

ОТЗЫВ

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

Представленная к защите работа А.В. Юрченко «Реконструкция условий палеопротерозойского метаморфизма пород Орехово-Павлоградской зоны Украинского щита по гранатсодержащим минеральным парагенезисам» является многостраничным завершённым трудом, который подводит определённый итог целенаправленным многолетним исследованиям соискателя. Все исследования, положенные в основу рассматриваемой работы, выполнены в Институте геологии и геохронологии докембрия РАН.

Диссертационная работа А.В. Юрченко состоит из Введения, семи глав, Заключения, списка литературы и в целом содержит 196 страниц машинописного текста; она включает также три приложения с данными по составу и возрасту метаморфогенных пород и минералов.

Целью работы автор определил реконструкцию термодинамических параметров метаморфизма пород Орехово-Павлоградской зоны, оценку времени, стадийности метаморфических событий на основе изучения гранатсодержащих минеральных парагенезисов. Объектом своего изучения автор выбрал глубокометаморфизованные породы Васильковского участка, который расположен в северной части Орехово-Павлоградской зоны и охарактеризованный как эталонный при описании P-T условий гранулитового метаморфизма.

Орехово-Павлоградская зона расположена на востоке Украинского щита и разделяет два крупных архейских блока: Приазовский и Среднеприднепровский. Природа зоны имеет спорную трактовку: одни исследователи считают её коллизионной, другие, в свою очередь, внутриплитной. Автор на основе изучения собственных коллекций каменного материала, с использованием современных методов лабораторных исследований и программного обеспечения получил новую петрологическую и геохронологическую информацию, позволяющую охарактеризовать возраст и условия докембрийских процессов. Актуальность проведённых исследований заключается как в

приведении новых доказательств внутриконтинентальной природы Орехово-Павлоградской шовной зоны Украинского щита, так и в активном использовании при получении этих данных широкого спектра современных методов решения целого ряда петрологических задач, в том числе на основе изучения гранатсодержащих минеральных парагенезисов.

Поставленная автором цель была достигнута при решении ряда задач петрологического исследования метаморфических пород, а также их изотопного датирования комплексом методов. Последовательность решения упомянутых задач отвечает стандартной методике проведения подобных исследований – от правильного выбора объектов работы и изучения их геологических характеристик до специальных методов метаморфической петрологии и геохронологии с детальным минералогическим анализом и последующей интерпретацией полученных результатов лабораторных исследований с применением для этого новых пакетов программного обеспечения. Все аналитические измерения проводились на современном оборудовании в отечественных лабораториях ВСЕГЕИ, ИГГД РАН, Горного университета, Физико-технологического института им. Валиева (Ярославль).

Защищаемые положения, приводимые в диссертации, отражают поставленные задачи, а их доказательная база полностью координирована с методическими приёмами, рассмотренными в соответствующих главах (главы 3 – 7). Несомненна и научная новизна работы, и её практическая значимость, выраженная в разработке модели гранулитового метаморфизма с P-T трендом «по часовой стрелке», а также в определении природы гранат-биотитовых ортогнейсов по метатоналитам. Подобный методический подход к исследованию метаморфических комплексов может быть рекомендован для использования на практике как при изучении сходных объектов, так и в учебном процессе. Вместе с опубликованными автором данными по изотопным датировкам, приводимые в работе новые датировки, полученные разными методами, дополняют базу данных о возрасте континентальной коры Украинского щита, что необходимо не только для корреляционных построений в этом регионе, но и для геодинамических реконструкций в этой части фундамента Восточно-Европейской платформы.

Первое защищаемое положение доказывает генетическую связь между гранат-биотитовыми низкоглинозёмистыми гнейсами и их протолитом – архейскими метатоналитами. Обоснование этой связи выполнено на надёжном фактурном материале: полевые наблюдения и данные комплекса лабораторных исследований. Также надо отметить грамотное применение методов термобарометрии и расчёта моделей минералообразования. В результате определено, что гранат-биотитовые ортогнейсы

образованы по архейским метатоналитам в результате их палеопротерозойской структурно-метаморфической переработки. При этом выделены минеральные гранатсодержащие парагенезисы, отвечающие начальной и заключительной стадии метаморфизма, определены P-T параметры каждой стадии и доказано, что появление граната в метагранитоиде связано, прежде всего, с определённым составом метаморфогенного флюида. В целом, эту часть работы рецензент оценивает как безупречную, но один вопрос при ознакомлении с её содержанием всё таки напрашивается: почему при таком широком применении лабораторных методов остались неизученными газовой-жидкие включения в гранате, кварце, калиевом полевоом шпате, описанные автором при оптическом изучении пород? Этот материал мог бы фактурно подтвердить расчётные данные по составу и другим параметрам флюида.

Сложной, но важной задачей является установление термодинамических условий регионального метаморфизма и обстановок их проявления. Автор делает это на материале по породам метаосадочного комплекса, которые были изучены на Васильевском участке Орехово-Павлоградской зоны. Эта задача решена автором в рамках второго защищаемого положения и является, по существу, центральной и наиболее объёмной частью представленной работы. В процессе изучения проблемы соискателем изучены петрохимические характеристики метаморфических пород, проведена реконструкция их первичной природы, проведено детальное петрографическое исследование выбранных групп пород, изучены комплексом методов главные породообразующие минералы (прежде всего, гранаты), определены условия и последовательность их кристаллизации. При решении поставленных задач автор использует методы минеральной термобарометрии, результаты которой в сочетании с результатами термодинамического моделирования позволяют более точно и аргументировано определить P-T параметры последовательных стадий регионального метаморфизма. По результатам исследований автором для глинозёмистых и высокоглинозёмистых гнейсов раннепротерозойского метаосадочного комплекса выделены три стадии: а) ранняя, б) высокотемпературная кульминационная, в) постпиковая, регрессивная, которые были последовательно реализованы в условиях гранулитовой и амфиболитовой фаций метаморфизма. При этом P-T тренд раннепротерозойского метаморфического процесса реставрирован по модели «по часовой стрелке». Это позволило связать процессы гранулитового метаморфизма с тектоническим фактором – взаимодействием двух крупных блоков Украинского щита в раннем протерозое.

Результаты этих исследований легли в основу второго защищаемого положения. Характеристика термобарометрических параметров минералообразования пород

Васильковского участка в совокупности с изотопно-геохимической характеристикой пород и минералов, рассмотренной в главе 7, вносят весомый вклад, определяющий Р-Т параметры и точный возраст раннепротерозойского метаморфизма, в общую картину становления Орехово-Павлоградской зоны. В целом, эта часть работы сделана на высоком уровне и заслуживает высокой оценки. Исключением здесь является раздел, посвященный реконструкции первичной природы метаосадочных пород, к содержанию которого и к методам, с помощью которых решался этот вопрос, у оппонента имеются вопросы.

При решении этой проблемы автор рассмотрел две группы пород: глинозёмистые Гр-Би гнейсы и высоко глинозёмистые Гр-Корд-Силл гнейсы, для которых были рассмотрены составы петрогенных элементов и микроэлементов, включая РЗЭ. Анализ этих материалов проведён с помощью ряда методик отечественных и зарубежных авторов. При этом автор, к сожалению, не уделил должного внимания петрохимии этих пород. Не вдаваясь в детали этой работы, хочется отметить её спорный результат: породы с высоким содержанием Al_2O_3 и K_2O и низким Na_2O (до нуля), а также высоким содержанием железо-магниевого компонента реконструируются как основные граувакки. Такой вывод, кстати, противоречит той модели истории раннепротерозойского развития Орехово-Павлоградской зоны, которую поддерживает автор (внутриконтинентальная тектоническая зона).

На самом деле, эти породы при ближайшем рассмотрении очень близки по своему составу аллитам (алюмокремневый модуль близок 1, а иногда даже больше); также они характеризуются низкой натровостью и титанистостью при высокой калиевости и железо-магнезиальности. Анализ этих составов, да ещё в ассоциации с присутствующими здесь же железистыми кварцитами, с использованием методики Я.Э. Юдовича, показывает, что мы имеем дело с гидролизатами и сиферлитами (т.е. железистыми сиаллитами). Всё это позволяет утверждать, что автор имеет дело с древней гумидной корой выветривания по основным породам. То есть, они формировались изначально в условиях тектонической стабильности, что вполне соответствует той модели развития изученной зоны, которой придерживается соискатель.

Третье защищаемое положение обосновывает и доказывает процесс возникновения в гранатах метаосадочных пород ориентированных минеральных включений, представленных оксидами железа. Автором подробно описаны, с применением методов оптической и электронной микроскопии, зональное распределение этих включений в зёрнах граната и приуроченность их к определённым кристаллографическим позициям. С помощью раман-спектроскопии был определен минеральный вид включений – гётит. Поскольку гётит – низкотемпературный минерал и

его образование в условиях гранулитовой фации, уже обоснованной ранее для описанных парагенезисов, невозможно, то автор связал появление включений в гранате с образованием первичных оксидов железа – магнетита или гематита при смене условий метаморфизма от ранней стадии к кульминационной. Это предположение подтверждено расчётами реакций равновесия при совместном росте граната с магнетитом (или гематитом) с оценкой существовавших при этом окислительно-восстановительных условий. Последующий переход магнетита (или гематита) в гётит связывается с более поздними регрессивными процессами. Но здесь опять встаёт вопрос о неиспользовании автором такого метода как термобарогеохимия. На стр. 116 сам автор указывает, что «стоит отметить обилие ГЖВ в самом гранате», который и содержит ориентированные включения оксидов железа. Рецензент уверен, что изучение состава этих ГЖВ и условий их формирования дало бы дополнительную информацию для понимания природы исследуемых оксидных включений.

Тем не менее, полученные результаты уточняют и детализируют уже представленные ранее условия раннепротерозойского гранулитового метаморфизма в породах Орехово-Павлоградской зоны, с одной стороны, а, с другой стороны, демонстрируют способности и возможности соискателя к решению сложных петрологических задач.

Подводя итог рассмотрению представленной работы, надо констатировать, что диссертация производит впечатление хорошо продуманной и подготовленной работы, проведенной с применением комплекса современных аналитических методов и отвечающей современным требованиям. Она, безусловно, внесёт свой вклад в общую работу по петрологическому исследованию комплексов как Орехово-Павлоградской тектонической зоны, так и смежных блоков. Текст работы содержит список использованной литературы из 192 наименований, из них 122 названия – на английском языке, что говорит о глубине проработки опубликованного материала по теме работы соискателем учёной степени. В качестве приложений к работе вынесены результаты химических анализов горных пород и отдельных породообразующих минералов, результаты петрографического изучения пород с выделенными минеральными ассоциациями, данные по U-Pb датированию цирконов из пород Васильковского участка и данные по содержанию редких и РЗЭ в этих же цирконах.

В основе работы лежат материалы, полученные автором по итогам полевых исследований; солидный аналитический материал включает описание более 150 шлифов и микрозондовых пластинок, 45 анализов горных пород на породообразующие элементы и микроэлементы, включая РЗЭ, более 2000 микрозондовых анализов по отдельным

минералам, в т.ч. с профильной аналитикой зональных зёрен, 40 определений РЗЭ в отдельных минералах. Определение абсолютного возраста проведено U-Pb методом по цирконам и монацитам и изотопным анализом Sm-Nd системы в различных минералах из метаморфических пород. Работа хорошо иллюстрирована фотографиями, схемами, графиками, таблицами, демонстрирующими богатый геологический и петрологический материал, представленный автором.

Список публикаций автора по теме диссертации составляет 8 наименований, половина из которых представлена в изданиях из перечня ВАК и Scopus. Материалы диссертации в разное время докладывались соискателем на 5 международных и двух российских научных конференциях.

По мнению оппонента, несмотря на мелкие шероховатости, диссертация «Реконструкция условий палеопротерозойского метаморфизма пород Орехово-Павлоградской зоны Украинского щита по гранатсодержащим минеральным парагенезисам», представленная на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.3 – Петрология, вулканология, полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении учёных степеней» федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утверждённого приказом ректора Горного университета от 20.05.2021 №953 адм, а её автор **Юрченко Анастасия Владимировна** заслуживает присуждения учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.3 – Петрология, вулканология.

Заведующий сектором изучения геологии Шпицбергена
отдела геологического картирования

Федерального государственного бюджетного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана имени академика И.С. Грамберга» (ФГБУ «ВНИИОкеангеология»),
доктор геолого-минералогических наук

Сироткин Александр Николаевич

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана имени академика И.С. Грамберга» (ФГБУ «ВНИИОкеангеология»)

Почтовый адрес: 190121 Санкт-Петербург, Английский проспект, д. 1

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

e-mail: okeangeo@vniio.ru

Телефон: +7 (812) 713-83-79

СОБСТВЕННОРУЧНАЯ ПОДПИСЬ	
<i>Сироткина А.Н.</i>	
по месту работы в ФГБУ "ВНИИОкеангеология"	
удостоверяется	
Секретарь-референт	
" 14 "	04 2022 г.

