

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 14 марта 2024 г. № 03/7

О присуждении **Рединой Анне Андреевне**, гражданину РФ, ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Диссертация **«Условия формирования флюоритовой минерализации карбонатитов Западного Забайкалья (Аршан, Южное и Улан-Удэнское) и Южной Монголии (Мушугай-Худук)»** по специальности 1.6.10 – «Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения», принята к защите 26 декабря 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, проспект Академика Коптюга, 3) приказ МИНОБРНАУКИ № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель **Редина Анна Андреевна**, 1990 года рождения, в 2014 году окончила магистратуру Новосибирского государственного университета. по направлению «Геология» диплом № 105424 0540141. В 2017 году окончила очную форму обучения по основной профессиональной образовательной программе высшего образования программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по специальности 1.6.10 – «Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения».

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук.

Научный руководитель – доктор геолого-минералогических наук **Дорошкевич Анна Геннадьевна**, заведующий лабораторией рудоносности щелочного магматизма ИГМ СО РАН.

Официальные оппоненты: **Перетяжко Игорь Сергеевич**, доктор геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04 – «Петрология, вулканология», заведующий лабораторией физико-химической петрологии и генетической минералогии Института геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук (ИГХ СО РАН); **Сорохтина Наталья Владиславовна**, кандидат геолого-минералогических наук по специальности 04.00.20 – «Минералогия, кристаллография», старший научный сотрудник лаборатории геохимии и рудоносности щелочного магматизма Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН) дали **положительные отзывы на диссертацию**.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр Российской академии наук» (ФИЦ КНЦ РАН), г. Апатиты, в своем положительном заключении, подписанном **Карповым Алексеем Сергеевичем**, главным ученым секретарем ФИЦ КНЦ РАН, кандидатом технических наук, **Мудруком Сергеем Владимировичем**, ученым секретарем Геологического института КНЦ РАН, кандидатом геолого-минералогических наук и **Михайловой Юлией Александровной**, кандидатом геолого-минералогических наук, ведущим научным сотрудником лаборатории комплексного

анализа уникальных рудоносных систем Геологического института КНЦ РАН, указала, что диссертационная работа Рединой А.А. представляет собой законченное научное исследование, в котором впервые получены данные по редкоземельному составу флюоритовой минерализации связанной с карбонатитами из позднемезозойских комплексов Западного Забайкалья и Южной Монголии и новые сведения о физико-химических параметрах образования флюоритовых руд. Эта информация имеет важное значение для петрологического моделирования эволюции щелочно-карбонатитовых комплексов.

Соискатель имеет 21 опубликованную работу по теме диссертации, в том числе 9 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, из списка, рекомендованного ВАК:

1. Prokopyev I.R., Doroshkevich A.G., **Redina A.A.**, Obukhov A. Magnetite-apatite-dolomitic rocks of Ust-Chulman (Aldan shield, Russia): Seligdar-type carbonatites? // *Mineralogy and Petrology*. – 2017. – V. 112. – Iss. 2. – P. 257-266. <https://doi.org/10.1007/s00710-017-0534-y>

2. Nikolenko A.M., **Redina A.A.**, Doroshkevich A.G., Prokopyev I.R., Ragozin A.L., Vladyskin N.V. The origin of magnetite-apatite rocks of Mushgai-Khudag complex, South Mongolia: Mineral chemistry and studies of melt and fluid inclusions // *Lithos*. – 2018. – V. 320-321. – P. 567-582. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2018.08.030>

3. Prokopyev I.R., Doroshkevich A.G., Sergeev S.A., Ernst R., Ponomarev J.D., **Redina A.A.**, Chebotarev D.A., Nikolenko A.M., Dultsev V.F., Moroz T.N., Minakov A.V. Petrography, mineralogy and SIMS U-Pb geochronology of 1.9–1.8 Ga carbonatites and associated alkaline rocks of the Central-Aldan magnesiocarbonatite province (South Yakutia, Russia) // *Mineralogy and Petrology*. – 2019. – V. 113. – P. 329-352. <https://doi.org/10.1007/s00710-019-00661-3>

4. Prokopyev I.R., Doroshkevich A.G., Ponomarchuk A.V., **Redina A.A.**, Yegitova I.V., Ponomarev J.D., Sergeev S.A., Kravchenko A.A., Ivanov A.I., Sokolov E.P., Kardash E.A., Minakov A.V. U-Pb SIMS and Ar-Ar geochronology, petrography, mineralogy and gold mineralization of the late Mesozoic Amga alkaline rocks (Aldan shield, Russia) // *Ore Geology Reviews*. – 2019. – V. 109. – P. 520-534. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2019.05.011>

5. Рипп Г.С., Прокопьев И.Р., Избродин И.А., Ласточкин Е.И., Рампилов М.О., Дорошкевич А.Г., **Редина А.А.**, Посохов В.Ф., Савченко А.А., Хромова Е.А. Бастнезит-флюоритовые породы улан-удэнского проявления (минеральный состав, геохимические особенности, проблемы генезиса) // *Геология и геофизика*. – 2019. – Т.60. – № 12. – С.1754-1774. <https://doi.org/10.15372/GiG2019122>

6. **Redina A.A.**, Nikolenko A.M., Doroshkevich A.G., Prokopyev I.R., Wohlgemuth-Ueberwasser C., Vladyskin N.V. Conditions for the crystallization of fluorite in the Mushgai-Khudag complex (Southern Mongolia): Evidence from trace element geochemistry and fluid inclusions // *Geochemistry*, Available online 12 June 2020. <https://doi.org/10.1016/j.chemer.2020.125666>

7. Nikolenko A.M., Doroshkevich A.G., Ponomarchuk A.V., **Redina A.A.**, Prokopyev I.R., Vladyskin N.V., Nikolaeva I.V. Ar-Ar geochronology and petrogenesis of the Mushgai-Khudag alkaline carbonatite complex (southern Mongolia) // *Lithos*. – 2020. – V. 372-373. – 105675. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2020.105675>

8. **Redina A.A.**, Doroshkevich A.G., Veksler I.V., Wohlgemuth-Ueberwasser C.C. Fluorite Mineralization Related to Carbonatitic Magmatism in the Western Transbaikalia: Insights from Fluid Inclusions and Trace Element Composition // *Minerals*. – 2021. – V. 11(11). – 1183. <https://doi.org/10.3390/min11111183>

9. **Редина А.А.**, Дорошкевич А.Г., Прокопьев И.Р., Избродин И.А., Yang Y. Возраст и источники РЗЭ-флюоритовых проявлений Южное и Улан-Удэнское, связанных с

карбонатитовым магматизмом (Западное Забайкалье, Россия) // Геодинамика и тектонофизика. - 2023. - Т.14. - № 6. – 0728. <https://doi.org/10.5800/GT-2023-14-6-0728>

На диссертацию и автореферат поступило 7 отзывов (все положительные) от: 1) Попова М.П., к.г.-м.н., доцента кафедры геологии, минералогии и петрографии ФГБОУ ВО Уральского государственного горного университета (г. Екатеринбург); 2) Толстова А.В., д.г.-м.н., академика Академии наук РС(Я), первого заместителя Председателя Западно-Якутского научного центра АН РС(Я), ведущего научного сотрудника Института геологии алмаза и благородных металлов СО РАН (г. Якутск); 3) Волкова А.В., д.г.-м.н., заведующего лабораторией геологии рудных месторождений и Соболева И.Д., к.г.-м.н., с.н.с., сотрудников Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (г. Москва); 4) Солововой И.П., д.г.-м.н., ведущего научного сотрудника Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (г. Москва); 5) Никифорова А.В., д.г.-м.н., ведущего научного сотрудника Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (г. Москва); 6) Дамдиновой Л.Б., к.г.-м.н., ведущего научного сотрудника Геологического института им. Н.Л. Добрецова СО РАН (г. Улан-Удэ); 7) Шарыгина И.С., к.г.-м.н., заведующего лабораторией петрологии, геохимии и рудогенеза, и Савельевой В.Б., к.г.-м.н., с.н.с., сотрудников Института земной коры СО РАН (г. Иркутск).

В отзывах отмечено, что использование современных аналитических методов в диссертационной работе позволило обосновать генетическую связь флюоритовой минерализации и щелочно-карбонатитового магматизма, выделить критерии для ее классификации и решить важную проблему, касающуюся генезиса этих образований. Работа является актуальным научным исследованием, а полученные результаты подтверждаются значительным числом публикаций соискателя в рецензируемых изданиях, рекомендуемых ВАК.

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

1) не совсем корректного применения терминов «месторождение», «руднопроявление», «мезозойская эпоха», «позднемагматический» и использование устаревшего термина «пневматолитовый» (ведущая организация, Соболев И.Д. и Волков А.В., официальный оппонент Перетяжко И.С.); 2) описания научной новизны работы (официальный оппонент Сорохтина Н.В.). 3) структуры диссертации, а именно выделения методов исследования в отдельную главу (официальный оппонент Сорохтина Н.В.); 4) отсутствия в методике описания термодинамических параметров измерений для таблиц 10 и 11 (официальный оппонент Перетяжко И.С.); 5) отсутствия детального описания флюоритсодержащих пород и особенностей их взаимоотношения с вмещающими комплексами (ведущая организация, официальный оппонент Перетяжко И.С., Попов М.П., Никифоров А.В., Дамдинова Л.Б.); 6) излишне краткой информации о процессах и моделях формирования карбонатитовых или карбонатных расплавов в коровых Р-Т условиях, а также данных о генезисе флюоритовой магматической минерализации (официальный оппонент Перетяжко И.С.); 7) отсутствия обзора работ о процессе фторидно-силикатной жидкостной несмешиваемости при участии флюоритового расплава в ходе формирования флюорит-содержащих изверженных пород и рудных месторождений (официальный оппонент Перетяжко И.С.); 8) дискуссионности принадлежности флюоритов Улан-Удэнского проявления к одной группе (официальный оппонент Перетяжко И.С.); 9) отсутствия данных о геохимии рассматриваемых пород и составам минералов, кристаллизующихся совместно с флюоритом (официальный оппонент Сорохтина Н.В., официальный оппонент Перетяжко И.С.); 10) причин использования только REE, Y, Sr и Zr+Nb+Ta при определении микроэлементного

состава флюорита (официальный оппонент Перетяжко И.С.); 11) неопределенности выводов о закономерности между вариациями содержаниями РЗЭ и интенсивности окраски флюорита (ведущая организация, официальный оппонент Сорохтина Н.В.); 12) по стилю изложения главы 3 (официальный оппонент Перетяжко И.С.); 13) формулировки первого защищаемого положения (Толстов А.В.); 14) недостаточности изображений флюоритсодержащих пород и детальных фото взаимоотношения различных типов флюидных включений (ФВ) в зернах флюорита (официальный оппонент Перетяжко И.С.); 15) характеристики свойств кристаллов ангидрита во ФВ позднемагматического и гидротермального флюорита (Попов М.П.); 16) изложения состава водного раствора (Соловова И.П.); 17) заряда REEF^{2+} комплексов (официальный оппонент Сорохтина Н.В., Шарыгин И.С.); 18) различия формулировки состава минералообразующего флюида при обсуждении ФВ по тексту и его определения во втором защищаемом положении (официальный оппонент Перетяжко И.С., Попов М.П., Шарыгин И.С.); 19) обработки и интерпретации термодатиметрических данных и рамановских спектров (официальный оппонент Перетяжко И.С.); 20) совместного образования датируемого бастнезита и флюорита (ведущая организация); 21) неполноты выводов и отсутствия ссылок о роли неопротерозойско-палеозойской субдукции в обсуждении результатов в автореферате (Соболев И.Д. и Волков А.В., Шарыгин И.С.); 22) дискуссионности участия коровой контаминации в формировании исследуемых пород (официальный оппонент Перетяжко И.С.); 23) оформления некоторых рисунков в диссертации и автореферате (официальный оппонент Сорохтина Н.В., Соболев И.Д. и Волков А.В., Никифоров А.В.).

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что Перетяжко И.С. и Сорохтина Н.В. являются признанными экспертами в области петрологии, минералогии и геохимии щелочно-карбонатитовых комплексов, имеют множество публикаций в соответствующей данной диссертационной работе сфере исследования и способны объективно оценить работу.

Выбор ведущей организации – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр Российской академии наук» (ФИЦ КНЦ РАН), обосновывается тем, что направление научно-исследовательской деятельности лаборатории комплексного анализа уникальных рудоносных систем ФИЦ КНЦ РАН полностью соответствуют тематике диссертации, и ее сотрудники имеют значительный опыт изучения щелочно-карбонатитовых комплексов различных регионов мира.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Определены особенности микроэлементного состава флюоритов Западного Забайкалья и Южной Монголии, связанных с щелочно-карбонатитовым магматизмом и установлены физико-химические условия их образования; доказано многостадийное формирование флюоритовой минерализации на исследуемых объектах; получены возрастные оценки для флюоритовой минерализации проявлений Южное и Улан-Удэнское, коррелирующие по времени с позднемезозойским щелочно-карбонатитовым магматизмом в Центрально-Азиатском складчатом поясе.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что доказаны следующие положения:

1. Полученные редкоэлементные характеристики флюоритов исследуемых объектов – высокие концентрации РЗЭ, обогащение легкими РЗЭ, отсутствие ярко выраженной отрицательной или положительной европиевой аномалии – являются характерными чертами флюоритов, связанных с карбонатитовым магматизмом. Флюорит формировался на позднемагматической и гидротермальной стадиях.

2. Формирование флюоритовой минерализации на ранней (позднемагматической) стадии происходило из сульфатно-карбонатно-фтористых высокотемпературных (температуры гомогенизации 490-560 °С) рассол-расплавов. Флюорит поздней (гидротермальной) стадии кристаллизовался из концентрированных карбонатно-сульфатно-хлоридно-фтористых среднетемпературных (температуры гомогенизации 350-450 °С) флюидных растворов.

3. Флюоритовая минерализация проявлений Южное и Улан-Удэнское формировалась в возрастном диапазоне 137-130 млн лет, что совпадает с этапом проявления позднемезозойского щелочно-карбонатитового магматизма в Центрально-Азиатском складчатом поясе.

Применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс современных методов: геохимических, термобарогеохимических, геохронологических и изотопно-геохимических. Соискателем получено 196 анализов микроэлементного состава флюорита (154 достоверных) по 63 образцам методом LA-ICP-MS. Проведено изучение 50 прозрачно-полированных пластинок: оптическое исследование, Раман-спектроскопия, микротермометрия. LA-ICP-MS методом определен возраст и Nd изотопный состав бастнезита.

В диссертационной работе **обобщены** литературные и новые данные о геологическом строении районов исследования и минеральном составе проявлений щелочно-карбонатитового магматизма Западного Забайкалья и Южной Монголии. Впервые **приведены** сведения о микроэлементном составе флюоритов и данные о физико-химических условиях их формирования. **Установлен** источник и возраст флюоритсодержащих пород исследуемых проявлений. **Проведено сравнение** результатов автора с опубликованными данными по флюоритовым месторождениям Мира.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики заключается в формировании критериев для определения генетических типов флюоритовой минерализации, в возможности использования микроэлементного состава минерала для идентификации источника минералообразующих флюидов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что в основу исследований легли аналитические данные, полученные при помощи современного высокоточного оборудования. Оптические исследования проводились на микроскопе Olympus BX51. Для проведения LA-ICP-MS использовались Geolas эксимерный лазер Compex Pro 193 нм, подключенный к масс-спектрометру Thermo iCAP TQ и ICP-MS на основе квадрупольного масс-анализатора xSeries 2, Thermo Scientific в сочетании с системой лазерной абляции NWR 213. Микротермометрические эксперименты над флюидными включениями проводились в микротермокамере Linkam THMSG-600. Состав фаз, распознанных во включениях, установлен при помощи Раман микроспектрометра Horiba Jobin Yvon LabRAM HR800, оборудованного 532-нм лазером Nd:YAG и микроскопом Olympus BX41. Возраст бастнезита получен LA-ICP-MS методом (Agilent 7500a ICP-MS, Agilent Technologies, Japan), с системой (ESI) эксимерной лазерной абляции NewWare 193 FX ARF с длиной волны 193 нм (Geolas 2005, Lambda Physik, Gottingen, Germany). Изотопный состав Nd бастнезита определен с использованием Neptune MC-ICP-MS в сочетании с системами абляции эксимерным лазером ArF с длиной волны 193 нм.

Теория построена на результатах геохимических, изотопно-геохимических и геохронологических исследованиях проявлений флюоритовой минерализации, а также изучения флюидных включений во флюоритах. Идея диссертации базируется на эмпирических данных по фазовому составу и температурам гомогенизации флюидных включений во флюоритах различных генетических типов [Palmer and Williams-Jones,

1996; Santos et al., 1996; Андреева, 2000; Bühn et al., 2002; Rankin et al., 2003; Xu et al., 2012; Прокопьев и др., 2014; Smith et al., 2015; Shu and Liu, 2019] и представлениях о различиях микроэлементного состава флюоритов, генетически связанных с различными типами магматизма или не имеющих такой связи [Kesler, 1977; Strong et al., 1984; Palmer and Williams-Jones, 1996; Santos et al., 1996; Bühn et al., 2002; Flores et al., 2006; Булнаев, 2006; Sanchez et al., 2009; Burisch et al., 2016; Magotra et al., 2017; Liu et al., 2018 и др.]. В работе **использовано сравнение полученных результатов** с опубликованными данными по: различным генетическим типам флюоритовых месторождений и проявлений Забайкалья, Тувы, Китая, Индии, Намибии, Малави, Мексики, Франции и Египта [Palmer and Williams-Jones, 1996; Santos et al., 1996; Bühn et al., 2002; Sizaret et al., 2004; Куприянова и др., 2009; Xu et al., 2012; Прокопьев и др., 2014; Broom-Fendley et al., 2017; Liu et al., 2018; Ласточкин и др., 2021]; о возрасте и Nd изотопных характеристиках щелочно-карбонатитовых комплексов Забайкалья, Тувы и Южной Монголии [Владыкин, 2005; Сальникова и др., 2010; Дорошкевич, 2013; Baatar et al., 2013; Prokoryev et al., 2016; Рипп и др., 2019; Nikiforov and Yarmolyuk, 2019; Nikolenko et al., 2020; Yang et al., 2021]. **Установлена согласованность результатов исследования** со сведениями о микроэлементном составе и флюидных включениях флюоритов, связанных с щелочно-карбонатитовым магматизмом. Полученные материалы не противоречат общеизвестным фактам, являются научно-обоснованными и аргументированными. **Использованы** современные методики анализа геохимических, термобарогеохимических и изотопных данных. Соискателем были изучены порядка 60 образцов флюоритосодержащих пород из коллекций Лаборатории рудоносности щелочного магматизма ИГМ СО РАН и Лаборатории петрологии ГИН СО РАН.

Личный вклад соискателя состоит в обработке предоставленного каменного материала и подготовке препаратов для аналитических работ. Автор непосредственно планировала и проводила аналитические и экспериментальные исследования. Соискателем самостоятельно выполнен анализ и интерпретация полученных данных. Систематизирован и использован для сопоставления большой объем литературных данных о флюоритовой минерализации Мира. Основные результаты представлены в статьях рецензируемых журналов и в материалах международных конференций.

На заседании 14.03.2024 г. диссертационный совет принял решение присудить Рединой А.А. ученую степень кандидата геолого-минералогических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 9 докторов наук и 1 кандидат наук по специальности 1.6.3 и 10 докторов наук по специальности 1.6.10, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 20, против – 0, недействительных - 0.

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

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

15.03.2024 г.



А.Э. Изох

А.В. Котляров