

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата геолого-минералогических наук Сухорукова Василия Петровича на диссертацию Юрченко Анастасии Владимировны на тему «Реконструкция условий палеопротерозойского метаморфизма пород Орехово-Павлоградской зоны Украинского щита по гранатсодержащим минеральным парагенезисам», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.3 – Петрология, вулканология.

Диссертационная работа А.В. Юрченко «Реконструкция условий палеопротерозойского метаморфизма пород Орехово-Павлоградской зоны Украинского щита по гранатсодержащим минеральным парагенезисам» посвящена изучению метаморфизма палеопротерозойского этапа в Орехово-Павлоградской зоне Украинского щита. Исследования проведены в Институте геологии и геохронологии докембрия РАН.

Актуальность работы определяется обращением к ряду нерешенных проблем в рассматриваемом регионе с демонстрацией новых научно-значимых доказательств на базе современных методов и подходов.

Научная новизна и практическая значимость заключается в том, что автору впервые удалось установить РТ-тренд палеопротерозойского метаморфизма для северной части Орехово-Павлоградской зоны Украинского щита. При этом выделены три стадии метаморфизма: начальная, пиковая и постпиковая. Автору удалось найти подходящие метаморфогенные минералы, чтобы обосновать именно протерозойское время метаморфических преобразований гранатовых парагенезисов. Важно, что это датирование произведено по двум независимым методам Sm-Nd по гранату и U-Pb по монациту. Новизной отличается обоснование образования гранат-биотитовых гнейсов по метатоналитам в сдвиговых зонах. Весьма интересен с научной точки зрения факт обнаружение гётитовых минеральные включения в метаморфическом гранате.

Диссертации состоит из введения, семи глав с выводами по каждой из них, заключения, библиографического списка и трех приложений, содержащих данные по составу пород и минералов, а также данных датирования цирконов, и в целом объем диссертации составляет 196 страниц машинописного текста. Список литературы достаточно обширен и содержит 192 наименования источников, большая часть которых иностранные.

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-89 от 29.04.2022
АУ УС

Во введении диссертации обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цели, задачи и научная новизна проведенного исследования, раскрыты его теоретическая и практическая значимость, указаны использованные автором методы исследования и сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрена геологическая характеристика восточной части Украинского щита, где по опубликованным данным дается обзор степени изученности, геологического строения архейских Приазовского и Среднепреднепровского блоков, а также освещены вопросы тектоники, метаморфизма и корреляции с структурами на Воронежском кристаллическом массиве объекта исследования – Орехово-Павлоградской зоны, расположенной между этими блоками.

Во второй главе автором представлено геологическое строение северной части Орехово-Павлоградской зоны и более детально рассмотрено геологическое строение и взаимоотношение комплекса пород Васильковского участка, отбор и исследование проб которого легло в основу фактического материала, использованного в диссертационном исследовании.

Третья глава посвящена методам исследования, использованным в работе. Для определения состава пород использовался методом XRF, ICP-MS (ВСЕГЕИ, г. Санкт-Петербург). Состав минералов определялся на электронном микроскопе JSM-6510LA с ЭДС JED-2200 (ИГГД РАН, г. Санкт-Петербург), на ионном зонде Cameca IMS-4F в ЯФ ФТИАН (г. Ярославль). Данные возраста циркона получены локальным U-Pb методом датирования (SHRIMP-II, ЦИИ ВСЕГЕИ), а возраст монацита – U-Pb методом изотопного разбавления на мультиколлекторном масс-спектрометре MAT-261 (ИГГД РАН). Анализ изотопного состава Sm-Nd производился на мультиколлекторном масс-спектрометре TRITON (ИГГД РАН). Включения в гранате изучались с помощью рамановской спектроскопии (Горный университет, г. Санкт-Петербург). Для PT-оценок метаморфизма и расчета полей устойчивости минералов использованы программы THERIAK-DOMINO (deCapitani, Brown, 1987; с обновлениями С. deCapitani, 1995-2017 гг.), winTWQ v. 2.34 (Berman, 1991, 2007), THERMOCALC v. 3.33 (Holland, Powell, 1998), PERPLEX (Connolly, 2009-2015). Следует отметить, что автор использовал все доступные ему аналитические методы. Работа основана на очень большом и детальном аналитическом материале (50 образцах, 45 химических анализов пород, 100 шлифов, 50 микрозондовых пластинок, более 2000 анализов минералов).

В четвертой главе обосновывается первое защищаемое положение, что гранат-биотитовые гнейсы образовались в результате палеопротерозойской структурно-метаморфической переработки архейских тоналитов и локализованы в маломощных

сдвиговых зонах. Появление граната в новообразованных парагенезисах обусловлено уменьшением отношения H_2O/CO_2 во флюиде и пониженным содержанием K_2O в породе. Обоснование этого защищаемого положения основывается на анализе комплекса данных и методов: результатах геологического и петрографического описания, сопоставления химических анализов пород, применения классических методов геотермобарометрии и моделировании в программе PERPLEX.

В пятой главе определены условия образования и PT -параметры формирования гнейсов метаосадочного комплекса Васильковского участка Орехово-Павлоградской зоны, тем самым обосновано второе защищаемое положение: палеопротерозойский этап метаморфизма характеризуется стадийностью, отраженной в химической зональности минералов. Реконструкция параметров метаморфизма палеопротерозойского этапа указывает на PT -тренд «по часовой стрелке» с кульминацией метаморфизма, достигающей гранулитовой фации.

В шестой главе рассмотрены ориентированные включения в метаморфическом гранате парагнейсов и определены параметры фугитивности кислорода в результате синтаксического роста граната и минералов оксида железа с помощью программы winTWQ. Результаты, полученные автором в этой главе, позволяют сформулировать третье защищаемое положение: Гранат глиноземистых гнейсов характеризуется зональным распределением ориентированных минеральных включений, возникших при синтаксическом срастании граната и оксидов железа, впоследствии преобразованных в гётит. Синтаксический рост происходил на прогрессивной ветви метаморфизма до достижения условий гранулитовой фации при фугитивности кислорода 10^{-20} – 10^{-16} .

Седьмая глава посвящена изотопно-геохимическим характеристикам пород и минералов. Выполненные изотопные исследования пород и минералов дали возможность с уверенностью установить палеопротерозойский возраст структурно-метаморфической переработки пород.

В заключении приводятся главные выводы по работе о характеристиках палеопротерозойского метаморфизма пород Орехово-Павлоградской зоны Украинского щита, которые дополняют понимание истории развития этой сложной, закрытой структуры.

Работа выполнена на высоком научном уровне с использованием практически всех современных методик изучения метаморфических пород. Интерпретация результатов выполнена корректно. Вместе с тем у рецензента есть ряд замечаний, имеющих скорее дискуссионный характер.

Первое защищаемое положение.

Автор рассматривает целый ряд факторов, которые могли бы повлиять на поле устойчивости граната, однако среди возможных причин образования гранат-биотитовых гнейсов по метатоналитам не рассматривается вариант частичного плавления пород. Между тем, в описанных в работе преобразованиях присутствуют признаки присущие процессам плавления и образования лейкосомы. К ним относятся более лейкократовый состав гнейсов относительно метатоналитов, более низкое содержание бария, однородный состав граната по петрогенным и редким элементам, а также структура породы с более крупными зернами граната и их атоллным строением. В пользу процессов плавления может свидетельствовать также широкий спектр состава плагиоклаза, образующийся в гранат-биотитовых гнейсах. Температуры, оцененные с использованием геотермометров вполне достаточны для начала частичного плавления пород этого состава. В целом реакция образования гранат-биотитовых гнейсов, предложенная соискателем будет справедлива и для случая частичного плавления, только вместо водного флюида будет образовываться расплав. Модель частичного плавления не требует привлечения обогащенного CO_2 флюида из неизвестного источника (которого автор в работе не называет), а также формирования проницаемых зон пониженного давления. Предложенная автором модель образования гранат-биотитовых гнейсов также вероятна, однако рассмотреть вариант частичного плавления, на мой взгляд, было необходимо хотя бы в сравнительном плане.

Второе замечание связано с оценкой P-T-параметров метаморфизма. В работе для оценок используются анализы чешуй биотита, непосредственно контактирующие с зерном граната. Согласно ряду работ, которые упоминаются автором в последующих главах, использование контактирующих зерен железо-магнезиальных минералов в высокотемпературных породах могут приводить к снижению полученных P-T-оценок относительно реальных значений. Этим может объясняться более низкие температуры полученные для центральных частей граната и включений биотита в нем по сравнению с краевыми частями граната и биотитом матрикса. Расчеты, выполненные для третьей генерации биотита (биотит 3) в паре с краевой частью граната не обоснованы (что, впрочем, упоминается автором), если предполагается равновесие граната 2 с биотитом 2. Таким образом, вероятно P-T-тренд метаморфизма несколько отличается от реконструкции автора, в которой повышение температуры от раннего к позднему парагенезису сопровождается снижением давления.

К незначительным замечаниям можно отнести следующие:

Названия пород даны по разным принципам систематики: метатоналит назван по протолисту, гранат-биотитовый гнейс – по структурно-текстурным особенностям.

Большинство приведенных составов метатоналитов не относятся к тоналитам, по содержанию кремнезема ближе к трондьемитам.

В тексте работы делается вывод, что метатоналиты и гранат-биотитовые гнейсы практически совпадают по содержанию K_2O , следовательно, содержание этого компонента не влияет на реакцию образования граната. Вместе с тем, в защищаемом положении остается формулировка о связи образования граната с содержанием K_2O .

Второе защищаемое положение.

Одним из важнейших выводов этой части работы является обнаружение свидетельств раннего этапа метаморфизма, предшествующего гранулитовому. К таким свидетельствам относятся ядра зерен граната с повышенным содержанием гроссулярового компонента, а также находка микровключений ставролита в кварце. Применение термодинамического моделирования позволило провести оценку P-T-параметров этого этапа. Было установлено, что он характеризуется существенно более низким геотермическим градиентом по сравнению с более поздним этапом гранулитового метаморфизма. Это свидетельствует скорее всего о смене геодинамической обстановки при формировании этого метаморфического комплекса, что должно находить отражение в других эндогенных региональных процессах, например, магматизме. Для подтверждения такого вывода можно привести корреляционную схему метаморфических и магматических событий в регионе и представить хотя бы предположительную геодинамическую схему.

В целом эта глава выполнена на высоком уровне, использованы все современные методы, корректно проведена интерпретация полученных данных.

Из мелких замечаний можно отметить следующие:

Не описывается, есть ли кордиерит в пиковой ассоциации гранат-кордиерит-силлиманитовых гнейсов или он только регрессивный, от этого зависит, можно ли использовать его в расчетах пика метаморфизма совместно с ядром граната.

В чем причина большого разброса значений давления при метаморфизме глиноземистых гнейсов 5.3-8 кбар? Возможно ли уточнить данные с использованием других геобарометров, например GRAIL?

Глава 5.5. Обычно для P-T трендов используют термин «реконструкция», а не «реставрация».

Возможно на регрессивном участке P-T тренда должно преобладать снижение давления, чтобы пересечь изоплеты реакции гранат+силлиманит+кварц=кордиерит, протекание которой зафиксировано в виде кайм кордиерита вокруг зерен граната.

По третьему защищаемому положению существенных недочетов не отмечается, предложенная модель образования ориентированных включений выглядит обоснованно, приведен хороший обзор возможных моделей, использован широкий круг методов изучения.

Кроме того, в работе приводится большой блок, связанный с геохронологией изученных метаморфических пород, результаты которого не вынесены в защищаемые положения, но способствуют более глубокому пониманию метаморфических процессов и их корреляции. В этом блоке с использованием ряда геохронологических методов дается оценка возраста метаморфизма и проводится корреляция с полученными ранее данными.

По этому блоку можно отметить, что для монацита также желательно приводить данные изучения внутренней структуры и описание зерен, как для циркона, поскольку монацит может быть зональным и неоднородным.

Вероятно, информативным будет изучение циркона в глиноземистых гнейсах, в которых часто хорошо проявлена метаморфическая генерация циркона.

Несмотря на отмеченные выше недостатки, рецензент отмечает высокое качество диссертационной работы, ее новизну и значимость. Полученные автором новые данные вносят значительный вклад в вопросы метаморфической петрологии докембрийских выступов фундамента.

Защищаемые положения обоснованы результатами проведенных автором исследований. Текст автореферата полностью соответствует тексту диссертации. Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 14 печатных работах, в том числе в 3 статьях - в изданиях из перечня ВАК, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, в 1 статье - в издании, входящем в международные базы данных и системы цитирования Web of Science, Scopus. Результаты исследования докладывались соискателем на международных и российских конференциях.

Диссертация «Реконструкция условий палеопротерозойского метаморфизма пород Орехово-Павлоградской зоны Украинского щита по гранатсодержащим минеральным парагенезисам», представленная на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.3 – Петрология, вулканология полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор Юрченко Анастасия

Владимировна заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.3 – Петрология, вулканология.

Старший научный сотрудник

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук

Кандидат геолого-минералогических наук



Сухоруков Василий Петрович

25.04.2022

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук

Российская Федерация, 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга, 3

Официальный сайт: igm.nsc.ru

e-mail: science@igm.nsc.ru

Телефон: +7 (383) 373-05-26

Подпись Сухорукова Василия Петровича заверяю.



*Зав. канцелярией
Е.В. Иванова Е.В.*