

Отзыв

официального оппонента на диссертацию Евгения Леонидовича Кунаккузина
**«ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ И МАНТИЙНЫЕ ИСТОЧНИКИ
ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКОГО БАЗИТОВОГО МАССИВА МОНЧЕТУНДРА
(СЕВЕРО-ВОСТОК ФЕННОСКАНДИНАВСКОГО ЩИТА)»**
представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-
минералогических наук по специальности 1.6.3 – *Петрология, вулканология*

Представленная оппоненту на рассмотрение работа посвящена изучению базитового магматизма палеопротерозойского этапа (2.50– 2.45 млрд лет), который является важным периодом, проявленным в различных регионах мира. Формирование крупных базитовых массивов этого возраста в Карельском, Кольском и Беломорском блоках, а также базитовых вулканитов этого возраста в различных блоках Фенноскандинавского щита связано с мощным импульсом магматизма, обусловленного подъемом в начале палеопротерозоя крупного мантийного плюма. Интрузивные образования 2.50 – 2.45 млрд лет Фенноскандинавского щита объединены в обширную изверженную провинцию или Восточно-Скандинавскую провинцию (Sharkov et al., 1999; Lobach-Zhuchenko et al. 1998; Bayanova et al., 2009; Митрофанов и др., 2013 и др.). Большое внимание к палеопротерозойским базитовым интрузиям Фенноскандинавского щита связано с тем, что в них часто проявлены Cu-Ni-Co, Cr-Ti-V и Pt-Pd оруденения. Не менее важным является вопрос о характере источников палеопротерозойских базитовых магм. Новые комплексные геологические, геохимические, геохронологические и изотопно-геохимические (U-Pb, Sm-Nd, Rb-Sr) исследования пород массива Мончетундра позволяют расширить представления о составе, строении, условиях формирования базитов и типе их мантийных источников, что определяет **актуальность данной работы.**

Фактический материал. Диссертационная работа основана на изучении Е.Л. Кунаккузиным юго-восточной части массива Мончетундра во время полевых работ в период с 2011 по 2018 года, на материалах предшествующих полевых исследований сотрудников Геологического института КНЦ РАН, изучения автором нижних частей разреза из скважины МТ-70 Pt-Pd месторождения Лойпишнюн и на данных изучения литературных источников.

Автором проведено петрографическое изучение более 100 шлифов, изучение 73 силикатных анализов, 53 определений концентраций редких и редкоземельных элементов, 34 анализов элементов платиновой группы в породах массива Мончетундра. Проведено

датирование горных пород и минералов U-Pb и Sm-Nd методом, определение концентраций Sm, Nd, Rb и Sr и изотопного состава Nd, Sr.

Обоснованность научных выводов диссертанта обеспечивается представительностью фактического материала, использованием современных методов исследования, а также корректной и всесторонней интерпретацией результатов аналитических работ.

Результаты исследований представлены в 4 статьях, опубликованных в журналах, рекомендованных ВАК. Промежуточные результаты были представлены на 20 всероссийских и международных конференциях.

Работа хорошо структурирована и состоит из введения, семи глав и заключения, списка литературы, содержит 53 рисунка, 14 таблиц и 3 приложения.

Во введении определены **цель и задачи исследования**.

Основной **целью** диссертационной работы является изучение комплексом геологических, петрологических и изотопно-геохимических методов характера взаимоотношений между главными разновидностями пород, а также вклада различных источников при выплавлении родоначальных магм для пород массива Мончетундра.

Для достижения цели решались следующие **задачи**:

1. Изучение геологического строения юго-восточной части массива по данным полевых работ и керн скважин;
2. Комплексная петрографическая и геохимическая характеристика пород, и их сравнительный анализ;
3. Установление U-Pb методом возраста трахитоидных и массивных габброноритов верхней зоны и характера взаимоотношений между ними;
4. определение возраста метаморфических преобразований пород изотопным Sm-Nd методом;
5. Изучение Sm-Nd и Rb-Sr изотопных систем в породах и определение их изотопно-геохимических параметров;
6. Исследование распределения элементов платиновой группы в породах и их связь с вещественными характеристиками;
7. Интерпретация совокупности полученных данных для определения вклада различных источников исходных магм в формирование массива.

В первой главе диссертации приводится характеристика геологического строения СВ части Фенноскандинавского щита и описание по литературным данным ряда раннепротерозойских базитовых интрузий щита с таблицей данных их возрастов.

Вторая глава посвящена методам и методикам исследований, примененных в данной работе.

Третья глава наиболее информативная и содержит основные характеристики массива Мончетундра. Она включает в себя описание геологического строения массива, петрографическую характеристику пород юго-восточной части массива, описание характера взаимоотношений между разновозрастными группами пород массива, которые подтверждены фотографиями непосредственных соотношений пород, фотографиями шлифов пород, слагающих верхнюю часть массива, новые определения возраста, полученного автором для массивных лейкогаббро из линзы и вмещающих их трахитоидных габброноритов изотопным ID-TIMS U-Pb методом по циркону и бадделеиту, новые изотопные Sm-Nd возраста для трахитоидных габброноритов массива Мончетундра. Определены значения величины $\epsilon Nd(T)$ -1.6 ± 0.5 , -1.7 ± 0.5 и общая величина для массивных габброноритов -2.2 ± 0.4 . Определен возраст метаморфизма пород верхней зоны массива Sm-Nd методом по парагенезису метаморфических минералов из массивных габброноритов, который составил 2020 ± 50 млн лет.

В четвертой главе приводится и рассматривается химический состав пород массива, который включает изучение концентраций и соотношений главных, редких и редкоземельных элементов в различных группах пород массива.

Пятая глава посвящена изучению вариаций изотопно-геохимических характеристик Nd и Sr в породах массива. В шестой главе рассмотрены элементы платиновой группы. В седьмой главе рассматриваются возможные условия образования и процессы ответственные за образование первичных расплавов массива Мончетундра. Она включает рассмотрение разнообразия мантийных источников вещества, влияние коровой контаминации на первичные расплавы и роль литосферной мантии в формировании массива.

По результатам проведенных исследований сформулированы три защищаемых положения

1. Согласно геологическим взаимоотношениям и геохронологическим данным породы верхней зоны массива Мончетундра были сформированы в три этапа: 2.50, 2.48-2.47 и 2.45 млрд лет. К первому этапу относится образование трахитоидных габброноритов субсинхронно с породами нижней зоны, а двум последующим - образование массивных габброноритов и габбро-пегматитов соответственно. Возраст метаморфических преобразований пород составляет около 2 млрд лет.
2. Гарцбургиты, нориты и пироксениты нижней и габбронориты верхней зон массива Мончетундра имели близкие по составу родоначальные расплавы, что отражается в

сходстве редкоземельного и Nd-Sr изотопного состава ($\epsilon_{\text{Nd}}(\text{T})$ от +3.1 до -4.1 и $\text{ISr}(\text{T})$ от 0.702 до 0.704). Геохимические и изотопные характеристики пород свидетельствуют о незначительной роли коровой контаминации в их генезисе.

3. Исходные расплавы для пород нижней и верхней зон массива Мончетундра были сформированы при плавлении деплетированного (плюмового) и геохимически обогащенного (литосферной мантии) источников, о чем свидетельствуют обогащение LREE, Nb-Ta минимум, повышенные Th/Nb отношения и вариации $\epsilon_{\text{Nd}}(\text{T})$ от положительных до отрицательных.

Первые два положения хорошо аргументированы, доказаны в работе и никаких возражений не вызывают. Оппонент полностью согласен с выводом диссертанта из второго защищаемого положения незначительной роли коровой контаминации. Этот вывод является достаточно важным и подтверждается не только соотношением редких и редкоземельных элементов, но и расчетом баланса масс по главным элементам, (Lobach-Zhuchenko et al. 1998; Арестова, Глебовицкий, 2005; Арестова и др., 2023).

В третьем положении, по мнению оппонента, присутствуют некоторые дискуссионные моменты, касающиеся «деплетированного» плюмового источника и «обогащенного» источника - литосферной мантии.

Автору следовало бы объяснить, что он понимает под деплетированным плюмовым источником. С мантийным источником DM связаны малоглубинные базальты NMORB, а не выплавки из астеносферной мантии, поднятой плюмом, которые выплавляются из источников PM или DEP – глубинного деплетированного источника, менее деплетированного, чем DM (Condie, 2005). Таким образом, понятие «деплетированной» плюмовый источник в данном случае следует применять с оговорками и осторожностью. Выплавки из литосферной мантии СКЛМ, расположенной над плюмом с смешиваясь примитивным или слабо деплетированным расплавом в различных пропорциях способны образовать исходные расплавы интрузии. Другие исследователи, например Янг [Yang et al., 2016], в результате изучения изотопного состава Os в расслоенных интрузиях с возрастом 2.50—2.44 млрд лет Кольско-Норвежской и Карельской провинций предположили происхождение первичных расплавов раннепротерозойских (сумийских) базитов из недеплетированного (плюмового) источника с околохондритовым значением γ_{Os} и ϵ_{Nd} +2.6 и последующей коровой контаминацией. Возможно, в формировании первичных сумийских базитовых расплавов участвовали выплавки как из примитивной мантии, так и из обогащенной субконтинентальной литосферной мантии (СКЛМ). Результаты представленные на графиках распределения редкоземельных элементов в

породах верхней части массива, представленные в главе 4. не соответствуют распределению в породах, производных источника DM.

Можно посоветовать автору использовать в расчётах величины $\epsilon\text{Nd}(T)$ корово-мантийной смеси не только модель Де Паоло (DePaolo, 1981), но и математическую модель двухкомпонентного смешения Б.-М. Джана [Jahn et al., 2000].

Следует отметить, что все сделанные замечания и предложения носят дискуссионный характер и являются пожеланиями для дальнейших исследований.

По мнению оппонента представленная диссертационная работа Евгения Леонидовича Кунаккузина **«ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ И МАНТИЙНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПАЛЕОПРТЕРОЗОЙСКОГО БАЗИТОВОГО МАССИВА МОНЧЕТУНДРА (СЕВЕРО-ВОСТОК ФЕННОСКАНДИНАВСКОГО ЩИТА)»** выполнена на высоком научном уровне, имеет теоретическую и практическую значимость, и отвечает всем требованиям ВАК, предъявляемым к квалификационным работам, представленным на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.3 – **Петрология, вулканология**. Автор диссертации Евгений Леонидович Кунаккузин заслуживает присуждения ему искомой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Ведущий научный сотрудник
Лаборатории геологии и геодинамики
ИГГД РАН. Доктор геол.- мин. наук

Н.А.Арестова

