

ЗАКЛЮЧЕНИЯ 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 МАКСИМОВА ОЛЕГА АЛЕКСАНДРОВИЧА НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 29 февраля 2024 г. № 03/5

О присуждении **Максимову Олегу Александровичу**, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата геолого-минералогических наук.

Диссертация **«Метаморфическая эволюция Гридинского эклогитсодержащего комплекса (Фенноскандинавский щит)»** по специальности 1.6.3 – «Петрология, вулканология» принята к защите 26.12.2023 г., протокол № 03/19, 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, просп. акад. Коптюга, 3), приказ МИНОБРНАУКИ № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель: Максимов Олег Александрович, 1991 года рождения, в 2012 году получил диплом специалиста по направлению «геология» Петрозаводского государственного университета. В 2015 г. окончил аспирантуру Института геологии Карельского научного центра Российской академии наук (ИГ КарНЦ РАН), г. Петрозаводск, по специальности 25.00.04 – «Петрология, вулканология». Соискатель работает научным сотрудником в Институте геологии КарНЦ РАН.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Федеральном исследовательском центре «Карельский научный центр Российской академии наук» (ФГБУН ФИЦ КарНЦ РАН).

Научный руководитель – доктор геолого-минералогических наук **Володичев Олег Иванович**, ведущий научный сотрудник лаборатории геологии и геодинамики докембрия Института геологии КарНЦ РАН.

Официальные оппоненты: **Балтыбаев Шаукет Каимович**, доктор геолого-минералогических наук по специальностям 25.00.01 – «Общая и региональная геология», 25.00.04 – «Петрология, вулканология», заведующий лабораторией петро- и рудогенеза, главный научный сотрудник Института геологии и геохронологии докем-

брия РАН (ИГГД РАН), г. Санкт-Петербург; **Скузоватов Сергей Юрьевич**, кандидат геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05 – «Минералогия, кристаллография», старший научный сотрудник лаборатории изотопов, заместитель директора по научной работе Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН (ИГХ СО РАН), г. Иркутск дали **положительные отзывы на диссертацию**.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение науки «Геологический институт Российской академии наук» (ГИН РАН), г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном **Щипанским Андреем Анатольевичем**, доктором геолого-минералогических наук, заведующим лабораторией тектоники раннего докембрия, **Докукиной Ксенией Александровной**, кандидатом геолого-минералогических наук, ведущим научным сотрудником, **указала**, что представленная диссертационная работа Максимова О.А. является законченным научным исследованием в котором на основании новых геологических, петрологических и геохронологических данных обоснована модель двухэтапного формирования высокobarических породных ассоциаций в Гридинском эклогитсодержащем метаморфическом комплексе. Соискатель имеет 26 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 9 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях из списка, рекомендованного ВАК:

1. **Максимов О.А.**, Балаганский В.В., Слабунов А.И., Ларионов А.Н. Два этапа высокobarного метаморфизма в раннедокембрийских эклогитах (район Гридино Беломорской провинции Фенноскандинавского щита): петрология и геохронология // Петрология. 2022. №2. С. 140-165.

2. **Максимов О.А.** Метаморфическая эволюция пироксенитов Гридинского эклогитсодержащего комплекса (остров Прянишная луда) // Вестник МГТУ, Мурманск. 2014. Т. 17. № 2. С. 320-328.

3. Volodichev O.I.; **Maksimov O.A.**; Kuzenko T.I.; Slabunov A.I. Archean Zircons with Omphacite Inclusions from Eclogites of the Belomorian Province, Fennoscandian Shield: The First Finding // Minerals. 2021. 11. 1029.

4. Volodichev O.I., **Maksimov O.A.**, Kuzenko T.I., Slabunov A.I. Reply to Skublov et al. Comment on «Volodichev et al. Archean Zircons with Omphacite Inclusions from Eclogites of the Belomorian Province, Fennoscandian Shield: The First Finding. Minerals 2021, 11, 1029» // Minerals. 2022. 12 (2). P. 142.

5. Stepanova A.V., Stepanov V.S., Larionov A.N., Salnikova E.B., Samsonov A.V., Azimov P.Y., Egorova S.V., Larionova Y.O., Sukhanova M.A., Kervinen A.V., **Maksimov O.A.** Relicts of Palaeoproterozoic LIPs in the Belomorian Province, eastern Fennoscandian Shield: barcode reconstruction for a deeply eroded collisional orogen // Spec. Publ. 2021. N 518.

6. Максимов О.А. Геолого-петрологические особенности эклогитов на участке Самылино (Беломорская провинция Фенноскандинавского щита) // Труды КарНЦ РАН. 2019. № 2. С. 88-94.

7. Володичев О.И., Кузенко Т.И., Максимов О.А. Петрология цоизититовых пород Гридинского эклогитсодержащего комплекса Беломорской провинции Фенноскандинавского щита // Труды Карельского научного центра РАН. 2020. №10. С. 26-48.

8. Слабунов А.И., Володичев О. И., Ли Сяоли, Максимов О.А. Архейские цоизититы Гридинского эклогитсодержащего меланжа (Беломорская провинция Фенноскандинавского щита): геология, U-Pb возрасты цирконов и геодинамические следствия // Труды Карельского научного центра РАН. № 7. 2015. С. 85-105.

9. Устинова В.В., Максимов О.А., Егорова С.В. Метабазиты Келейногубского массива Беломорского подвижного пояса Фенноскандинавского щита: состав, строение и условия метаморфизма // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2021. № 3. С. 25-37.

На диссертацию и автореферат поступило 10 отзывов (все положительные, из них три без замечаний) от: 1) к.г.-м.н., ученого секретаря ФГБУН Геологического института Кольского научного центра РАН Мудрука Сергея Владимировича (г. Апатиты); 2) к.г.-м.н., доцента, ведущего научного сотрудника, заведующего лабораторией флюидных процессов ФГБУН Института геологии и геохронологии докембрия РАН Бушмина Сергея Алексеевича (г. Санкт-Петербург); 3) д.г.-м.н., главного научного сотрудника, заведующего лабораторией геологии докембрия ФГБУН Геологического института Кольского научного центра РАН Каулиной Татьяны Владимировны (г. Апатиты); 4) к.г.-м.н., старшего научного сотрудника ФГБУН Института геологии и геохронологии докембрия РАН Березина Алексея Васильевича (г. Санкт-Петербург); 5) д.г.-м.н., главного научного сотрудника ФГБУН Геологического института Кольского научного центра РАН Балаганского Виктора Валентиновича (г. Апатиты); 6)

д.г.-м.н., заведующего лабораторией метаморфизма и метасоматоза ФГБУН Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения РАН Полянского Олега Петровича (г. Новосибирск); 7) к.г.-м.н., старшего научного сотрудника/инженера Школы наук о Земле и космосе Пекинского университета Ли Сяоли (г. Пекин); 8) д.г.-м.н., ведущего научного сотрудника лаборатории региональной геологии и геотектоники ФГБУН Института геологии и геохимии им. академика Заварицкого Уральского отделения РАН Козлова Павла Сергеевича (г. Екатеринбург); 9) к.г.-м.н., старшего научного сотрудника лаборатории петро- и рудогенеза, ФГБУН Института геологии и геохронологии докембрия РАН Азимова Павла Яковлевича (г. Санкт-Петербург); 10) д.г.-м. н., профессора РАН, и.о. заведующего кафедрой динамической геологии ФГБОУ ВО Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова Веселовского Романа Витальевича (г. Москва).

В отзывах отмечено, что диссертационная работа является актуальным научным исследованием, решающим сложную научную проблему метаморфической эволюции Гридинского комплекса, и вносит существенный вклад в понимание геодинамики раннего докембрия. Представленные соискателем выводы обоснованы значительным объемом оригинального фактического материала по петрологии и изотопной геохронологии высокobarических пород.

Основные замечания, вопросы и комментарии по автореферату и диссертации касаются:

1) корректности использования ряда терминов (Беломорская орогения, высокобарный метаморфизм как синоним эклогитового метаморфизма) (ведущая организация, официальный оппонент Скузоватов С.Ю.); 2) полноты обзора опубликованной информации по архейским и палеопротерозойским эклогитам Беломорья и других провинций (ведущая организация, Скузоватов С.Ю.); 3) детальности структурно-геологических исследований эклогитов на опорных участках (ведущая организация); 4) интерпретации вероятных протолитов метаморфических пород (ведущая организация, официальный оппонент Скузоватов С.Ю.); 5) причин локального проявления эклогитизации в дайках габброноритов (Березин А.В.); 6) сохранности реликтов минеральных парагенезисов раннего эклогитового метаморфизма в условиях наложенного гранулитового метаморфизма (официальный оппонент Скузоватов С.Ю., Березин А.В.); 7) метаморфической истории неоархейских гранитоидных жил в эклогитах

(Азимов П.Я.); 8) соотношения возраста и условий образования эклогитов и эндербитов (Березин А.В.); 9) дискусионности происхождения предполагаемых ранних включений симплектитов в омфациите и гранате, а также включений омфациита в цирконе (Березин А.В., Ли Сяоли); 10) реконструкции первичного состава омфациита на основании характеристик диопсид-плагноклазовых симплектитов (официальные оппонент Скузоватов С.Ю.); 11) интерпретации зональности граната, воспроизводимости предложенной модели его роста в различных образцах и причин распределения минеральных включений по зонам роста граната (официальный оппонент Скузоватов С.Ю., Березин А.В.); 12) применимости традиционных методов оценки РТ-параметров для полиметаморфических образований и роли сверхдавления в формировании высокобарических парагенезисов (ведущая организация, официальный оппонент Балтыбаев Ш.К., официальный оппонент Скузоватов С.Ю., Березин А.В.); 13) использования эффективного состава пород для фазового моделирования и причин значительного диапазона T для эклогитов (официальный оппонент Скузоватов С.Ю., Ли Сяоли); 14) обоснованности прогрессивного тренда для цоизититов и их происхождения (ведущая организация, официальный оппонент Скузоватов С.Ю., Козлов П.С.); 16) оценки состава флюида и содержания воды при использовании ПО «Perple_X» (официальный оппонент Балтыбаев Ш.К.); 15) детальности анализа результатов U-Pb датирования циркона (официальный оппонент Скузоватов С.Ю., Каулина Т.В.); 16) геодинамической интерпретации особенностей формирования и преобразования архейских и палеопротерозойских эклогитов (Березин А.В.); 17) неравновесного характера палеопротерозойского эклогитового метаморфизма (официальный оппонент Балтыбаев Ш.К., Березин А.В.); 18) оформления некоторых рисунков (Азимов П.Я., Каулина Т.В., Полянский О.П., Скузоватов С.Ю.);

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что Балтыбаев Ш. К. и Скузоватов С. Ю. являются высококвалифицированными специалистами в области геологии, петрологии и изотопной геохронологии докембрийских метаморфических комплексов. Оппоненты имеют многочисленные публикации в высокорейтинговых изданиях в области исследования, соответствующей тематике диссертации, и способны объективно оценить данную работу.

Выбор ведущей организации обосновывается тем, что направление исследовательской деятельности лаборатории тектоники раннего докембрия Федерального

государственного бюджетного образовательного учреждения науки «Геологический институт Российской академии наук» полностью соответствует тематике диссертации, а специалисты могут объективно и аргументированно оценить научную и практическую значимость диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненным соискателем исследований:

Разработана модель метаморфической эволюции Гридинского комплекса, **предложено** обоснование двух разновозрастных (архейского и палеопротерозойского) этапов эклогитового метаморфизма; **построена** детальная карта геологического строения Гридинского комплекса; **доказано** формирование высокобарических парагенезисов в эклогитах и гранатовых ортопироксенитах до внедрения секущих метаэндербитов и даек габброноритов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что доказаны следующие положения:

- В Гридинском комплексе Беломорской провинции формирование палеопротерозойского (1.9 млрд лет) эклогитового парагенезиса (Grt-Omp, $P=14-17$ кбар, $T=700-800^{\circ}\text{C}$) происходило в тектонических зонах по породам основного состава, слагающим дайки палеопротерозойских (2.4, 2.1 млрд лет) габброидов и будинированные тела ранних эклогитов. Палеопротерозойская эклогитизация имеет преимущественно локальный неравновесный характер: прослеживается в краевых частях геологических тел, при этом в породах часто сохраняются ранние метаморфические структуры и минеральные парагенезисы.

- В Гридинском комплексе Беломорской провинции будинированные тела ранних эклогитов (Grt-Omp-Qz-Rt $\pm$ Zo,Ky) и гранатовых ортопироксенитов (Grt-Opx-Qz) сформировались в условиях эклогитовой фации в неоархее (~2.7 млрд лет). Неоархейский возраст эклогитов установлен как по геологическим данным: они секутся жилами неоархейских (2.72 и 2.68 млрд лет) гранитоидов, так и по результатам изотопного датирования метаморфогенных цирконов, содержащих минеральные включения граната и омфацита.

- Метаморфические преобразования эндербитов, тела которых секут будины ретроградно преобразованных эклогитов и, в свою очередь, секутся неэклогитизированными дайками палеопротерозойских (2.4 млрд лет) габброноритов, фиксируют ре-

троградную стадию архейского метаморфизма (2.72 млрд лет) в условиях высокобарной гранулитовой фации ($P = 11$ кбар, $T = 740^{\circ}\text{C}$).

Применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс современных методов: геологических, петрологических, геохимических и геохронологических для изучения пород Гридинского метаморфического комплекса. Методы оптической и электронной микроскопии использованы для петрографической характеристики более 500 образцов. Для 56 образцов определен состав минералов методом энергодисперсионной рентгеновской спектromетрии. Для 23 образцов определены содержания петрогенных и редких элементов методами силикатного химического анализа и ICP-MS. Для 5 образцов получены определения возраста U-Pb методом по циркону (SHRIMP II и LA-ICP-MS).

В диссертационной работе **обобщены** многолетние исследования эклогитов Беломорской провинции и **изложены** новые материалы по геологическому строению Гридинского комплекса, соотношению архейских и протерозойских компонентов комплекса и их метаморфической эволюции. Впервые **получены** доказательства двукратного проявления эклогитового метаморфизма в раннедокембрийских комплексах около 2.7 и 1.9 млрд лет назад, установлены высокобарные условия формирования гранатовых ортопироксенитов и цоизититов, а также возраст метаэндербитов (2.7 млрд лет). **Проведено** обобщение информации о метаморфической эволюции и возрасте эклогитов Беломорской провинции и сопоставление ее с полученными в ходе исследования P-T-t трендами для пород Гридинского комплекса.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики определяется тем, что новые данные могут быть использованы при проведении геолого-съёмочных работ по изучению высокобарических метаморфических комплексов, реконструкции истории развития этих регионов в раннем докембрии, а также в образовательном процессе.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что аналитические данные получены с помощью современного сертифицированного оборудования. Состав пороодообразующих минералов определен в ЦКП КарНЦ РАН, г. Петрозаводск на сканирующем микроскопе VEGA II LSH с энергодисперсионным анализатором INCA Energy 350. Химический состав пород определен методами силикатного анализа и ICP-MS в ЦКП КарНЦ РАН (Петрозаводск). U-Th-Pb датирование цирконов про-

водилось на ионном микрозонде высокого разрешения SHRIMP II в Центре изотопных исследований ВСЕГЕИ им. А.П. Карпинского (ЦИИ ВСЕГЕИ, г. Санкт-Петербург) и методом LA-ICP-MS в Пекинском университете (Китай) на приборе ICP-MS Agilent 7500 Ce с системой лазерной абляции Complex Pro102. Обработка изотопных данных проводилась в программе Isoplot (Ludwig, 2012). Кристаллохимические формулы минералов были рассчитаны при помощи программы Minal3 (Д. В. Доливо-Добровольским, ИГГД РАН) и электронных Excel-таблиц Make_Mineral (Е. Курдюков, С. Абрамов, ИГЕМ РАН, 2004) и ACES (Locock, 2014), термодинамические расчеты P-T параметров метаморфизма проведены в программных комплексах Perple_X (Connolly, 2005) и TWQ (Berman, 1988). Для подготовки графических материалов использована программа CorelDRAW 12.

Идеи диссертации базируются на представлениях о составе, строении, характерных минеральных парагенезисах эклогитов, их формировании в субдукционных и коллизионных геодинамических обстановках (Eskola 1920; Tsujimori, Mattinson, 2020; Desmons and Smulikowski, 2007; Добрецов, 1998; Stern, 2005; O'Brien, 2018; Brown, Johnson, 2018), а также на представлениях о начале действия современного стиля тектоники литосферных плит в докембрии (Caby, 1994; Moeller et al., 1995; Parkinson et al., 2001; John, Schenk, 2003; Baldwin et al., 2004; Brown, 2006, 2007; O'Neill, Zhang, 2019; Herzberg et al., 2010; Perchuk et al., 2020). В работе **использовано** сравнение полученных результатов с опубликованными данными по геологическому строению, P-T условиям метаморфизма, геохронологическому исследованию эклогитов, пироксенитов и габброноритов Беломорской провинции (Володичев, 1990; Володичев и др., 2004; Минц и др., 2010; Скублов и др., 2010, 2011, 2012, 2016; Perchuk, Morgunova, 2014; Li et al., 2015; Volodichev et al., 2014, 2021; Balagansky et al., 2015, 2019; Yu et al., 2017, 2019; Козловский и др., 2020; Mints, Dokukina, 2020; Skublov et al., 2021; Melnik et al., 2021). Соискателем **получены** убедительные геохронологические доказательства проявления двух этапов эклогитового метаморфизма в Гридинском комплексе, что не противоречит имеющимся данным по геологическому строению и представлениям о многоэтапной метаморфической эволюции высокобарических комплексов в Беломорской провинции. Результаты исследования не противоречат общеизвестным фактам, являются научно-обоснованными и аргументированными.

В работе **использованы** современные методы анализа состава минералов, их микроструктурных взаимоотношений и реконструкции P-T-t трендов высокобарических пород, а также локального изотопного датирования цирконов. Соискателем **изучена представительная коллекция** из более 500 образцов эклогитов, амфиболитов, пироксенитов, цоизититов, метаэндербитов, габброноритов и ТТГ гнейсов Гриндинского комплекса, отобранных лично в ходе полевых работ, а также представленных сотрудниками лаборатории геологии и геодинамики докембрия ИГ КарНЦ РАН.

Личный вклад соискателя состоит в геологическом картировании опорных участков, сборе и подготовке проб для петрогеохимических, микрозондовых и геохронологических исследований, петрографическом изучении пород и микрозондовом определении химического состава минералов и кристаллических включений в гранате и цирконе; оценке параметров метаморфизма и реконструкции P-T-t трендов для породных ассоциаций Гриндинского комплекса, синтезе и интерпретация всех полученных данных. Совместно с соавторами написаны тексты статей. Результаты исследований представлены на всероссийских и зарубежных конференциях, опубликованы в 26 работах, из них 9 статей в журналах из списка ВАК и Web of Science.

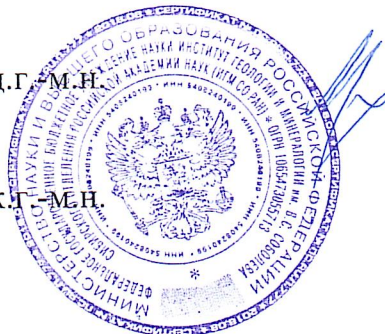
На заседании 29.02.2024 г. диссертационный совет принял решение присудить Максимова О.А. ученую степень кандидата геолого-минералогических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 9 докторов наук и 1 кандидат наук по специальности 1.6.3 и 8 докторов по специальности 1.6.10, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» - 18, «против» - 0, «недействительных бюллетеней» - 0.

Председатель
диссертационного совета, д.г.-м.н.

Ученый секретарь
диссертационного совета, к.т.-м.н.

01.03.2024 г.



А.Э. Изох

А.В. Котляров