

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук
Митяева Александра Сергеевича
на тему: «Флюидно-магматическое взаимодействие гранулитового
комплекса и кратона на примере комплекса Лимпопо и кратона Каапвааль, ЮАР»
по специальности 1.6.3 – «Петрология, вулканология»

Формирование и эволюция континентальной коры в докембрии являются одной из ключевых проблем современной геологии (например, Condie et al., 2009). Неотъемлемой составляющей докембрийской континентальной коры выступают высокотемпературные породы гранулитовых комплексов (Rudnick, Fountain, 1995). Наиболее интересными для исследования являются проявления гранулитов докембрийских протяженных поясов, расположенные между консолидированными блоками континентальной коры (кратонами). Одним из **актуальных направлений**, затронутых в исследовании в рассматриваемой диссертационной работе, является исследование петролого-геохимических и геодинамических процессов в гранулитовых комплексах, сформированных (эксгумированных) на границах кратонов. **Научная новизна** исследования заключается в проведении систематических экспериментальных исследований метаморфических преобразований и частичного плавления карбонатсодержащих пород при P-T условиях высокотемпературного метаморфизма в средней и нижней коре.

Диссертация состоит из введения, семи глав, заключения, списка литературы и приложения. Во введении автор обосновывает актуальность работы, ее новизну, формулирует цели и задачи исследования, конкретизирует объекты исследования, перечисляет научные положения диссертации, представляемые на защиту.

Первая глава традиционно несет информацию о состоянии научной проблемы и дает представление о роли гранулитов в строении Земной коры. Специально рассмотрены вопросы о вкладе CO₂ в образование гранулитов и сопутствующих им гранитоидных магм, при этом отдельно обобщены (по литературным данным) геологические наблюдения и результаты экспериментов. Эта глава демонстрирует эрудицию диссертанта и его умение работать с современными литературными источниками.

Во **второй главе** с достаточной степенью детализации перечислены методы исследования, применявшиеся в работе, а также фактический материал. Наиболее подробно

изложена методика экспериментальных исследований, составляющих «изюминку» рассматриваемой диссертации.

В третьей главе рассмотрено геологическое положение гранулитового комплекса Лимпопо и кратона Каапвааль. Такая глава является традиционной для любой диссертации по геолого-минералогическим наукам.

В четвертой главе, основной по объему и по вкладу в обоснование защищаемых положений, рассмотрена роль углекислых флюидов в формировании гранитоидов Южной краевой зоны комплекса Лимпопо.

В пятой главе обсуждаются изотопные характеристики карбонатов пород зеленокаменного пояса Гияни как индикатор возможного источника флюидов в гранулитовом комплексе Лимпопо. Эта глава диссонирует с предыдущей, в ней всего три страницы текста и два рисунка. Было бы более уместно включить ее в предыдущую главу самостоятельным подразделом, тем более, что смысловая нагрузка этой главы заключается в обосновании появления углекислых флюидов, действовавших на обоснование гранитоидов.

В шестой главе приведены результаты экспериментального и термодинамического моделирования, глава заканчивается обсуждением этих результатов.

Седьмая глава, составляющая менее четырех страниц текста, на взгляд оппонента, выделена искусственно. По сути дела, она является реферативной и может быть, без какого либо ущерба для восприятия, перенесена в конец предыдущей главы, где также обсуждаются вопросы петрогенезиса.

В заключении сформулированы выводы диссертационного исследования.

Защищаемых положений в работе четыре. Такое количество нехарактерно для кандидатской диссертации и только вызывает вопросы, насколько это обосновано. Вводная часть первого и второго положения явно повторяют друг друга. В обоих положениях идет речь о включениях в гранате из лейкократовых гранитоидах. В **первом положении** защищается генезис карбонатно-силикатных включений в гранате. Если перефразировать, то такие включения – это результат взаимодействия минерала (граната) и соответствующего флюида. Но разве есть какой-то иной вариант объяснения появления таких включений в минерале, кроме как взаимодействие с минералом-хозяином? В такой формулировке защищается трюизм, никем не оспариваемый. Или весь смысл в том, что такие включения являются крайне нехарактерными для гранатсодержащих гранитоидов?

Второе положение «защищает», что флюид сосуществовал с гранитной магмой при ее внедрении в гранулиты в такое-то время. Термин «сосуществовал» весьма

неопределенный, и не конкретизирует генетическую связь гранитной магмы и флюида. Если упростить, то варианта два – или флюид является производным этой расплава (предположим их генетическую связь), или он образовался в другом месте и в других условиях, и далее был пространственно совмещен с гранитной магмой. Для обеих ситуаций уместно употребление термина «сосуществовал». В формулировке положения указан возраст внедрения гранитов. Разве это научный результат диссертанта? В диссертации вообще нет оригинальных результатов датирования. Абсолютное время внедрения гранитов как-то влияет на их взаимодействие с флюидом? Если возрастные реперы так важны для понимания положения, то почему не отмечен возраст гранулитового метаморфизма? С другой стороны, зачем в обоих положениях (как и в названии диссертации) отмечать, что гранулиты Пояса Лимпопо расположены в пределах государства ЮАР? Этот Пояс является достаточно крупной и известной геологической структурой. Политические аспекты не принято подчеркивать в защищаемых положениях в естественно-научных диссертациях. По крайней мере, можно было обойтись нейтральным географическим местоположением «Южная Африка».

По мнению оппонента, первое и второе защищаемые положения представляют собой искусственно (и не вполне удачно) разделенное единое положение.

Третье положение указывает на вероятный источник водно-углекислых флюидов на основании анализа изотопного состава углерода и сравнении этих данных с результатами других исследований. С одной стороны, эти выводы базируются всего на 5 пробах, контрастно отличающихся по составу. С другой стороны, изотопный состав кислорода (который не использован в обосновании защищаемого положения) указывает, что эти пять проб карбонатов распадаются на две контрастные группы – с более низкими значениями изотопных отношений, и с более высокими (карбонат из двух образцов гнейсов). Рассматривать эти карбонаты как единое целое – не вполне корректно. По обеим изотопным системам сдвиг изотопных отношений составляет до 3-5 промилле. Карбонат из гнейсов, вероятно, образован в результате воздействия на эти гнейсы флюида, связанного с осадочными породами. Флюид, приведший к образованию карбоната в метабазитах, имеет иную природу, конкретизировать которую, с таким объемом информации, затруднительно. Литературные данные по изотопному составу по региону, которые использует для сравнения диссертант, перекрывают весьма широкий диапазон как осадочного генезиса, так и ювенильных источников. Иными словами, выводы защищаемого положения не столь однозначны. Да, породы зеленокаменных поясов кратона Каапваль могли служить источником флюидов, но с такой же вероятностью источник мог быть и иным. Возможно,

что установить истину способствовали бы данные по изотопному составу стронция в карбонатах ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -отношение).

Четвертое положение определяет P-T параметры формирования гранитного расплава и водно-углекислого флюида. Хотелось бы получить более определенный ответ на вопрос – из одной и той же породы был получен и гранитный расплав, и водно-углекислый флюид? Насколько карбонат парагенен с биотитом в этом гнейсе? Если карбонат вторичный, то исходный гнейс претерпел слишком сложную историю преобразования, чтобы можно было однозначно конкретизировать условия его плавления с отделением соответствующего флюида.

Выводы автора подкреплены аналитическими данными, которые представлены в табличной форме в Приложении.

Автор использовал методы исследования, адекватные поставленным задачам и позволившие получить достоверные аналитические результаты. Результаты исследований апробированы в докладах, представленных на всероссийских и международных конференциях, а также опубликованы в 5 статьях в журналах из списка Высшей аттестационной комиссии (в том числе, в журнале *Gondwana Research*, относящемся к Q1), что подтверждает достоверность и новизну полученных результатов.

Диссертация, по мнению оппонента, представляет собой законченную и непротиворечивую петрологическую модель флюидно-магматического взаимодействия гранулитового комплекса с кратоном. Ценность исследования заключается в сочетании природных наблюдений и проведении экспериментов, позволяющих автору «заглянуть» в скрытые от нас этапы эволюции пород и расшифровать природные процессы. Проведенное исследование вносит заметный вклад как в метаморфическую петрологию и петрологию флюидных процессов, так и в область экспериментальной петрологии.

У оппонента имеется ряд замечаний по тексту диссертации.

1. В первой главе автор утверждает, что «В структуре древней континентальной коры можно выделить два принципиальных типа проявлений гранулитов - «интракратонные», залегающие в основании кратонов (и появляющихся на поверхности в виде ксенолитов в магмах), и гранулиты из комплексов регионального метаморфизма, расположенные по границам кратонов и занимающие площади сотни и тысячи км².» А куда отнести гранулиты Анабарского щита, составляющие практически всю часть кратона?

2. На 12 странице появляется термин «сагдукция», а его определение – только на 21-й странице.

3. Что такое «активная циркуляция отдельных блоков гранулитов вокруг интрузий» (стр. 15)?

4. На стр. 37 приведены результаты датирования Pb/Pb методом граната (пиральспита) и ставролита. Вообще-то, эти два минерала одни из самых неудачных геохронометров для датирования U-Pb методом. Автору следовало провести критический анализ опубликованных геохронологических данных по региону исследования.

5. На стр. 41 и ниже приводятся определения P-T параметров для нескольких реперных образцов с точностью до 5°C и 0.1 кбар. На основании этих расчетов реконструируется тренд метаморфизма и делается вывод об отнесении данных образцов к различным уровням Земной коры. Автор игнорирует тот факт, что погрешность термометра и барометра, как правило, не может быть меньше 50-70°C и 0.5-1.0 кбар, соответственно. Следовательно, различия в глубине погружения различных блоков метапелитов недостаточно обоснованы.

6. Стр. 55 – нет расшифровки для индекса MALI.

7. Стр. 59 – вместо промилле (‰) приведено обозначение процентов (%).

8. На рис. 24 (спектры редкоземельных элементов) из ряда REE выпали Pm (прометий) и Tm (тулий).

9. В списке литературы из 154 наименований только 3 ссылки на отечественные источники. С одной стороны, знание современных зарубежных источников похвально. С другой стороны, в диссертации довольно много объема уделено генезису гранулитов, процессам ультраметаморфизма, взаимодействию флюид-порода. Почему же нет ссылок на работы таких исследователей как В.А. Глебовицкий, И.С. Седова, Л.Я. Аранович, С.А. Бушмин, много работавших и продолжающих работать в этой области?

Вместе с тем, приведенные замечания скорее адресованы автору применительно к его будущей научной деятельности и не умаляют значимости состоявшегося диссертационного исследования. Автореферат соответствует тексту диссертации. Соискатель имеет достаточное количество публикаций (5 статей) в рецензируемых изданиях. Результаты работы неоднократно представлялись на конференциях различного ранга и научных семинарах.

Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.6.3 – «Петрология, вулканология», а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также оформлена,

согласно приложениям № 8, 9 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Митяев Александр Сергеевич **заслуживает** присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.3 – «Петрология, вулканология».

Официальный оппонент:

доктор геолого-минералогических наук, доцент,
главный научный сотрудник Лаборатории геологии и геодинамики
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и геохронологии докембрия РАН (ИГГД РАН)

Скублов Сергей Геннадьевич

Контактные данные:

тел.: +7(921)6508570, e-mail: skublov@yandex.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: 25.00.09 – геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых

Адрес места работы: 199034, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 2,
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и геохронологии докембрия Российской академии наук (ИГГД РАН)
Тел.: (812)3284701; e-mail: skublov@yandex.ru

... ЗАВЕРЯЮ