

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.050.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ
ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ И МИНЕРАЛОГИИ ИМ. В.С. СОБОЛЕВА СИБИРСКОГО
ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 12 мая 2023г. № 03/9

О присуждении **Кунаккузину Евгению Леонидовичу**, гражданину РФ, ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Диссертация **«Этапы формирования и мантийные источники палеопротерозойского базитового массива Мончетундра (северо-восток Фенноскандинавского щита)»** по специальности 1.6.3 – «петрология, вулканология», принята к защите 2 марта 2023 г., протокол № 03/4 диссертационным советом 24.1.050.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук (630090, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга, 3) приказ МИНОБРНАУКИ № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель **Кунаккузин Евгений Леонидович**, 1989 года рождения, в 2012 году закончил магистратуру Мурманского государственного технического университета по направлению «Геология и разведка полезных ископаемых» диплом № Н 09076. В 2015 г. окончил очную аспирантуру Мурманского государственного технического университета по специальности 25.00.01 – «общая и региональная геология».

Диссертация выполнена в Геологическом институте – обособленном подразделении Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр РАН».

Научный руководитель – доктор геолого-минералогических наук **Баянова Тамара Борисовна**, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией геохронологии и изотопной геохимии Геологического института Кольского научного центра Российской академии наук.

Официальные оппоненты: **Арестова Наталия Александровна**, доктор геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04 – «петрология, вулканология», ведущий научный сотрудник лаборатории геологии и геодинамики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и геохронологии докембрия Российской академии наук; **Пушкарев Евгений Владимирович**, кандидат геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04 – «петрология, вулканология», и.о. заведующего лабораторией петрологии магматических формаций, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого Уральского отделения Российской академии наук дали **положительные отзывы на диссертацию**.

Ведущая организация Институт геологии – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук» (ИГ КарНЦ РАН), г. Петрозаводск, в своем положительном заключении, подписанном

Степановой Александрой Владимировной, кандидатом геолого-минералогических наук, ведущим научным сотрудником лаборатории геологии и геодинамики докембрия и **Нестеровой Натальей Сергеевной**, кандидатом геолого-минералогических наук, научным сотрудником лаборатории геологии и геодинамики докембрия, **указала** что диссертационная работа Кунаккузина Е.Л. представляет собой законченное научное исследование, в котором получены новые данные о времени кристаллизации пород массива Мончетундра и их метаморфизме, проведено обобщение U-Pb, Sm-Nd и Rb-Sr геохронологической информации по этому и другим массивам северо-запада Фенноскандинавского щита; и которое вносит вклад в понимание процессов эволюции базитовых расплавов и будет востребовано при изучении рудогенерирующих систем раннедокембрийских базит-гипербазитовых интрузивных комплексов.

Соискатель имеет 24 опубликованных работы по теме диссертации, в том числе 4 статьи, опубликованные в рецензируемых научных изданиях из списка, рекомендованного ВАК:

1. **Kunakkuzin, E.**; Borisenko, E.; Nerovich, L.; Serov, P.; Bayanova, T.; Elizarov, D. The Origin and Evolution of Ore-Bearing Rocks in the Loypishnun Deposit (Monchetundra Massif, NE Fennoscandian Shield): Isotope Nd-Sr and REE Geochemical Data. *Minerals*, 2020, 10, 286.
2. **Кунаккузин Е.Л.**, Баянова Т.Б., Нерович Л.И., Борисенко Е.С., Серов П.А., Елизаров Д.В. Новые Nd-Sr изотопно-геохимические исследования пород палеопротерозойского ЭПГ-содержащего массива Мончетундра (Фенноскандинавский щит) // Вестник МГТУ, 2015. Т. 18. № 2. С. 269-279.
3. **Кунаккузин Е.Л.**, Серов П.А., Баянова Т.Б., Нерович Л.И., Борисенко Е.С. Палеопротерозойский расслоенный ЭПГ-содержащий массив Мончетундра (Кольский полуостров): датирование Sm-Nd методом времени метаморфических преобразований основных пород // Доклады Академии наук, 2015. Т. 464. № 1. С. 71-74.
4. Борисенко Е.С., Баянова Т.Б., Нерович Л.И., **Кунаккузин Е.Л.** Палеопротерозойский базитовый массив Мончетундра (Кольский п-ов): новые геологические и геохронологические данные // Доклады Академии Наук, 2015, том 465, № 1, с. 68-72.

На автореферат поступило 11 отзывов (все положительные, из них один без замечаний) от: 1) Вишневского А.В., к.г.-м.н., заведующего Центральным Сибирским геологическим музеем, старшего научного сотрудника лаборатории петрологии и рудоносности магматических формаций ФГБУ «Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук», г. Новосибирск; 2) Терехова Е.Н., д.г.-м.н., ведущего научного сотрудника лаборатории «Тектоника консолидированной коры» ФГБУН «Геологический институт Российской академии наук», г. Москва; 3) Балыева А.С., д.г.-м.н., главного научного сотрудника лаборатории «Тектоники консолидированной коры» ФГБУН «Геологический институт Российской академии наук», г. Москва; 4) Беляева В.А., к.г.-м.н., научного сотрудника лаборатории геохимии основного и ультраосновного магматизма ФГБУН «Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук», г. Иркутск; 5) Смолькина В.Ф., д.г.-м.н., ведущего научного сотрудника ФГБУН «Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского Российской академии наук», г. Москва; 6) Врублевского В.В., д.г.-м.н., доцента, заведующего кафедрой динамической геологии

ФГАОУ ВО НИ «Томский государственный университет», г. Томск; 7) Гертнера И.Ф., к.г.-м.н., доцента кафедры петрографии, заведующего научно-исследовательской лаборатории геохронологии и геодинамики ФГАОУ ВО НИ «Томский государственный университет», г. Томск; 8) Чашина В.В., к.г.-м.н., старшего научного сотрудника лаборатории минерогенеза Арктики Геологического института – обособленного подразделения ФГБУН ФИЦ "Кольский научный центр Российской академии наук", г. Апатиты; 9) Гладкочуба Д.П., д.г.-м.н., чл.-корр. РАН, директора ФГБУН «Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук», г. Иркутск; 10) Кислова Е.В., к.г.-м.н., доцента, ведущего научного сотрудника лаборатории металлогенеза и рудообразования ФГБУН «Геологический институт им. Н.Л. Добрецова Сибирского отделения Российской академии наук», г. Улан-Удэ; 11) Малича К.Н., д.г.-м.н., главного научного сотрудника и Баданиной И.Ю., к.г.-м.н., старшего научного сотрудника лаборатории геохимии и рудообразующих процессов ФГБУН «Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого Уральского отделения Российской Академии наук», г. Екатеринбург.

В отзывах отмечается актуальность работы, обоснованность выводов оригинальным фактическим материалом и ее значение для различных направлений геологии, петрологии и геодинамики, отмечается важный вклад в понимание процессов формирования рудоносного Мончетундровского массива и его места в эволюции Фенноскандинавского щита.

Основные замечания и вопросы к автореферату и диссертации касаются: 1) оценки вариаций возрастов циркона и бадделеита в зависимости от степени метаморфических преобразований пород, влияния Ланландско-Кольского орогенеза на изотопные системы (ведущая организация, Смолькин В.Ф.); 2) сравнения с крупными интрузивами мира и причин длительной кристаллизации интрузива Мончетундра (ведущая организация); 3) причин широких вариаций изотопного состава Nd в породах массива и их корреляции с редкоэлементным составом и степенью вторичных преобразований, а также сопоставления полученных новых изотопных данных с ранее опубликованными (ведущая организация, официальный оппонент Пушкарев Е.В., Врублевский В.В., Малич К.Н. и Баданина И.Ю.); 4) роли процессов фракционной кристаллизации расплавов и неоднократного их внедрения в магматическую камеру в образовании интрузива (ведущая организация); 5) деплетированного характера мантийного плюмового компонента и механизма формирования исходных расплавов из двух источников (официальные оппоненты Арестова Н.А. и Пушкарев Е.В., Вишневский А.В., Беляев В.А., Кислов Е.В.); 6) относительного вклада обогащенной литосферной мантии, коровой контаминации и плюмового компонента в генезис пород (Чашин В.В., Гладкочуб Д.П.); 7) дискусионности разделения массива на две зоны, взаимоотношений между разными группами пород, возраста лейкогаббро и лейкократовых габброноритов, секущих породы нижней зоны Мончетундровского массива (официальный оппонент Пушкарев Е.В., Чашин В.В.); 8) сходства исходных расплавов для пород верхней и нижней зоны (Чашин В.В.); 9) детальности петрографического описания пород (официальный оппонент Пушкарев Е.В.); 10) интерпретации данных по химическому составу пород для объяснения их петрографического разнообразия, наличия Nb-Ta и Zr-Nf минимумов с оценкой вклада возможных субдукционных компонентов или коровой

контаминации в генезис пород (официальный оппонент Пушкарев Е.В., Чашин В.В., Гертнер И.Ф., Врублевский В.В.); 11) дискуссионности использования геохимии ЭПГ для определения условий образования пород и согласованности их распределения с моделью обогащения ЭПГ в результате кристаллизации остаточных расплавов (официальный оппонент Пушкарев Е.В. Смолькин В.Ф.); 12) соотношения Мончетундровского массива с анортозитами (Смолькин В.Ф., Терехов Е.Н.); 13) степени метаморфизма трахитоидных габброноритов, целесообразности использования роговой обманки при датировании метаморфизма, а также соотношения изотопного состава валовых проб пород и минералов (Вишневский А.В. Чашин В.В., Беляев В.А.); 14) корректности применения геохимических диаграмм для вулканических пород к интрузивным породам массива Мончетундра (Беляев В.А.); 15) интерпретации высоких изотопных отношений Sr (Гертнер И.Ф.); 16) описания методов исследования и их характеристик (ведущая организация и официальный оппонент Пушкарев Е.В.).

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что Арестова Н.А. и Пушкарев Е.В. являются признанными экспертами в области петрологии базит-ультрабазитовых комплексов, имеют множество публикаций в соответствующей данной диссертационной работе сфере исследования и способны объективно оценить работу.

Выбор ведущей организации (Институт геологии - обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра "Карельский научный центр Российской академии наук (ИГ КарНЦ РАН)) обосновывается тем, что направление научно-исследовательской деятельности лаборатории геологии и геодинамики докембрия ИГ КарНЦ РАН полностью соответствуют тематике диссертации, и ее сотрудники имеют значительный опыт изучения палеопротерозойских базит-гипербазитовых интрузий Фенноскандинавского щита.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Разработана петрогенетическая модель формирования родоначальных расплавов для массива Мончетундра при участии изотопно-деплетированного плюмового и обогащенного литосферного мантийного источников; **предложено** обоснование формирования верхней и нижней зон массива Мончетундра в результате трех магматических импульсов в возрастном интервале 2.5-2.45 млрд лет; **определены** взаимоотношения пород верхней зоны массива и возраст их метаморфических преобразований; **доказано** не существенное влияние коровой контаминации на состав пород.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что доказаны следующие 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 - 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 редкоэлементного 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.

Применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс современных методов: геологических, петрографических, геохимических, изотопно-геохимических и геохронологических. Соискателем проведено петрографическое изучение более 100 шлифов. Проанализированы содержания главных (атомно-абсорбционным методом, 73 пробы), редких элементов (методом ICP-MS, 53 пробы) и элементов платиновой группы (метод ICP-MS, 34 пробы) в породах массива. Методом TIMS и ID-TIMS для трех проб определены возраста циркона и бадделеита. Определение изотопного Nd-Sr состава и концентраций Sm, Nd, Rb, Sr было проведено для 35 валовых проб пород и минералов (TIMS).

В диссертационной работе **обобщены** опубликованные и **изложены** новые данные по геологическому строению массива Мончетундра, детально проанализированы и установлены фазовые взаимоотношения пород в юго-восточной его части. Впервые **получены** доказательства проявления метаморфических преобразований пород массива Мончетундра на рубеже 2 млрд лет. **Проведено** обобщение изотопных U-Pb, Sm-Nd, Rb-Sr данных по базит-гипербазитовым массивам северо-восточной части Фенноскандинавского щита и сопоставление с возрастными и изотопными характеристиками пород массива Мончетундра.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что новые данные могут служить изотопно-геохимическим критерием условий и особенностей формирования рудоносных базит-гипербазитовых массивов и использоваться при металлогеническом анализе региона и оценки перспектив рудоносности других аналогичных объектов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что результаты аналитических работ получены с помощью современного сертифицированного оборудования: петрографическое изучение горных пород проводилось с помощью поляризационных микроскопов Axioplan 2 с фотоприставкой Carl Zeiss (Zeiss AG) и ЛабоПол вар.3 (Labor-microscopes). Определения содержаний петрогенных элементов выполнены в химико-аналитической лаборатории Геологического института КНЦ РАН атомно-абсорбционным методом на спектрометре AAnalyst 400 (PerkinElmer Inc). Содержания редких и редкоземельных элементов определены в ЦКП «Геоаналитик» ИГГ УрО РАН, г. Екатеринбург, методом ICP-MS на масс-спектрометре ELAN 9000 (PerkinElmer Inc.) и ЦКП Многоэлементных и изотопных исследований СО РАН (г. Новосибирск) методом ICP-MS на масс-спектрометре ELEMENT (Thermo Fisher). Определение концентраций элементов платиновой группы проводилось в центральной

лаборатории ФГБУ ВСЕГЕИ (г. Санкт-Петербург) методом ICP-MS на приборе ELAN-6100 DRC-e (PerkinElmer Inc., США). Измерения изотопного состава Nd и концентраций Sm и Nd, а также изотопного состава U и Th проводились на 7-канальном твердофазном масс-спектрометре Finnigan-MAT 262 (RPQ) (Termo Fisher), измерения изотопного состава Sr и концентраций Rb и Sr - на масс-спектрометре МИ-1201-Т в Кольском центре геохронологических и изотопно-геохимических исследований (ЦКП ГИ КНЦ РАН).

Теория построена на результатах изучения геологического строения, возраста и изотопно-геохимических характеристик пород массива Мончетундра. Идеи диссертации базируются на моделях формирования палеопротерозойских интрузий Фенноскандинавского щита [Шарков и др., 2005; Шарков, 2006; Расслоенные интрузии..., 2004а, 2004б; Митрофанов и др., 2013; Puchtel et al., 1995; Amelin, Semenov, 1996; Amelin et al., 1996; Sharkov et al., 1999 и др.], методах оценки влияния коровой контаминации на состав базитовых магм [Мыскова, Милькевич, 2016; Hamilton et al., 1983; Timmerman, Daly, 1995; Rudnik, Fountain, 1995; Mutanen, Huhma, 2003; Rudnik & Gao, 2013] и реконструкции их мантийных источников [Sun, McDonough, 1989; Goldstein, Jacobsen, 1988; Lahaye et al., 1995; Salters, Stracke, 2004; Pearce, 2008; Pearce, Reagan, 2019; Pearce et al., 2021]. В работе использовано сравнение полученных результатов с данными по геохимии и изотопному составу для палеопротерозойских интрузий Фенноскандинавского и Канадского щитов [Балаганский и др., 1998; Баянова, 2004; Расслоенные интрузии..., 2004б; Криволуцкая и др., 2010; Ревяко и др., 2012; Чашин и др., 2013; 2015, 2016; Серов, 2008; Huhma et al., 1990; Balashov et al., 1993 Amelin et al., 1996; Amelin, Semenov, 1996; Hanski et al., 2001; Lauri et al., 2012; Krivolutsкая, 2016; Yang et al., 2016; Bayanova et al., 2009, 2014, 2019; Mitrofanov et al., 2019; Groshev et al., 2019; Steshenko et al., 2020; Serov, 2020; Pearce et al., 2021; Smolkin, Mokrushin, 2022 и др.]. Установлена согласованность результатов исследования с данными по геологическому строению, геохронологии и изотопному составу аналогичных объектов Фенноскандинавского щита. Полученные данные не противоречат общеизвестным фактам, являются научно-обоснованными и аргументированными. Используются современные методики анализа петро-геохимических и изотопных данных. Соискателем были изучены более 100 образцов главных разновидностей пород массива Мончетундра, отобранные лично во время полевых работ, а также из материала керна скважины ЗАО «Терская горная компания» (г. Мончегорск) и коллекция Nd-Sr изотопных данных, предоставленная сотрудниками Лаборатории минерогенеза Арктики ГИ КНЦ РАН. Обработка петро-геохимических и изотопных данных проводилась с помощью программ GCDKit 6.0 [Janousek et al., 2006], Isoplot 4.15 [Ludwig, 2012] и AFC-Modeler [Keskin, 2013]. Обработка графических изображений проводилась в программе CorelDRAW X4.

Личный вклад соискателя состоит в участии в полевых работах, отборе проб, их камеральной обработке; петрографическом изучении главных разновидностей пород; подготовке проб для геохимических и изотопных исследований; участии в проведении изотопных Sm-Nd и Rb-Sr измерений, обработке геохимических и изотопных данных. Совместно с соавторами проведена интерпретация полученных данных, написаны тексты статей и материалов конференций. Результаты исследований представлены на всероссийских и международных конференциях, опубликованы в 24 работах, из них 4 статьи в журналах из списка ВАК и Web of Science.

На заседании 12.05.2023 г. диссертационный совет принял решение присудить Кунаккузину Е.Л. ученую степень кандидата геолого-минералогических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 8 докторов наук по специальности 1.6.3 и 10 докторов наук по специальности 1.6.10, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящего в состав совета, проголосовали: за – 18, против – 0, недействительных - 0.

Председатель

диссертационного совета, д.г.-м.н.

Ученый секретарь

диссертационного совета, д.г.-м.н.

15.05.2023 г.



А.Э. Изох

О.М. Туркина