

О Т З Ы В

официального оппонента, кандидата геолого-минералогических наук Гриценко Юлии Дмитриевны на диссертацию Стативко Владислава Сергеевича на тему: «Минералогическо-геохимические особенности и природа силикатно-карбонатных пород в обрамлении массивов кусинско-копанского интрузивного комплекса Южного Урала», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поиска.

Диссертация В.С. Стативко посвящена изучению природы и происхождения силикатно-карбонатных пород, в работе детально описаны минеральные ассоциации силикатно-карбонатных пород, выявлены закономерности распределения редких и редкоземельных элементов в силикатно-карбонатных породах и их основных минералах, определены геохимические и Sr-изотопные характеристики карбонатов, установлены основные этапы формирования силикатно-карбонатных пород, определен возраст гранат-содержащих ассоциаций (около 500 и 320 млн лет).

1. Актуальность темы диссертации

Актуальность темы диссертационного исследования обусловлена не прекращающейся на протяжении многих лет дискуссией о происхождении силикатно-карбонатных пород в обрамлении массивов кусинско-копанского интрузивного комплекса, вскрытых многочисленными минеральными копиями еще в XIX-XX веках. Различные исследователи по-разному объясняют образование этих пород, в том числе в рамках контактово-метасоматической (скарновой), метаморфической (родингитовой) и карбонатитовой моделей. Однако многие вопросы, касающиеся механизмов образования рассматриваемых силикатно-карбонатных пород, остаются открытыми.

2. Научная новизна диссертации

Владиславом Сергеевичем были впервые получены данные по содержанию и закономерностям распределения редких и редкоземельных элементов в гранатах, титаните и везувиане из силикатно-карбонатных пород, представленных силикатными мраморами, скарнами, родингитоподобными породами и кальцит-силикатными жилами. Были получены первые данные по Sr-изотопной системе карбонатов силикатно-карбонатных пород из обрамления массивов кусинско-копанского интрузивного комплекса. Получены первые данные о возрасте гранатов (около 320 млн лет), входящих в состав кальцит-силикатных жил, секущих силикатные мраморы, родингитоподобные породы и скарны.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

ОТЗЫВ

ВХ.09-407 от 21.12.25
ЛВ УО

Достоверность результатов проведенных исследований обоснована использованием адекватных методов определения химического состава как видообразующих, так и редких примесных элементов, использованием международных стандартов для проведения анализов, воспроизводимостью результатов с использованием различных приборов, а также подкреплена представительным геологическим материалом, отобранным автором во время полевых работ на южно-уральских минеральных коях.

Применение современных методик в комплексе с передовыми аналитическими методами исследования позволило получить представительные данные по химическому составу силикатно-карбонатных пород, породообразующих и акцессорных минералов, изотопные характеристики карбонатов, а также U-Pb возраст гранатов, послужившие основой для дальнейшего установления природы силикатно-карбонатных пород и этапов их образования.

4. Научные результаты, их ценность

Диссертация состоит из введения, пяти глав с выводами по каждой, заключения, списка использованной литературы из 184 наименований, 50 рисунков, 27 таблиц и 8 приложений. Каждая глава завершается краткими выводами, позволяющими подвести итог приведенной в главе информации.

В разделе *«Введение»* обсуждается актуальность и степень разработанности темы, указываются объект, цель и задачи, формулируются защищаемые положения.

В *первой главе «Состояние проблемы»* кратко обсуждаются история исследования силикатно-карбонатных пород на Южном Урале, степень минералогической и геохимической изученности пород, гипотезы их образования, предлагаемые разными коллективами исследователей.

Во *второй главе* приводится краткое описание использованных в диссертационной работе методов определения химического состава силикатно-карбонатных пород, породообразующих и акцессорных минералов, приводятся характеристики использованных изотопных методов исследования карбонатов и граната. Примечательно, что для оценки возраста силикатно-карбонатных пород, в которых отсутствуют классические минералы-геохронометры, было проведено датирование нетрадиционного минерала-геохронометра – богатого U кальциевого граната,

В *главе 3 «Геологическая характеристика района работ и петрографо-минералогическое описание объектов исследования»* описано не только геологическое строение района исследований, но и приведена детальная характеристика каждой из изучаемых минеральных копей: описано геологическое строение, с привлечением геологических карт, собственных наблюдений, фотографий обнажений, схем и зарисовок, что является безусловным плюсом данной работы. Для каждой и пород приведена петрографическая характеристика, химический состав главных породообразующих, второстепенных и акцессорных минералов.

При этом, к сожалению, минералы и ассоциации описаны в общей куче, и высокотемпературные ассоциации, такие как монтчеллит и форстерит, и низкотемпературные

– серпентин и хлорит, которые образовались в совершенно разных РТ условиях и, вероятно, в разное время.

Также автор, к сожалению, ни в тексте работы, ни в приложении, не приводит пересчитанные составы минералов на формульные коэффициенты. В результате читателю тяжело определить минерал по весовым % оксидов. В частности, вызывает сомнение правомерность отнесения изученного минерала группы апатита, который содержит менее 5 мас. % SiO_2 , и около 6 мас. % SO_3 , к мин.виду – эллистадиту. Если бы автор написал кристаллохимическую формулу, то сам увидел бы, что содержание фосфора превышает содержание Si+S, и данный минерал следует называть апатитом.

В целом, приведенные составы минералов группы апатита вызывают недоумение – сумма мас. % равна или близка к 100. Однако минералы группы апатита содержат добавочные анионы (F, Cl, OH), т.е. количество $\text{H}_2\text{O} + \text{F} + \text{Cl}$ – обычно составляет порядка 6-7 мас. %. Нормировать анализы на 100 % для минералов, содержащих гидроксил-группу – не корректно.

Также при описании Прасковье-Евгеньевской копи автор приводит состав клиногумита, указывая в его составе менее 2 мас. % F. Однако содержание фтора в клиногумите – превышает 6 мас. %. Т.е. описываемый минерал является другим членом группы гумита.

Хочется отметить, что не стоит называть породы, образовавшие в «эндоскарновой» зоне по габброидам – амфиболитами, т.к. амфиболит, по определению, порода метаморфическая. Уместнее было бы породу назвать по минеральному составу, например, плагиоклаз-роговообманковая порода, или кальцит-гастингситовая порода.

Глава 4 посвящена изучению особенностей состава пород и состава «сквозных» минералов, развитых во всех типах силикатно-карбонатных пород: граната, титанита и везувиана. В начале 4-ой главы приводится и обсуждается химический состав изученных силикатно-карбонатных пород в сравнении с составами карбонатитовых комплексов Урала и Тимана.

Однако вызывают сомнения результаты химического состава пород, представленные в таблице 4.1 и на рис. 4.1, и соответствующие выводы, полученные на основе этих данных. Явное несоответствие выражается в том, что содержание петрогенных компонентов, приведенных в таблице, никак не соотносятся с минералогическим составом пород и с составом породообразующих минералов. Например, изученный образец силикатно-карбонатных пород из Перовскитовой копи содержит (примерно): 60 % карбонатов, 30 % силикатов, 10 % брусита. Определенное в пробе содержание SiO_2 составляет около 42 мас. %. В таблице В4 приведен химический состав породообразующих минералов Перовскитовой копи. Содержание SiO_2 в силикатах составляет 32-42 мас. %. Т.е. в породе, содержащей только 30 % силикатов, содержание SiO_2 выше, чем в большинстве силикатов, её слагающих? Таким образом, реальные содержания компонентов (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3) должны быть примерно в 3.5 раза ниже, чем приведенные в таблице и на рисунке, и, получается, они как раз будут близки к содержанию этих элементов в карбонатитах.

В конце раздела 4.1. автором делается вывод «уровень содержания REE в силикатно-карбонатных породах на порядок выше, чем в карбонатных породах саткинской свиты, что может быть обусловлено воздействием габброидов (или габбрового расплава) на карбонатные породы». Однако в силикатно-карбонатных породах Шишимской и Зеленцовской копей содержание REE выше, чем в габброидах. Т.е. такие высокие концентрации REE не могут быть объяснены только контактовым воздействием данных пород.

В разделе 4.2 обсуждаются особенности состава «сквозных» минералов, в том числе граната. Однако автором не совсем корректно пересчитаны многие кристаллохимические формулы граната. В некоторых анализах содержание катионов в позиции X (Ca+Mg) составляет до 3.25 а.ф. Представляется маловероятным, что такие крупные катионы, как кальций занимают одну четверть дополнительных додекаэдрических позиций в структуре. И «подобная особенность может не быть объяснена тем, что в структуру этих гранатов входит не определяемая на ЭДС вода», т.к. вода в структуру граната входит по схеме «гидрогранатового замещения», при которой тетраэдр $[\text{SiO}_4]^{4-}$ замещается на тетраэдр $[\text{вак.}(\text{OH})_4]^{4-}$. Количество остальных катионов и заполняемость других позиций остается неизменной: $X = 3$ а.ф., $Y = 2$ а.ф.

Автор сравнивает состав изученного граната с составом граната скарнов и карбонатитовых массивов. На диаграммах автор сравнивает свои данные с данными для гранатов из УЩК массивов, однако в тексте при обсуждении он сравнивает полученные данные с малоизвестным индийским массивом Амбадунгар-Сайдивасан, состав гранатов от куда, действительно, отличается от состава граната карбонатно-силикатных пород. Однако диапазон значений для карбонатитовых массивов той же Карело-Кольской щелочной провинции значительно шире – от менее чем 0.5 мас. % TiO_2 , ZrO_2 , до более чем 18 мас. %. Непонятно, чем обусловлен выбор именно данного массива для сравнения, хотя данные для сравнения по другим карбонатитовым массивам и скарнам приведены в работах соавторов Владислава (М. Стифеевой, Е. Сальниковой и др.).

Кроме того, на рисунке 4.9. показано очень небольшое поле составов для гранатов скарновых проявлений, и, к сожалению, ни одного российского автора и месторождения. На этой диаграмме сумма Ti-содержащих минералов не превышает 15-20 %. Однако, как опубликовано в многочисленных работах российских исследователей, в скарнах Дашкесана, Гавасая. Хову-Аксов, Алданского нагорья их содержание достигает практически 40-50 %.

Далее в этой главе Владислав убедительно показывает, что геохимические характеристики титанита и везувиана зависят от того, с какими минералами они находятся в парагенезисе. Особенности распределения REE в титаните связаны с составом парагенетических минералов-концентраторов REE. На результатах этого раздела главы 4 формулируется первое защищаемое положение.

При описании состава титанита сказано, что «Изученный титанит ... в скарнах обогащен LREE и Th; в родингитоподобных породах обогащен HREE, ...; по породообразующим

минералам габбро (плаггиоклазу и пироксену), обеднен LREE и обогащен HREE...». При этом, по габбро могут образовываться как скарны (эндоскарновой зоны), так и родингиты. В работе, к сожалению, не указано, в результате какого процесса образовались титанитсодержащие ассоциации по габброидам, и, соответственно, остаётся непонятным правомерность противопоставления скарнов, родингитоподобных ассоциаций и апогаббровых метасоматитов/метаморфитов.

В главе 5 приводятся данные по изотопно-геохимической характеристике силикатно-карбонатных пород и обсуждаются этапы их образования. В этой главе достаточно обосновано показывается различие полученных значений отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ для карбонатов силикатно-карбонатных пород, в сравнении с аналогичными данными для карбонатов из карбонатитов, и близость их с измеренным отношением для доломитов и известняков саткинской свиты. На основе этих данных формулируется второе защищаемое положение, посвященное источнику карбонатного вещества для формирования силикатно-карбонатных пород.

Очень интересные данные получились по возрасту и составу гранатов из различных ассоциаций. Основываясь на результатах изотопных и геохронологических исследований, автором выделено три этапа формирования силикатно-карбонатных пород: в начале среднего рифея, в раннем и позднем палеозое. В конце главы сформулировано третье защищаемое положение, посвященное установленным возрастным рубежам наложенных этапов метаморфических и гидротермально-метасоматических процессов образования гранатсодержащих ассоциаций, установленных U-Pb методом по гранатам.

Установленный возраст граната силикатных мраморов получился близким возрасту родингитов кусинско-копанского комплекса, определенному в (Гекимянц, 2000). Было бы логично сравнить состав изученного граната и граната родингитов. Однако в работе автор сравнивает только свои данные только с составом граната из скарнов и карбонатитов.

Вызывает недоумение таблица 5.2. «Содержание химических элементов и $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ отношение для карбонатной составляющей силикатно-карбонатных пород». Содержание катионов (Ca+Mg+Fe) показывает дичайший разброс - от 35 до 45 мас. %! При теоретическом содержании CO_3 около 60 мас. %. Корректно ли использовать подобные анализы с такой огромной погрешностью измерения? При ошибке измерения (порядка 10 относительных %) приводить значения с точностью до 2-го знака после запятой не очень корректно. Стоило сделать обыкновенный EDS анализ карбонатов, и определить содержание основных компонентов.

В работе сказано: «В кальците содержание Ca находится в диапазоне от 27.4 до 43.3 мас. %, Mg – от 0.20 до 7.20 мас. %, что обусловлено примесью доломита.». Не корректно писать, что в минерале содержание какого-то элемента обусловлено примесью другого минерала.

В заключении работы формулируются основные полученные результаты и указываются перспективные направления для продолжения исследований силикатно-карбонатных пород Южного Урала.

Сделанные замечания не умаляют достоинств работы. Диссертация Стативко Владислава Сергеевича представляет собой законченное исследование, насыщенное новой интересной информацией. Все защищаемые положения в полной мере обоснованы в тексте.

Результаты представленного диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 9 печатных работах (пункты списка литературы № 71-78, 160), в том числе в 3 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Полученные результаты и используемые автором подходы могут быть использованы при исследованиях различных силикатно-карбонатных пород и скарнов. Проведенное исследование вносит ощутимый вклад в установление природы силикатно-карбонатных пород в зоне контакта массивов кусинско-копанского интрузивного комплекса. Полученные результаты исследования минералов из силикатно-карбонатных пород были использованы в отчетных материалах НИР ИГГД РАН «Этапы формирования, палеогеография, литогеохимия и биостратиграфия осадочных последовательностей докембрия и фанерозоя Северной Евразии» (№ FMUW-2021-0003), что зафиксировано в акте внедрения от 22 июля 2025 г.

6. Замечания и вопросы по работе

В работе сказано, что кальцит-силикатные мрамора образовались в ходе метаморфизма по рифейским карбонатным первично осадочным породам. Возникает ряд вопросов:

1. Откуда в осадочных породах такое большое количество титана, для образования перовскита и Ti-содержащих гранатов (содержание Ti в гранатах мраморов значительно выше, чем в скарновых гранатах)?

2. Каков источник фтора в мраморах, для образования клиногумита?

Если источник этих элементов – интрузивные породы кусинско-копанского комплекса, то не понятно, чем эти породы отличаются от скарнов с повышенной долей карбонатного материала?

Можно ли в таком случае утверждать, что они «образовались в ходе метаморфизма», а не в результате контактово-метасоматических процессов (т.е. в процессе скарнообразования, но на большем удалении от интрузива, чем силикатные скарны)?

Если они образовались в едином процессе скарнообразования (но на разной степени удаленности от интрузива), корректно ли тогда их противопоставлять друг другу?

7. Заключение по диссертации

Диссертация Стативко Владислава Сергеевича на тему: «минералого-геохимические особенности и природа силикатно-карбонатных пород в обрамлении массивов кусинско-копанского интрузивного комплекса Южного Урала», представленная на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4. Минералогия,

кристаллография. 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 императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор Стативко Владислав Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Официальный оппонент

доцент кафедры минералогия Геологического
факультета МГУ имени М.В. Ломоносова
кандидат геолого-минералогических наук



Гриценко Юлия Дмитриевна

27.11.2021

Подпись Юлии Дмитриевны Гриценко заверяю
М.П.

Сведения об официальном оппоненте:

Полное наименование организации в соответствии с уставом:

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»,
геологический факультет

Почтовый адрес: 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1

Официальный сайт в сети Интернет: <https://geol.msu.ru/>

Телефон: +7(495) 939-49-58

E-mail: mineral.geol.msu@yandex.ru

