборатории минерагении Арктики ГИ КНЦ РАН, кандидатом геолого-минералогических наук Калининым Аркадием Авенировичем и ведущим научным сотрудником лаборатории геохронологии и изотопной геохимии ГИ КНЦ РАН, кандидатом геолого-минералогических наук Кудряшовым Николаем Михайловичем.


Диссертация Акимовой Екатерины Юрьевны «Минералого-геохимическая характеристика и флюидный режим корундсодержащих метасоматитов Беломорского подвижного пояса (Восточная Фенноскандия)» и отзыв на неё рассмотрены на заседании Учёного совета ГИ КНЦ РАН 29 января 2024 г. (протокол № 2, п. 1). В заседании приняли участие 7 докторов геолого-минералогических наук, 10 кандидатов геолого-минералогических наук, 1 кандидат географических наук. По итогам обсуждения и открытого голосования отзыв принят в качестве отзыва ведущей организации единогласно.

Отзыв ведущей организации на диссертационную работу Акимовой Екатерины Юрьевны «Минералого-геохимическая характеристика и флюидный режим корундсодержащих метасоматитов Беломорского подвижного пояса (Восточная Фенноскандия)», был рассмотрен и одобрен Ученым советом Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра "Кольский научный центр Российской академии наук" 30 января 2024 года (протокол № 2, п. 5.2). На заседании присутствовали 35 из 35 полномочных членов Ученого совета ФИЦ КНЦ РАН, в том числе 1 академик РАН, 3 члена-корреспондента РАН, 20 докторов наук и 11 кандидатов наук. Открытым голосованием отзыв принят единогласно.

Главный учёный секретарь ФИЦ КНЦ РАН, к.т.н.

 А.С. Карпов

Учёный секретарь ГИ КНЦ РАН, к.г.-м.н.

 С.В. Мудрук

Главный научный сотрудник лаборатории геологии докембрия ГИ КНЦ РАН, д.г.-м.н.

 Т.В. Каулина

Ведущий научный сотрудник лаборатории минерагении Арктики ГИ КНЦ РАН, к.г.-м.н.

 А.А. Калинин

Ведущий научный сотрудник лаборатории

геохронологии и изотопной геохимии  
ПО МЕСТУ РАБОТЫ ПОДПИСАТЕЛЬ  
ГИ КНЦ РАН, к.г.-м.н.

НАЧАЛЬНИК ОБЩЕГО ОТДЕЛА  
ФИЦ КНЦ РАН



И.В. КОСТРУБ  
20 14 ГОДА

30 января

 Н.М. Кудряшов