

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Марии Игоревны Филиной
«ГЕОХИМИЯ И МИНЕРАЛОГИЯ ДАЙКИ АГПАИТОВЫХ
СИЕНИТОВ УЧАСТКА МОХНАТЫЕ РОГА (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)»,
представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук
по специальности 1.6.4 – Минералогия. Кристаллография. Геохимия, геохимические
методы поисков полезных ископаемых

Диссертационная работа М.И.Филиной посвящена важной проблеме в исследованиях щелочного магматизма – расшифровке минералогических и геохимических процессов, происходящих при формировании дифференцированных щелочных комплексов и особенностей поздних этапов эволюции щелочного расплава с переходом от щелочного расплава к гидротермальному флюиду.

Вопросы петрологии, минералогии, геохимии щелочного магматизма остаются активно дискутируемой проблемой, без расшифровки которой не может быть понята геологическая история Земли. Именно щелочной магматизм демонстрирует наиболее яркую картину эволюции, от практического отсутствия проявлений в палео- и мезоархее до расцвета в мезозое, что отражает фундаментальные изменения в минералогии и геохимии субконтинентальной литосферной мантии. Направленность на решение фундаментальных вопросов определяет научную актуальность работы М.И.Филиной. Отметим также удачный выбор объектов исследований, позволивший получить новые минералогические и геохимические результаты для петрологически очень интересных пород, важных для понимания формирования высоких концентраций редких металлов.

Приуроченность месторождений редких металлов к щелочным комплексам определяет практическую актуальность работы диссертанта.

Решение отмеченных выше проблем эволюции щелочных расплавов, исследование геохимии и минералогии агпаитовых сиенитов на примере дайки Мохнатые Рога Кольской щелочной провинции стало целью работы М.И.Филиной. Среди задач исследования автор обозначила: определение минерального и химического состава агпаитовых сиенитов дайки Мохнатые Рога, детальную характеристику породообразующих и акцессорных минералов и эволюции их состава в процессе кристаллизации, исследование минералов группы лампрофиллита и выделение нового минерала фторбаритолампрофиллита, определение К-Аг возраста формирования дайки Мохнатые Рога. Эти задачи в целом представляются адекватными поставленной цели, материалам и методам исследования.

В соответствии с поставленной целью, диссертантом проведен комплекс геологических и минералого-геохимических исследований, включавших отбор образцов из

керна скважин, вскрывших дайку Мохнатые Рога, и вмещающих пород, а также опробование интрузива сиенитов Нива, собственно минералогические работы по пробоподготовке, а также изучение химического состава пород и минералов, структуры минералов широким комплексом методов.

Таким образом, диссертантом получен определенный объем аналитических данных современными методами в авторитетных лабораториях. Эти данные в целом грамотно интерпретированы и использованы для решения поставленных задач что, в конечном счете, определяет достоверность полученных М.И. Филиной результатов.

Диссертация состоит из 5 глав, которым предшествует введение, содержащее стандартную информацию о целях и задачах, значимости и защищаемых положениях, и завершается кратким заключением, в котором суммированы основные результаты работы. Общий объем работы составляет 170 страниц, включая 60 рисунков, 29 таблиц, а также список литературы из 266 наименований.

Глава 1 «АГПАИТОВЫЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ: МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ, ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ» составлена по литературным данным и представляет собой вводную часть работы. Она содержит краткий обзор проблематики петрологии и минералогии щелочных пород, в том числе их классификации, мантийных источников, условий кристаллизации, где автор акцентирует внимание на окислительно-восстановительном режиме.

В целом данная глава, занимающая значительный объем диссертации, является довольно содержательным обзором проблемы минералогии щелочных, в первую очередь, агпаитовых пород, в главе акцентируются основные вопросы и подходы, рассматриваемые в диссертационной работе.

В качестве замечаний отметим, что в этом довольно объемном обзоре процитирована только одна работа, опубликованная после 2017 года.

В Главе 2 «ПАЛЕОЗОЙСКИЙ ДАЙКОВЫЙ МАГМАТИЗМ НА ТЕРРИТОРИИ КОЛЬСКОЙ ЩЕЛОЧНО-КАРБОНАТИТОВОЙ ПРОВИНЦИИ» дан краткий обзор геологического изучения провинции, описано геологическое строение, позиция дайковых роев и их возраст, а также довольно подробно геологическое строение участка Мохнатые Рога и собственно дайки агпаитовых сиенитов, кроме того, описана геология интрузива агпаитовых сиенитов Нива.

В целом эта глава дает достаточную геологическую характеристику изученного объекта.

В качестве замечания отметим, что при описании геологии следует более строго подходить к стратиграфическим терминам и избегать выражений «архейская эпоха»,

«позднепалеозойский период». Более существенным является недостаток в обзоре геохронологических данных, о чем сказано ниже, см. Общие замечания.

Глава 3 «МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ» содержит характеристику использованных методов, подходов и материалов исследования. Автор дает описание пробоподготовки и методики аналитических исследований, что существенно повышает достоверность и надежность полученных результатов. Было бы правильно привести ссылки на работы с описанием методик использованных методов исследований.

В главе 4 «ГЕОХИМИЯ И ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДАЙКИ АГПАИТОВЫХ СИЕНИТОВ УЧАСТКА МОХНАТЫЕ РОГА» приведены результаты изучения геохимии пород интрузивных тел Мохнатые Рога и Нива, минерального состава и петрографии, геохронологии, изотопного состава Sr и Nd этих пород. Глава неплохо структурирована и дает представление как о составах пород и минералов, так и о последовательности минералообразования агпаитовых сиенитов дайки Мохнатые Рога. Установлен K-Ar изотопный возраст сиенитов этой дайки в 368 ± 9 млн лет. Показано, по аналогии с другими проявлениями магматизма Кольской провинции, что изотопный состав Sr и Nd указывает на мантийный источник для дайки Мохнатые Рога и его плюмовую природу.

В основном эта Глава посвящена презентации фактических данных и гораздо меньше их обсуждению. Материал лучше бы воспринимался, если бы петрографическое описание предшествовало геохимии пород, а не наоборот.

Несомненно, что представленные в этой главе результаты детальных, выполненных современными методами, минералого-геохимических исследований являются достоверной базой для обоснования защищаемых положений.

Глава 5 «ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И УСЛОВИЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ МИНЕРАЛОВ ДАЙКИ АГПАИТОВЫХ СИЕНИТОВ УЧАСТКА МОХНАТЫЕ РОГА» раскрывает составы минералов: ортоклаза, клинопироксена, амфиболов, минералов группы лампрофиллита, энигматита и астрофиллита, а также акцессорных минералов. Особое внимание уделено новому минералу – фторбаритолампрофиллиту, который был утвержден комиссией по новым минералам, номенклатуре и классификации Международной минералогической ассоциации. Также рассмотрены минералы поздней минеральной ассоциации – натролит и феррипирофилит и образования позднемагматической-гидротермальной стадии. Отдельный подраздел Главы 5 посвящен условиям кристаллизации минеральных ассоциаций. Здесь автор показывает, что кристаллизация расплава агпаитовых сиенитов протекала в широком температурном интервале от выше 1000°C и до, возможно 300°C при снижении фугитивности кислорода

от буфера NNO до буфера QFM. Для всех минералов приведены таблицы составов, выполнен пересчет на формульные единицы. Осталось неясным, как автор рассчитала фугитивность кислорода при кристаллизации агпаитовых сиенитов по формуле, приведенной на стр. 139. Автор хорошо показала, что по мере кристаллизации расплава происходит замещение ранних минералов более поздними; если бы Глава 5 была дополнена соответствующими реакциями и иллюстрирующими их изображениями соотношений минералов (оптическими, BSE), она бы, несомненно, выиграла.

Заключение весьма лаконично суммирует основные выводы работы.

Диссертант не выделяет специальным образом обоснование защищаемых положений. Можно считать, что в Главе 4 обосновывается 1 и 4 защищаемые положения, а в Главе 5 – 2 и 3 защищаемые положения.

Резюмируя обзор диссертационной работы, отметим, что автору удалось получить большой объем новых петрографических, минералогических и геохимических данных для двух весьма интересных в научном плане интрузивных тел Кольской провинции, особенно отметим открытие и описание нового минерала фторбаритолампрофиллита и подтверждение уменьшения фугитивности кислорода в ходе кристаллизации агпаитовых сиенитов.

Несмотря на высокий в целом уровень диссертационной работы М.И.Филиной, к ней имеются общие замечания, и возникает несколько вопросов, на которые в диссертации оппонент не обнаружила четких ответов.

1. Формулировку первого защищаемого положения нельзя признать полностью удачным. В положении должен быть отражен научный результат – решение научной задачи; констатация того, что диссертант выполнила определение химического состава сиенитов таковым не является. В положении 1 можно было подчеркнуть, что установлен новый тип агпаитовых сиенитов, отличающийся от таковых Ловозерского и Хибинского массивов.
2. В целом в работе, пожалуй, не хватает выделенных разделов с обсуждением полученных результатов и их обобщения. Часто представление результатов и их обсуждение не разделены и перемешаны, как в разделе 4.1. «Геохимические особенности» и в разделах 5.1 - 5.7, или обсуждение предельно краткое, как в разделе 4.3 и 4.4. Было бы логично в Заклучении дать модель формирования агпаитовых сиенитов дайки Мохнатые Рога, которая бы обобщила все полученные автором результаты, однако такое обобщение отсутствует.
3. При рассмотрении геохимии агпаитовых сиенитов дайки и составов минералов, автор постоянно проводит сравнение с составами аналогичных пород и

минералов из различных массивов всего Мира, что правильно. Однако эти сравнения во многих случаях проводятся только в тексте; почему было не показать их на диаграммах вместе с породами и минералами дайки? Это сделало бы суждения автора более наглядными и обоснованными.

4. В работе, в которой впервые получена оценка возраста сиенитового тела Мохнатые Рога и уточнен возраст сиенитов Нивы, ранее известный с большой ошибкой, (защищаемое положение 4) ожидалось увидеть полный обзор геохронологических данных для того, чтобы оценить значимость новых датировок. Однако в обзоре геохронологии Кольской провинции отсутствует ряд важных работ последних лет, например, работы Веселовский и др., 2013 (Веселовский Р.В., Арзамасцев А.А., Демина Л.И., Травин А.В., Боцюн С.Б. Палеомагнетизм, геохронология и магнитная минералогия даек Кольской девонской магматической провинции // Физика Земли. 2013. № 4. С. 82–104), Стифеева и др., 2023 (DOI: 10.31857/S2686739722602782), Арзамасцев и др., 2024 (DOI: 10.31857/S0869590324030024). Очевидно, что полученные оценки возраста с учетом ошибки перекрывает весь временной интервал формирования Кольской провинции. В связи с этим встает вопрос о выборе геохронологического метода: возможно, стоило применить, например, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ или Rb-Sr методы датирования, которые хорошо зарекомендовали себя в Кольской провинции, что показано, например, работами А.А.Арзамасцева? Хотелось бы узнать обоснование выбора метода датирования.
5. Автором получены новые данные об изотопном составе Sr и Nd в породах и минералах дайки Мохнатые Рога (4 определения). Эти данные ($\epsilon\text{Nd}(\text{T}) = 5.2 - 5.3$; $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(\text{i}) = 0.7030-0.7033$) указывают на мантийный источник расплавов (что справедливо отмечает автор) и вероятное отсутствие процессов коровой контаминации. Изотопный состав Sr и Nd оказался близок к сиенитам Хибинского массива и значительно отличается от изотопного состава этих элементов в сиенитах Ловозерского массива (Рис. 4.16). Как эти результаты влияют на выбор автором исходного расплава, фракционирование которого привело к появлению геохимически идентичных агпаитовых сиенитов дайки Мохнатые Рога и интрузива Нива, сиениты которой показывают Sr и Nd изотопное сходство с сиенитами Ловозерского массива?
6. Вопрос об окислительно-восстановительном режиме при кристаллизации щелочных расплавов является очень важным, так как именно этот фактор в существенной степени определяет направление фракционирования (например,

Markl et al., 2010; Marks et al., 2011; Арзамасцев и др., 2024), поэтому полученные диссертантом результаты вносят заметный вклад в его решение. В этой связи хотелось бы видеть более четко позицию автора в отношении характера изменения fO_2 в ходе кристаллизации расплава. На стр. 102 автор утверждает, что с ростом щелочности происходит рост Fe^{3+}/Fe^{2+} при постоянной fO_2 , тогда как в разделе 5.8 показывает на основе минеральных парагенезисов с использованием фазовой диаграммы устойчивости энigmatита, что фугитивность кислорода по мере кристаллизации снижалась от буфера NNO к буферу QFM.

7. В работе много небрежных, неудачных либо ошибочных выражений. Например, «идиоморфность» вместо идиоморфизм, «отраженная и просвечивающая микроскопия» (вместо в проходящем свете), «структура породы массивная» (вместо текстура), на Рис. 4.16 и в подписи к нему «BE» вместо «BSE» и т.д.

Сделанные замечания не являются критическими для высокой положительной оценки работы. Автором получены многочисленные новые достоверные научные данные по минералогии и геохимии щелочного магматизма Кольской провинции, установлен и описан новый минерал. Основные положения диссертации опубликованы в 5 статьях в научных журналах, индексируемых в международных базах WOS и Scopus, и рекомендованных ВАК Минобразования РФ, а также докладывались на международных и всероссийских конференциях.

В целом, работа Марии Игоревны Филиной «ГЕОХИМИЯ И МИНЕРАЛОГИЯ ДАЙКИ АГПАИТОВЫХ СИЕНИТОВ УЧАСТКА МОХНАТЫЕ РОГА (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)» отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям как по широте, важности и научной значимости разработок, так и с точки зрения новизны и достоверности представленного материала. Автореферат отражает основные положения диссертации.

Представленная к защите диссертационная работа полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, установленным в п. 9-14 Постановления правительства РФ "О порядке присуждения учёных степеней" от 24.09.2013 № 842 в действующей редакции (вместе с "Положением о присуждении учёных степеней"). Работа соответствует паспорту специальности 1.6.4 - «Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых», а именно пунктам: 3. Генетическая минералогия, исследование парагенезисов минералов и эволюции минералогенеза в природных и техногенных системах; экспериментальная минералогия; 8. Кристаллография и кристаллохимия минералов, их техногенных и синтетических аналогов;

13. Изучение химического состава природного вещества в геологических и связанных с ними системах (земной коре, глубинных геосферах Земли, гидросфере, атмосфере, техносфере, внеземных объектах, живом веществе) и процессах, исследование состояния, форм нахождения, закономерностей распространенности и поведения (распределения, концентрирования, фракционирования) химических элементов и их изотопов; 18. Выявление, изучение и геологическая интерпретация ассоциаций химических элементов, характерных для продуктов различных геологических процессов, включая месторождения полезных ископаемых.

Считаю, что Мария Игоревна Филина заслуживает искомой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4 – Минералогия. Кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Официальный оппонент

Анна Андреевна Носова

доктор геолого-минералогических наук, специальность 25.00.04 – петрология, вулканология, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН), лаборатория Петрографии.

Почтовый адрес: 119017, Москва, Старомонетный пер., 35

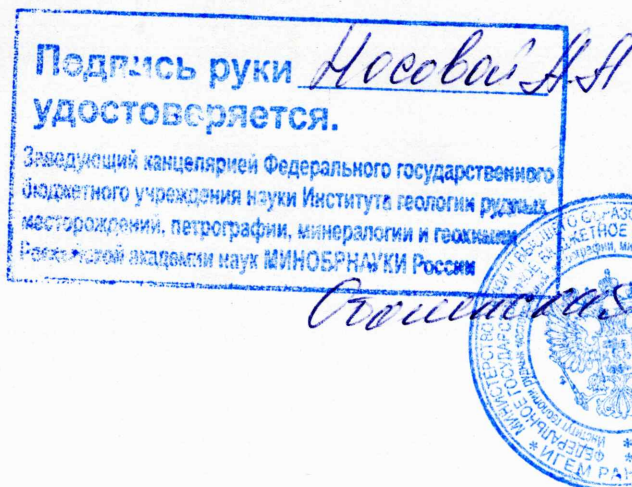
Электронная почта: nosova@igem.ru, ilsanora@mail.ru

Телефон: +79167052803

Я, Носова Анна Андреевна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Подпись

28 апреля 2025 года



Сведения об официальном оппоненте

Я, Носова Анна Андреевна, даю свое согласие выступить в качестве официального оппонента по диссертации Филиной Марии Игоревны «ГЕОХИМИЯ И МИНЕРАЛОГИЯ ДАЙКИ АГПАИТОВЫХ СИЕНИТОВ УЧАСТКА МОХНАТЫЕ РОГА (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)» по специальности 1.6.4 «Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых», представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

О себе сообщаю:

Фамилия, имя, отчество: Носова Анна Андреевна

Ученая степень, ученое звание: доктор геолого-минералогических наук

Шифр и наименование специальности, по которой защищена диссертация: 25.00.04 – Петрология, вулканология «Петрология позднедокембрийского и палеозойского внутримитного базитового вулканизма Восточно-Европейской платформы»

Наименование организации: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН)

Должность, структурное подразделение: главный научный сотрудник, заведующая лабораторией петрографии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН)

Адрес организации: Россия, 119017, Москва, Старомонетный пер., 35

Телефон организации: +7 (495) 951-45-79

e-mail: nosova@igem.ru

Список основных публикаций по теме рецензируемой диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет:

1. Nosova A.A., Kopylova M.G., Sazonova L.V., Vozniak A.A., Kargin A.V., Lebedeva N.M., Volkova G.D., Peresetskaya E.V. Petrology of lamprophyre dykes in the Kola Alkaline Carbonatite Province (N Europe) // Lithos. 2021. V. 398–399. P.106277.
2. Nosova A.A., Kopylova M.G., Sazonova L.V., Vozniak A.A., Lebedeva N.M., Volkova G.D., Peresetskaya V.E. Data on bulk rock compositions, geochemical and textural contrasts between central and marginal parts of dykes, and MELTS modeling of lamprophyre dykes in the Kola Alkaline Carbonatite Province (N Europe) // Data in Brief. 2021. V. 38(3). 107307.
3. Nosova A.A., Kopylova M.G., Lebedeva N.M., Larionova Y.O., Kargin A.V., Sazonova L.V., Vozniak A.A., Kovach V.P. Melt sources for alkaline carbonate-bearing rocks of the

Terskiy Coast (Kola Alkaline Carbonatitic Province) // Chemical Geology. 2023. V. 617. P. 121267.

4. Vozniak, A.A., Kopylova, M.G., Peresetskaya, E.V., Nosova, A.A., Sazonova, L.V., Anosova, M.O. Olivine in lamprophyres of the Kola Alkaline Province and the magmatic evolution of olivine in carbonate melts // Lithos. 2023. 448. P. 107149.
5. Yutkina E.V., Kargin A.V., Nosova A.A., Kuzmenkova O.F., Sazonova L.V., Kondrashov I.A. Paleozoic intraplate magmatism of the east European platform: comparative analysis of the Pripyat-Dnieper-Donets rift zone and the Kola-Arkhangelsk province // Geodynamics & Tectonophysics. 2024. V. 15. № 5. 0788.

Я, Носова Анна Андреевна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку, в том числе на размещение сведений на сайте ФГБУН Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН.

Носова А.А.



28 апреля 2025 г.

Подпись А.А. Носовой удостоверяю:

