

Отзыв на автореферат диссертации Юлии Михайловны Лебедевой  
«Метасоматические процессы при высоких температурах и давлениях в Лапландском  
гранулитовом поясе (на примере Порьегубского покрова)»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук  
по специальности 25 00 04 - петрология, вулканология

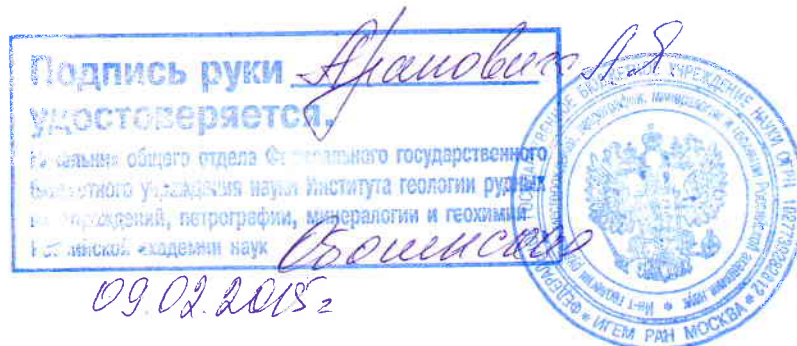
Инфильтрационный метасоматоз, сопровождающий региональный метаморфизм гранулитовой фации и часто связанный с зонами сдвиговых деформаций, и связанные с ним процессы локального транспорта элементов, остается недостаточно изученным явлением. Это определяет важность и актуальность диссертационной работы.

На основании детального петрологического исследования с привлечением количественных термодинамических расчетов и изотопно-геохимических данных автору удалось убедительно доказать, что инфильтрационный метасоматоз проходил на пике гранулитового метаморфизма с затуханием на регрессивной стадии. Очень детально обоснован возраст высокотемпературного метасоматоза около 1912 млн. лет. Важным результатом работы является также установление существенно водной природы метасоматического флюида с относительно высокими для гранулитового метаморфизма значениями активности  $H_2O$  (0.5-0.7). Очень интересен вывод автора о кратковременности пульса флюидной активности, основанный на сохранности высокотемпературных соотношений изотопного состава кислорода породообразующих минералов. В целом выполненная работа является одним из первых убедительных доказательств участия флюида глубинного происхождения в процессах высокотемпературного нижнекорового метаморфизма.

Одно небольшое замечание: на рис. 11 автореферата значения давления, при которых проводились расчеты, стоило бы округлить хотя бы до 0.5 кбар, т.к. более точные оценки вряд ли возможны.

В целом работа выполнена на очень высоком современном уровне. Ю.М. Лебедева проявила себя как зрелый исследователь, способный решать важные задачи фундаментальной петрологии. Защищаемые положения очень четко доказаны в автореферате и многочисленных публикациях в реферируемых научных журналах. Не вызывает сомнений, что работа «Метасоматические процессы при высоких температурах и давлениях в Лапландском гранулитовом поясе (на примере Порьегубского покрова)» соответствует всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук, а ее автор, Юлия Михайловна Лебедева, заслуживает присуждения искомой степени.

Аранович Леонид Яковлевич,  
Доктор геолого-минералогических наук,  
Заведующий лабораторией метаморфизма и метасоматизма  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Институт геологии рудных месторождений, петрографии,  
минералогии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН)  
109017, Москва,  
Старомонетный пер., д. 35  
Тел. 8-499-230-8497 (раб.), 8-909-695-1361 (моб.)  
Электронная почта: lyaranov@igem.ru



**Отзыв на автореферат диссертации Юлии Михайловны Лебедевой  
«Метасоматические процессы при высоких температурах и давлениях в  
Лапландском гранулитовом поясе (на примере Порьегубского покрова)»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических  
наук по специальности 25 00 04 - петрология, вулканология**

Работа Ю.М. Лебедевой посвящена интересной проблеме инфильтрационных метасоматических преобразований пород гранулитовой фации в зонах сдвиговых деформаций. Это направление в метаморфической геологии является широко дискутируемым не один десяток лет. С течением времени и с развитием методов исследования вещества изучение роли флюидной фазы в гранулитовом метаморфизме не теряет своей актуальности.

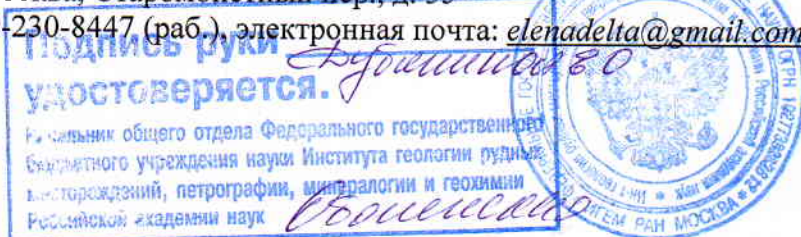
Автореферат дает представление о проведенной автором большой и разноплановой работе. Прежде всего, хочется подчеркнуть именно этот момент – автор использует комплекс методов исследования вещества, при этом автор отчетливо представляет возможности и специфику каждого из использованных методов. В автореферате присутствует четкость изложения и лаконичность (возможно, несколько избыточная). Защищаемые положения надежно обоснованы и поддержаны необходимыми публикациями в рецензируемых изданиях.

Один из наиболее интересных результатов, представленных в работе – установление эпизода взаимодействия водного флюида с породами на пике метаморфизма. Этот результат поддержан данными об изотопном составе легких элементов. Стоит отметить, что аналогичных исследований в мировой литературе не так уж много, и автор внес существенный вклад в изучение проблемы флюидного воздействия на пике метаморфизма высоких ступеней.

Замечания носят редакционный и терминологический характер. Неудачная формулировка фразы «Такой изотопный состав кислорода мог сформироваться...» (стр. 13, первый абзац) приводит к смысловому диссонансу, поскольку эта фраза относится к изотопному составу метасоматитов, а не вмещающих кристаллосланцев. Кроме того, на стр. 12 автореферата в последнем абзаце можно было бы убрать слово «экстремально».

Работа «Метасоматические процессы при высоких температурах и давлениях в Лапландском гранулитовом поясе (на примере Порьегубского покрова)» выполнена с использованием современных методов изучения вещества, включающих не только микронзондовые исследования и термодинамические расчеты, но и анализ пород и минералов на элементном и изотопном уровне. Результаты работы отражены в публикациях автора в реферируемых научных журналах. Таким образом, Ю.М. Лебедева продемонстрировала, что она является сложившимся специалистом в области геохимии и минералогии метаморфических пород. **Указанная работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук, а ее автор, Юлия Михайловна Лебедева, заслуживает присуждения искомой степени.**

Дубинина Елена Олеговна,  
Доктор геолого-минералогических наук,  
Ведущий научный сотрудник  
лаборатории изотопной геохимии и геохронологии  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Институт геологии рудных месторождений, петрографии,  
минералогии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН)  
109017, Москва, Старомонетный пер., д. 35  
Тел. 8-499-230-8447 (раб.), электронная почта: [elenadelta@gmail.com](mailto:elenadelta@gmail.com)



## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Лебедевой Юлии Михайловны «Метасоматические процессы при высоких температурах и давлениях в Лапландском гранулитовом поясе (на примере Порьегубского покрова)», специальность 25 00 04 - петрология, вулканология

Работа посвящена исследованию зон пластических сдвиговых деформаций свекофеннского возраста (1.9 млрд. лет), контролирующих процессы инфильтрационного метасоматоза и жильного минералообразования в Порьегубском тектоническом покрове Лапландского гранулитового пояса. Она выполнена на хорошей геологической основе, включающей детальные схемы геологического строения зон развития метасоматических пород, описание более 1600 петрографических шлифов данные микрозондовых исследований более 4000 анализов минералов (рецензент находится под впечатлением этих масштабных цифр...!?). Автором получены РТ - параметры для 26 образцов и величины активности воды для 8 образцов. Из собственной коллекции и коллекции научного руководителя автором работы были отобраны пробы для изотопных, изотопно-геохимических и изотопно-геохронологических исследований, выполнена корреляция между геологическими, термобарометрическими, геохронологическими и изотопно-геохимическими данными. В ходе исследований получены детальные и хорошо обоснованные термобарометрические данные, величины активности воды для метасоматических пород и вмещающих их кристаллосланцев, выделены стадии метаморфической эволюции гранулитов, установлен Р-Т тренд эволюции пород, определен источник метасоматизирующего флюида. Защищаемые положения представляются рецензенту достаточно обоснованными и хорошо аргументированными. Как специалист, достаточно долго изучавший Лапландский гранулитовый пояс, рецензент с большим удовлетворением прочитал вывод о кратковременности метасоматическая переработки гранулитов. В сочетании с выводом о том, что такая переработка шла по зонам, это оставляет надежду тем исследователям, которые пытаются реконструировать протолиты гранулитов данной структуры.

В качестве небольшого замечания можно отметить несколько чрезмерную абсолютизацию автором цифр, полученных при датировании. Так, первое защищаемое положение прекрасно обосновано (и здесь можно согласиться с автором работы) геолого-структурными и петрографическими данными, детальным картированием и документированием взаимоотношений пород на опорных участках, термодинамическими расчетами. Рецензенту представляется, что этого было бы достаточно, тем более что данные изотопно-геохронологических исследований, приведенные далее, выглядят не столь убедительно – цифра  $1927 \pm 11$  при таком большом СКВО вряд ли может говорить о том, что первый метаморфизм однозначно был не моложе 1916 млн. лет, а следовательно, она практически идентична цифре  $1912 \pm 2$  млн.лет. Рецензент не был бы столь категоричным и в утверждении, что цифра возраста  $1963 \pm 17$  млн. лет (рис. 4.в) отвечает возрасту магматического протолита, зная и более древние цифры для подобных образований этого района.

Данные замечания не умаляют достоинств работы, а ее автор, Лебедева Юлия Михайловна, без сомнения заслуживает присуждения степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25 00 04 - петрология, вулканология.

Козлов Николай Евгеньевич, д.г.-м.н., профессор, заведующий лабораторией Геологии и геодинамики Арктики федерального государственного бюджетного учреждения науки Геологический институт Кольского научного центра РАН (184209, г.Апатиты, Мурманская обл., ул.Ферсмана, д.14, 8155579251, [kozlov@geoksc.apatity.ru](mailto:kozlov@geoksc.apatity.ru))

Подпись *Н. Е. Козлов*  
ПО МЕСТУ РАБОТЫ УДОСТОВЕРЯЮ  
ГЛАВНЫЙ СПЕЦИАЛИСТ ОБЩЕГО ОТДЕЛА  
ГИ КНЦ РАН  
Подпись *Ю. Г. Кузьминок*

\* 13 \* 02

2018 г.

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ю.М. Лебедевой «**Метасоматические процессы при высоких температурах и давлениях в Лапландском гранулитовом поясе (на примере Порьегубского покрова)**», представленной на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04 – петрология, вулканология

Проблема инфильтрационного метасоматоза в экстремальных условиях гранулитового метаморфизма является одной из наиболее острых и малоизученных в петрологии, и этим определяется безусловная актуальность диссертационной работы Ю.М. Лебедевой. В ней получены новые и весьма важные для петрологии данные о P-T параметрах метасоматоза, высокой активности воды во флюиде и характере преобразований пород. В перспективе практическая значимость работы будет только возрастать, так как способствует изменению наших представлений о возможных масштабах мобилизации и переноса вещества, в том числе рудного, в условиях нижней коры. Следует особо подчеркнуть, что в общепринятых классификациях метасоматитов породы, подобные описываемым в диссертации, вообще отсутствуют.

Такая по сути пионерская работа не могла оказаться свободной от некоторых упущений. Так, в автореферате отсутствует характеристика процессов на фронтах замещения; не приведена колонка базификации; определение P-T-X параметров метасоматоза выполнено по многофазным нонвариантным парагенезисам, не являющимся метасоматическими.

В целом же в рассматриваемой диссертационной работе решена сложная задача выявления и всестороннего исследования геологического положения, состава, возраста метасоматитов, образовавшихся в условиях гранулитовой фации метаморфизма. Основные её положения опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК. Таким образом, эта работа отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Ю.М. Лебедева заслуживает присуждения учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04 – петрология, вулканология.

Кольцов Александр Борисович  
Санкт-Петербургский государственный университет,  
Институт наук о Земле, Кафедра петрографии  
199034 Санкт-Петербург, Университетская наб. 7-9.  
Тел. сл. (812) 328 94 79, эл. адрес [a.koltsov@spbu.ru](mailto:a.koltsov@spbu.ru)  
Профессор, доктор геолого-минералогических наук,  
старший научный сотрудник

Подпись от руки  
А.Б. Кольцова  
УДОСТОВЕРЯЮ  
Специалист  
по кадрам М.А. Курь...  
«2» марта 2015г.



**Отзыв на автореферат кандидатской диссертации Ю.М. Лебедевой  
«Метасоматические процессы при высоких температурах и давлениях  
в Лапландском гранулитовом поясе (на примере Порьегубского покрова)»**

В кандидатской диссертации Ю.М. Лебедевой, с использованием полного набора петрологических, геохимических, термобарометрических и изотопно-геохронологических методов исследования рассмотрена сложная проблема генезиса необычных высокобарических богатых кварцем гиперстен-силлиманит-гранат-кордиерит-биотитовых гранулитовых пород в составе Лапландского пояса из района Порьей губы.

Первый интересный момент работы – то, что автору удалось, по парагенезисам и их термобарометрии выделить в доминирующем поле пород с пиковыми параметрами метаморфизма (P 8.1-9.1 кб, T до 860°) - реликтовые участки предшествующей ступени гранулитовой фации (P 6-6.7 кб, T до 890°), то-есть проследить в едином цикле часть реального проградного тренда метаморфизма с ростом главным образом давления, и с возрастным разрывом всего 4 млн. лет.

Для высокоглиноземистых лейкократовых и меланократовых пород  $Orx-Sil-Grt-Crd-Bt \pm Pl \pm Kfs-Qz$  состава автор обосновывает их метасоматическое происхождение за счет процессов кислотного выщелачивания существенно полевошпатовых  $Orx-Gr-Bt-Pl-Qz$  гранулитов, опираясь на выявляемые в обнажениях проявления нарастающего окварцевания этих пород. Указывается, что в обнажениях вокруг кварцевых жил фиксируются метасоматические колонки, с постепенным уменьшением к внутренним зонам числа фаз вплоть до мономинеральной кварцевой зоны. С лейкократовыми доменами совмещены участки меланократовых пород, рассматривающиеся как зоны базификации и переотложения выщелоченных Mg и Fe.

Одним из достоинств работы является огромное количество проведенных P-T оценок по многофазным парагенезисам современным методом TWEEQU, благодаря чему практически для всех главных типов пород установлены параметры кристаллизации, причем высокотемпературные оценки подтверждены данными кислородной изотопии. В процессе термобарометрии выяснился очень любопытный факт – максимальные P-T оценки для гиперстен-силлиманитовых пород (T 830-960°, P -9.9-11.4 кб) оказались заметно выше, чем для окружающих гранулитов, что автор объясняет приуроченностью процессов кислотного выщелачивания к надвиговым зонам с возникающими там компрессионными перегрузками, и инфильтрацией по ним очень горячих глубинных флюидов. Это наиболее вероятное объяснение; однако в породах почему-то не возникает такой известный индикатор УНТ-метаморфизма как парагенезис сапфирин+кварц, хотя

и состав пород, и P-T параметры соответствуют полю его стабильности; это требует какого-то объяснения.

В работе проведены серьезные расчеты флюидного режима, доказывающие очень глубокий источник флюидов. Но полученные результаты оказались довольно необычными - для температур, достигающих 960° величина  $a_{H_2O}$  слишком высока: для метаморфических пород 0.45-0.65, а для метасоматических – 0.53-0.76. Скорее всего это связано с тем, что при анализах минералов не определялось содержания Cl и F в биотитах, позволяющие по программе WinTWQ определить мольную долю хлоридов и фторидов Na и K во флюидах. В гранулитах из других участков Порьей губы флюиды, участвующие в метаморфизме и чарнокитизации, оказались рассолами, с суммарной долей хлоридов и фторидов в интервале от 0.30 до 0.45 (Кориковский, Аранович, 2010, 2015); с учетом этого  $m_{H_2O}$  будет пропорционально уменьшаться. Это автор может учесть в будущем, и проверить на своих образцах в последующих работах.

Оценивая работу Ю.М. Лебедевой в целом, можно сказать, что это серьезное и глубокое исследование, позволившее автору успешно решить весьма сложную научную петрологическую задачу, для чего был использован самый современный арсенал петрологических, геохимических и изотопных методов. Автор работы продемонстрировала высокую научную квалификацию и самый современный стиль исследований, позволяющей ей и дальше работать на очень высоком уровне.

Работа полностью отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Юлия Михайловна Лебедева без сомнения заслуживает ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

**Кориковский Сергей Петрович**, член-корреспондент РАН,

глав. науч. сотр. Лаборатории метаморфизма и метасоматизма Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской Академии наук, г. Москва, 119017, Старомонетный пер., 35, тел. (8 499) 230 84 97 (раб.), (8) 906 723 56 19 (моб.), электр. почта: [korikovsky@yandex.ru](mailto:korikovsky@yandex.ru)

Подпись руки *Кориковского С.П.*  
удостоверяется.  
И. начальник общего отдела Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук  
*13.09.2015 г.*



*С.П.*

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Лебедевой Юлии Михайловны «Метасоматические процессы при высоких температурах и давлениях в Лапландском гранулитовом поясе (на примере Порьегубского покрова)», представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04 – петрология, вулканология

В диссертации судя по автореферату обосновывается два этапа гранулитового метаморфизма и метасоматические процессы в породах Порьегубского покрова. Для определения параметров метаморфизма и метасоматоза автор использует целый комплекс аналитических методов, включая петрографические, петрологические, изотопно-геохимические методы. Это указывает на высокий научный уровень проведенных исследований и высокую научную квалификацию соискателя научной степени. Автореферат достаточно хорошо иллюстрирован разного рода диаграммами, но, к сожалению, в нем отсутствуют данные геолого-структурных исследований, на которые часто ссылается автор.

Выполненная работа производит хорошее впечатление, но возникают вопросы, которые могут выходить за рамки настоящего исследования. Где проходит граница между метаморфизмом и метасоматозом, учитывая, что P-T условия второго этапа метаморфизма и метасоматоза очень близкие? Почему метасоматоз протекает на пике второго этапа гранулитового метаморфизма? Это скорее свидетельствует о едином процессе преобразования пород, а не о самостоятельности метасоматоза и второго этапа метаморфизма. Почему в этом случае метасоматоз не рассматривать как кульминационную фазу метаморфизма по типу ультраметаморфизма (мигматизации). Из автореферата следует, что сдвиговые деформации протекали при пиковых параметрах температур и давлений. В таких условиях должны проявиться складчатые (пликативные) деформации, что характерно в целом для метаморфических пород, но автор ничего не говорит о таком типе деформаций. Можно было бы привести и некоторые другие замечания по содержанию автореферата, но необходимо учитывать, что не бывает работ без замечаний, тем более работ, посвященных таким сложным проблемам как полистадийный метаморфизм.

Учитывая высокий научный уровень работы, большое количество публикаций по теме диссертации в высокорейтинговых журналах считаю, что диссертационная работа Лебедевой Ю.М. соответствует требованиям ВАК РФ предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему искомой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04 – петрология, вулканология.

Согласен на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Доктор геолого-минералогических наук,  
профессор, заведующий кафедрой Общей геологии  
и геологического картирования Российского  
государственного геологоразведочного университета  
117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23  
Т. +79671179535

Корсаков Анатолий Константинович

  
А.А. Корсаков  
Ю.М. Лебедева  
К.П.В. Д.А.Т.Р.о.в.

## О Т З Ы В

**на автореферат диссертации Юлии Михайловны Лебедевой «Метасоматические процессы при высоких температурах и давлениях в Лапландском гранулитовом поясе (на примере Порьегубского покрова)», представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук**

Рецензируемая работа посвящена детальному анализу условий метаморфизма и метасоматоза в наиболее глубинных коровых породах. В первом защищаемом положении обосновывается выделение двух этапов гранулитового метаморфизма (M1 и M2). Для этого привлечены результаты геологических наблюдений, парагенетический анализ и термобарометрические данные, полученные с привлечением метода TWEEQU и химических анализов минералов. Здесь же приведены результаты датировок по цирконам.

Содержание второго защищаемого положения относится к метасоматическим процессам, которые проявились на фоне гранулитового метаморфизма. РТ параметры минералообразования метасоматитов определялись с использованием того же TWEEQU метода. На основании масс-спектрометрических измерений изотопного состава кислорода показано, что полученные данные хорошо согласуются с результатами термобарометрии.

В третьем защищаемом положении, базирующемся на геолого - структурных наблюдениях, расчетах величин активности воды, изотопного состава кислорода породообразующих минералов, изотопного состава углерода графита из метасоматических пород, а также изотопного состава аргона из газово-жидких включений в минералах обосновывается вывод, что в исследованных автором сдвиговых зонах флюидные потоки при метаморфизме и при метасоматических процессах обладали высокой активностью воды.

Защищаемые положения, как это следует из автореферата и многочисленных публикаций в рецензируемых и не рецензируемых изданиях, представляются достаточно обоснованными. Следует подчеркнуть, что на работы Ю.М.Лебедевой есть ссылки в зарубежных журналах (см., например, *Geoscience Frontiers* xxx 2014, 1-46), а это говорит о международной значимости результатов исследований, полученных с ее участием. У рецензента есть всего лишь одно замечание. Категорически не могу согласиться с тем, что показателем равновесности сосуществующих минералов является пересечение трех (или более) независимых реакций в одной точке (стр.4). Данный подход ничем не обоснован и является предельно примитивным. Широкое распространение в метаморфических породах химически неоднородных минералов (плагноклазы, пироксены, гранаты и т.д.), корониты, продукты распада и другие признаки свидетельствуют об обратном. Естественно, равновесие при метаморфизме (и при метасоматозе) в каждый конкретный момент времени реализуется, но в каком объеме это происходит и можно ли «заморозить» составы сосуществующих фаз до выхода их на поверхность никому не известно. В каждом конкретном случае речь может идти только о некотором приближении к данному состоянию. С другой стороны, TWEEQU методом определения РТ параметров минералообразования многие пользуются, а поэтому винить в его недостатках только соискателя вряд ли будет справедливым. Своим замечанием рецензент настоятельно



рекомендует автору автореферата задуматься над сказанным. Оценки равновесности-неравновесности должны базироваться на других признаках.

Считаю, что работа «Метасоматические процессы при высоких температурах и давлениях в Лапландском гранулитовом поясе (на примере Порьегубского покрова)» отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук, а ее автор, Юлия Михайловна Лебедева, заслуживает присуждения ей искомой степени.

Лепезин Геннадий Григорьевич. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки, Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева, Сибирское отделение Российской академии наук (ИГМ СО РАН). Адрес: Российская Федерация, 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга, 3. Заслуженный геолог России, доктор геолого-минералогических наук, профессор. Тел.: (мб.) 89130654291, электронная почта [lepezin@igm.nsc.ru](mailto:lepezin@igm.nsc.ru)



Г.Г. Лепезин

17.02.2015г.

**ПОДПИСЬ УДОСТОВЕРЯЮ**

**ЗАВ. КАНЦЕЛЯРИЕЙ**

**У.В. ГАЛЬЦОВА**

17.02.2015г.

## О Т З Ы В

на автореферат кандидатской диссертации Лебедевой Ю.М.  
“Метасоматические процессы при высоких температурах и давлениях в Лапландском гранулитовом поясе (на примере Порьегубского покрова)”

Представленная работа посвящена одному из актуальных направлений петрологических исследований – реконструкции процессов формирования и эволюции метаморфических пород. Получаемая при этом информация играет важную роль при анализе тектонической обусловленности метаморфизма.

В качестве объекта исследования были выбраны очень интересные породы Лапландского гранулитового пояса, относящиеся к ультравысокотемпературным (УНТ) метаморфическим породам гранулитовой фации (Kesley & Hand, 2014). Проявление такого типа метаморфизма при умеренном давлении в региональном масштабе свидетельствуют о наличии в пределах нижней коры аномально высокотемпературных зон, которые не учитываются в современных тектонических и реологических моделях. Всего в мире известно около 60 ультравысокотемпературных комплексов; проблема повышенного теплового потока в нижней коре, необходимого для их образования, остается дискуссионной.

Значительный интерес и актуальность представляют и обнаруженные автором *P-T* эффекты, сопровождающие интенсивные сдвиговые деформации метаморфических пород. Они имеют непосредственное отношение к трактовке геологических наблюдений в зонах хрупко-пластических деформаций (Кайбышев и Фаизова, 1998). Перспективным продолжением этих исследований может рассматриваться решение проблемы ускорения массопереноса и скорости химических реакций при деформациях. Не менее важным представляется и выяснение вопроса о соотношении литостатического и ориентированного (стресс/деформации сдвига) давления в сдвиговых зонах. Так, современными численными экспериментами установлено двухкратное превышение тектонического сверхдавления над литостатическим в присутствии флюида в сдвиговых зонах на уровне верхней и средней коры (Petrini & Podladchikov, 2000; Schmalholz & Podladchikov, 2013), что требует подтверждения природными наблюдениями.

Из знакомства с авторефератом Ю.М. Лебедевой вытекает, что наряду с традиционными геологическими и минералого-петрографическими методами изучения объекта, применялись новейшие инструменты анализа вещества на уровне современных знаний. Это способствовало корректному решению поставленных проблем.

Большинство основных положений диссертации представляются достаточно обоснованными. Полученные результаты отражены в опубликованных статьях в рецензируемых журналах, неоднократно обсуждались на совещаниях самого различного ранга и известны специалистам по метаморфической петрологии. **Всё это свидетельствует о достойном качестве научной продукции, созданной в элитной “лагедовской” метаморфической школе.**

В целом, я очень высоко оцениваю результаты этой работы, которые вносят существенный вклад в усовершенствование методики изучения полиметаморфических комплексов, в учение о метаморфизме.

Но у меня также есть ряд вопросов и советов, которые позволят автору избежать проблем в будущих исследованиях.

(1) Известно, что применение традиционных минералогических геотермометров, основанных на железо-магнезиальном обмене, для оценок в НР и УНР породах имеет существенные ограничения (Pattison et al., 2003). Но, как бы старательно ни считались *T* и *P* с помощью программ типа TWQ или каких-то других, полученные термодинамические параметры для вышеназванных пород обязательно требуют ручной корректировки – по классическим термометрам и барометрам. Как это принято в современной петрологической литературе.

(2) На мой взгляд, при исследовании не достаточно полно использовалась информация о химических составах породообразующих минералов изученного региона. Очень странно, что в автореферате автор не привел собственные данные по особенностям распределения микроэлементов (Скублов и Лебедева, 2007), интерпретация которых перспективна для решения многих генетических проблем. Для этого в литературе разработаны критерии использования особенностей геохимии редких, в том числе редкоземельных, элементов в породообразующих минералах в качестве индикаторов последовательности минералообразования, термодинамических параметров процессов, выделения этапов, оценки их длительности и пр. Возвращаясь к предыдущему пожеланию, с использованием этих данных можно было применить методы “trace element geothermometry”. Автор обошел вниманием эти моменты.

(3) Следует указать, кто автор  $P$ - $T$  решетки на стр. 10, на которой суммированы термодинамические расчеты?

(4) Очень смелой выглядит главная “изюминка” работы – последнее защищаемое положение о высоком потенциале воды в гранулитовых провинциях. Последнее слово о составе летучих компонентов остается за *in situ* изучением флюидных включений. Но следует отметить, что аналогичные величины состава флюида были ранее рассчитаны для метаморфических пород Джугджуро-Становой складчатой области при близких  $P$ - $T$  параметрах метаморфизма (Александров, 2010). Действительно, эти результаты резко отличаются от классических моделей флюидного режима, разработанных на примере гранулитовых комплексов Сибирского кратона (например, Маракушев, 1973; или модель с экстремумом  $P_{H_2O}$  (Перчук, 1973). Но, в особенностях флюидного режима ДССО проявлена специфика коллизионного метаморфизма, когда роль мантийных плюмов сводится к минимуму. Это кажется правдоподобным, т.к. мантийные флюиды должны нести больше  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $N_2$  и  $CH_4$ , а более водные по составу флюиды буферизируются минеральными ассоциациями породы и контролируются возможным поступлением существенно водородных флюидов, окисляющихся в процессе метаморфизма до воды (Авченко и др., 2011). Поскольку, по мнению автора, существенно водный метасоматоз лапландских гранулитов был обусловлен флюидными потоками мантийной природы, то необходимо объяснение этому феномену.

В заключение следует отметить, что сделанные замечания относятся к разряду дискуссионных и не снижают общей положительной оценки представленной работы.

В целом, автореферат написан ясным научным языком, а достоверность выводов подтверждается богатым фактическим материалом, скрупулезностью минералогическо-петрографических исследований с разнообразием методических подходов. Таким образом не вызывает сомнений, что работа Юлии Михайловны Лебедевой выполнена на хорошем профессиональном уровне и полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04 – петрология, вулканология.

Ведущий научный сотрудник лаб. метаморфизма и метасоматоза (e-mail: likh@igm.nsc.ru)

Д.Г.-М.Н.

Лиханов Игорь Иванович

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук; г. Новосибирск, пр. ак. Коптюга, д.3, Новосибирск-90, 630090; тел: +7 (383) 333-26-00; e-mail: director@igm.nsc.ru

г. Новосибирск  
5 февраля 2015 г.

ПОДПИСЬ УДОСТОВЕРЕН  
ЗАВ. КАНЦЕЛЯРИЕЙ  
У.В. ГАЛЬЦОВА

05.02.2015г.

## О Т З Ы В

*На автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук Ю.М.Лебедевой «Метасоматические процессы при высоких температурах и давлениях в Лапландском гранулитовом поясе (на примере Порьегубского покрова)».*

Диссертационная работа Ю.М.Лебедевой посвящена малоизученной и поэтому актуальной теме исследованию механизмов и условий образования метасоматитов в условиях экстремально высоких Р-Т параметров. В практическом отношении работа, посвященная этой теме является важной, поскольку такие породы формируются в корневых частях зон сдвиговых деформаций (ЗСД) в метаморфических комплексах, которые в своих верхних частях несут промышленно- значимую минерализацию золота, урана, палладия. Понимание процессов в глубинных частях ЗСД, и, в частности, закономерностей формирования флюидных потоков в их пределах, несомненно, позволит обоснованно оценивать металлогенический потенциал таких образований.

Три защищаемых положения удачно сформулированы и лаконично обоснованы.

Вопросы по защищаемым положениям таковы:

1. По второму защищаемому положению: чем можно объяснить, что метасоматические процессы, начавшись при пиковых значениях Р-Т параметров, продолжались на ретроградной стадии в отдельных зонах? В чем особенность таких зон?

2. По третьему защищаемому положению: с чем может быть связано повышение активности воды во флюиде при метасоматозе, по сравнению с метаморфической стадией?

Отмечу, что изотопные исследования, выполненные комплексом методов геохронологии и геохимии изотопов, допускают достаточно однозначную интерпретацию, именно благодаря высококачественной петрографо – петрологической подготовки материала.

Хочется пожелать автору дальнейших успехов в исследовании эндогенных пород с применением комплексных петролого-изотопных методов исследования вещества.

Работа Ю.М.Лебедевой выполнена на высоком научном уровне, полностью отвечает требованиям предъявляемыми к кандидатским диссертациям, и автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04 «петрология, вулканология».

26.02.2015

Ведущий научный сотрудник

Центра изотопных исследований ВСЕГЕИ

ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский

Геологический институт им. А.П.Карпинского»

197106, СПб, Средний, 74

328-90-85 Kirill\_Lokhov@vsegei.ru

Зав. каф. изотопной геологии

ИНЗ СПбГУ k.lokhov@spbu.ru

кгмн



Кирилл Игоревич Лохов

Подпись руки тов. *Лохова*  
по месту работы удостоверяю  
Зав. Общим Отделом ВСЕГЕИ  
*26* ..... *02* ..... 2015.  
С.-Петербург, В.О., Средний пр., дом 74



## О Т З Ы В

на автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук **Лебедевой Юлии Михайловны**.

Исследования Ю.М.Лебедевой посвящены недостаточно изученным и дискуссионным проблемам геологической и петрологической природы метаморфических и метасоматических процессов высоких температур и давлений в породных комплексах, подобных Лапландскому гранулитовому поясу. Поэтому актуальность исследований, их важное теоретическое и потенциальное прикладное значение бесспорны.

Диссертация является результатом многолетних исследований автора, она основывается на большом авторском фактическом геологическом и петрологическом материале, анализ которого выполнен с применением современных методов оценки термодинамических условий образования минеральных ассоциаций и парагенезисов, использованием данных изотопных геохронологических исследований и модельных расчетов флюидного режима.

Основные защищаемые положения в автореферате адекватно обоснованы результатами исследований, которые несомненно обладают определенной новизной, прежде всего в части термодинамических данных и выводов о флюидном режиме.

Хотелось бы отметить дополнительно несколько моментов, заслуживающих дополнительного обсуждения.

Так, автором возраст протолита метасоматизированных пород оценивается в  $1963 \pm 7$  млн. лет (рис.4), в то же время известно, что некоторые исследователи рассматривают образования рассматриваемого комплекса как изначально сумийские или как тектоническую смесь архейских и раннепротерозойских пород.

Представляются не вполне убедительными выводы автора о том, что ранний гранулитовый метаморфизм ( $M_1$ ) был обусловлен погружением и прогревом комплекса пород. Общая инвертированная метаморфическая зональность Лапландско-Колвицкого пояса в большей мере свидетельствует о том, что метаморфизм гранулитовой фации имел изначально тектоническую природу, а не являлся следствием простого погружения.

Не совсем раскрыта и природа «субизотермической декомпрессии» на заключительном этапе развития процессов. Автор справедливо отмечает, что кордиерит-силлиманитовые ассоциации соответствуют позднему этапу преобразований, но вряд ли стоит рассматривать их как «происходящие при затухании процессов перед выведением пород на поверхность».

В целом, можно заключить, что исследование Ю.М.Лебедевой является несомненным весомым вкладом в наши знания о процессах глубинного петрогенезиса, сопряженных с дифференцированными тектоническими

деформациями. Они одновременно акцентируют внимание на целесообразность дальнейших исследований, прежде всего, на наш взгляд, геохимии, рудообразующей роли и природы флюидов, в том числе гидротермально-метасоматических процессов постгранулитовых этапов развития.

Работа Ю.М. Лебедевой в полной мере отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Её автор продемонстрировал высокую компетентность и эрудицию, владение современными методами петрологических, геохронологических и геохимических исследований и заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04 – петрология, вулканология.

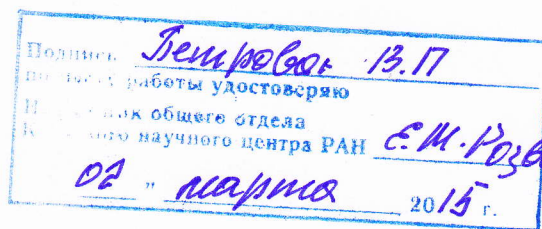
26 февраля 2015

Петров В.П.

Петров Валентин Петрович,  
ФГУН Кольский научный центр РАН,  
184209, Мурманская область,  
г. Апатиты, ул. Ферсмана, 14,

тел. (81555)76-539. E-mail: [petrov@admksk.apatity.ru](mailto:petrov@admksk.apatity.ru)

Заместитель председателя КНЦ РАН, доктор геолого-минералогических наук, профессор.



## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Юлии Михайловны Лебедевой  
«Метасоматические процессы при высоких температурах и давлениях в  
Лапландском гранулитовом поясе (на примере Порьегубского покрова)»,  
представленной на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук  
по специальности 25 00 04 – петрология, вулканология

Проблемы влияния метасоматических процессов на формирование и изменение минеральных ассоциаций метаморфических пород гранулитовой фации, несмотря на усилия различных исследователей, упомянутых автором диссертации, безусловно, остаются важными и актуальными. И Ю.М.Лебедевой в своей работе удалось достичь значительного прогресса в их изучении в конкретном геологическом объекте, способствуя таким образом пониманию общих закономерностей глубинного петрогенеза. При этом впечатляет значительный объем оригинального фактического материала, который получен, детально описан и тщательно проанализирован автором диссертационной работы, а также многообразие использованных методов, которые позволили ей создать цельную картину эволюции метаморфизма Порьегубского тектонического покрова юго-восточной части Лапландского гранулитового пояса. Обоснованность защищаемых положений не вызывает сомнений.

Возможно, сжатый объем автореферата не позволил автору детальнее осветить связь с метасоматическими процессами кордиеритсодержащих паргенезисов, устойчивость которых напрямую связана с активностью компонентов флюида. В частности, не указано происхождение линий реакций с участием кордиерита на рисунке 8, положение которых зависит от флюидного режима. Впрочем, это замечание не затрагивает достоверность главных результатов диссертации.

Ю.М. Лебедева уже хорошо известна по своим опубликованным работам как вдумчивый исследователь, который давно работает на самом высоком уровне, и представленная диссертация это наглядно демонстрирует, предлагая новые интересные результаты. Работа «Метасоматические процессы при высоких температурах и давлениях в Лапландском гранулитовом поясе (на примере Порьегубского покрова)» без сомнения соответствует всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а Юлия Михайловна Лебедева, заслуживает присвоения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

*К.К. Подлесский*

Подлесский Константин Константинович,  
кандидат геолого-минералогических наук,  
старший научный сотрудник лаборатории метаморфизма и метасоматизма  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Институт геологии рудных месторождений, петрографии,  
минералогии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН)  
109017, Москва, Старомонетный пер., д. 35  
Тел.: 8 (499) 230-84-97 (раб.), 8 (499) 461-07-38 (дом.). Факс: 8 (495) 951-15-87  
Электронная почта: kkr@igem.ru





### Отзыв

на автореферат диссертационной работы Лебедевой Юлии Михайловны «Метасоматические процессы при высоких температурах и давлениях в Лапландском гранулитовом поясе (на примере Порьегубского покрова)», представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук (специальность 25.00.04 – петрология, вулканология)

Представленная работа посвящена исследованию геологических и физико-химических условий проявления высокотемпературного высокобарического метасоматоза при РТ – параметрах гранулитовой фации, установлению генезиса флюидной составляющей. Автором детально исследованы зоны пластических сдвиговых деформаций Порьегубского тектонического покрова юго-восточного Кандалакшско-Умбинского фрагмента Лапландского гранулитового пояса Балтийского щита.

Полученные данные позволили установить, что гранулитовый метаморфизм исследуемого региона был двухстадийным. Сближенные по времени (SIMS SHRIMP II, Sm-Nd, Rb-Sr) стадии отличались по Р – Т условиям, метасоматические процессы были проявлены на более поздней стадии. Автором выполнены термобарометрические исследования (метод TWEEQU) условий формирования кристаллических сланцев обеих стадий. Установлено закономерное повышение давления по мере приближения к зонам интенсивных сдвиговых деформаций.

На основании геолого-структурных и петрографических данных, материалов детального картирования метасоматической зональности, термодинамических расчетов, результатов исследования изотопного состава кислорода в минеральных фазах метасоматитов автором определены параметры метасоматического окварцевания (кислотного выщелачивания) и Fe-Mg метасоматоза (базификации). Установленный автором тренд изменения Р – Т параметров позволил обосновано выделить динамические условия стадий метаморфизма – погружение и прогрев на первой стадии, быстрая компрессия, разогрев и метасоматоз в начале второй стадии, метасоматические процессы на фоне декомпрессии и охлаждения, субизотермическая декомпрессия при выводе на поверхность.

Расчет величин активности воды (метод TWEEQU) позволил установить высокую степень активности воды как при метаморфизме гранулитовой фации обеих стадий, так и при метасоматозе, сопровождавшем позднюю фазу.

Полученные автором данные по изотопному составу кислорода, углерода, аргона свидетельствуют о кратковременности метасоматической переработки гранулитов при пиковых условиях метаморфизма и о мантийной природе флюидных потоков.

Достоинства работы очевидны – исследования, проведенные с использованием современных аналитических методов и программных разработок, позволили автору построить модель метаморфических преобразований одного из регионов Балтийского щита, что является ценным вкладом в развитие представлений о геодинамике Фенноскандии в докембрии. Установлена высокая активность воды при гранулитовом метаморфизме и метасоматозе в высокопроницаемых НТ – НР зонах.

**К числу недостатков работы** следует отнести отсутствие геохимических исследований по установленным стадиям метаморфизма и метасоматической зональности, что позволило бы сделать работу более интересной.

Судя по автореферату и публикациям, работа Ю.М. Лебедевой в полной мере отвечает требованиям Положения ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор диссертационной работы – Юлия Михайловна Лебедева заслуживает искомой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Рыборак Максим Валентинович

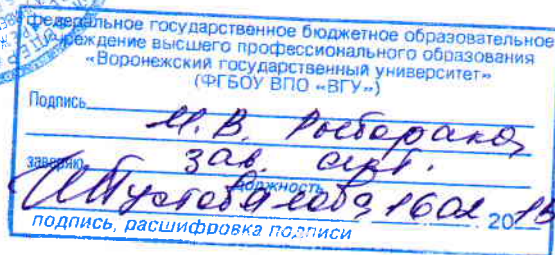
кандидат геолого-минералогических наук  
доцент кафедры минералогии,  
петрографии и геохимии  
Воронежского государственного университета

394006, Университетская пл. 1, Воронеж

Воронежская область, Россия

Тел. +7(473)2207966

ryborak.mv@gmail.com



## ОТЗЫВ

на автореферат кандидатской диссертации Ю.М. Лебедевой «Метасоматические процессы при высоких температурах и давлениях в Лапландском гранулитовом поясе (на примере Порьегубского покрова)»

Диссертационная работа Ю.М. Лебедевой основана на материалах многолетних личных исследований метаморфических и метасоматических процессов в классическом Лапландском гранулитовом поясе на Кольском полуострове.

К безусловным достижениям диссертанта относится получение первых современных термобарометрических данных о процессах метаморфизма и метасоматизма в среднепалеопротерозойской Порьегубской зоне сдвиговых деформаций, происходивших в условиях высоких температур и давлений. Кроме того, ею впервые были установлены две стадии метаморфизма гранулитов и определен  $P$ - $T$  тренд эволюции пород.

Особый интерес представляет 3-е защищаемое положение, посвященное флюидным потокам в зоне сдвиговых деформаций, обладавшие высокой активностью воды как при метаморфизме, так и при метасоматозе. В этой связи меня удивляет заключение диссертанта о том, что эти флюидные потоки имеют мантийное происхождение: насколько мне известно по мантийным ксенолитам, вода в мантии находится в дефиците и образовать теплонесущий поток, ответственный за гранулитовый метаморфизм в средней коре, вряд ли сможет. Скорей всего, разогрев пород был связан с мощной фрикционной теплогенерацией в зоне сдвиговых деформаций, а вода имела коровое происхождения.

Высказанное замечание имеет дискуссионный характер и не влияет на положительную оценку работы, которая полностью отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 25.00.04 - петрология, вулканология, а ее автор, Ю.М. Лебедева, заслуживает искомой степени.

Ведущий научный сотрудник лаборатории петрографии ИГЕМ РАН  
доктор геол.-мин.наук, профессор

*ЕШУШ*

Евгений Витальевич Шарков

ФГБУН Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН), 119017 Москва, Старомонетный пер., 35., тел. 8-499-230-8279, e-mail: sharkov@igem.ru.

