

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.053.01,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ИМ. А.П.  
ВИНОГРАДОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ  
АКАДЕМИИ НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ  
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 05.10.2023 г. № 7

О присуждении Воробей Софьи Сергеевны учёной степени кандидата  
геолого-минералогических наук

Диссертация «Метасоматические ассоциации минералов пород кратонной литосферной мантии на примере ксенолитов трубок Мир и Обнаженная, Якутия», по специальности 1.6.4 – Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых, принята к защите 4 июля 2023 ( протокол заседания № 6) диссертационным советом 24.1.053.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук, 664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, д. 1А, приказ Минобрнауки РФ о создании совета № 93/нк от 26 января 2023 г.

Соискатель Воробей Софья Сергеевна, 03 марта 1993 года рождения, в 2015 году с отличием окончила геологический факультет Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Сибирский Федеральный университет» по направлению подготовки 102424 1188681 «Горный инженер» по специальности 130306 Прикладная геохимия, петрология, минералогия присуждена степень специалиста (диплом № 12/325). В 2020 году с представлением выпускной квалификационной работы окончила аспирантуру очной формы обучения Московского государственного

университета имени М.В. Ломоносова «МГУ имени М.В. Ломоносова» по направлению 05.06.01 «Науки о Земле» с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь» (диплом АА № 002961).

Работает с 2016 года младшим научным сотрудником лаборатории моделирования гидрогеохимических и гидротермальных процессов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского (ГЕОХИ РАН), г. Москва.

Диссертация выполнена в лаборатории моделирования гидрогеохимических и гидротермальных процессов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского.

Научный руководитель – доктор геолого-минералогических наук Гаранин Виктор Константинович, профессор, научный руководитель Минералогического музея имени А.Е. Ферсмана РАН, г. Москва.

Официальные оппоненты:

Зинчук Николай Николаевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик АН РС (Я), Председатель Западно-Якутского научного центра (ЗЯНЦ) АН РС (Я), г. Мирный, РС (Я).

Агашев Алексей Михайлович, кандидат геолого-минералогических наук, старший сотрудник лаборатории литосферной мантии и алмазных месторождений, Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева, г. Новосибирск, **дали положительные отзывы на диссертацию.**

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН), г. Москва, в своём положительном отзыве, подписанным доктором геолого-минералогических наук, академиком РАН, Ярмолюком Владимиром Викторовичем, заведующим лабораторией редкометального магматизма

ИГЕМ РАН, доктором геолого-минералогических наук, Носовой Анной Андреевной, зав. лабораторией петрографии ИГЕМ РАН и кандидатом геолого-минералогических наук Лебедевой Наталией Михайловной, ученым секретарем лаборатории петрографии и лаборатории редкометального магматизма ИГЕМ РАН, указала, что представленная диссертационная работа выполнена на высоком профессиональном уровне и является законченной научно-квалификационной работой, совокупность защищаемых положений диссертации показывает, что в ней представлено решение задач, имеющих важное научное и практическое значение, диссертационная работа соответствует критериям, установленным п. 9-11, 13 и 14 Постановление Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 «Положение о порядке присуждения ученых степеней» для ученой степени кандидата наук.

Соискатель имеет 20 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 20 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 5 работ. Недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах в диссертации отсутствуют; работы соискателя публиковались в таких рецензируемых изданиях, как Доклады РАН, Minerals, Вестник московского университета в РМО, соискатель является первым автором в одной публикациях по теме диссертации.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Воробей С.С.**, Гаранин В.К., Минервина Е.А., Посухова Т.В., Вэйшэн С. Минералогические и геохимические особенности мантийных ксенолитов из алмазоносных кимберлитов Китая и Якутии // Вестник московского университета. С.4. 2020. 1. С. 21-27.

2. Бутвина В.Г., **Воробей С.С.**, Сафонов О.Г., Варламов Д.А., Бондаренко Г.В., Шаповалов Ю.Б. Экспериментальное изучение образования хромистого прайдерита и имэнгита- продуктов модального мантийного метасоматоза // Доклады РАН. 2018. Т. 486. №6. С. 709-713.

3. Dymshits A.M., Sharygin I.S., Malkovets V.G., Yakovlev I.V., Gibsher A.A., Alifirova T.A., **Vorobei S.S.**, Patapov S.V., Garanin V.K. Thermal state, thickness and composition of the lithospheric mantle beneath the upper Muna kimberlite fields (Siberian craton) constrained by clinopyroxene xenocrysts and comparison with Daldyn and Mirny fields // Minerals. 2020. T.10. No. 6. P. 549.

4. Butvina V.G., Safonov O.G, Van K.V., **Vorobey S.S.**, Limanov E.V., Kosova S.A., Bondarenko G.V., Garanin V.K. Experimental study of reactions forming phlogopite and potassic titanates as mineral indicators of metasomatism in the upper mantle//Geochemistry International. 2021. V. 59. No.8. P.757–777.

5. Чуканов Н.В., **Воробей С.С.**, Ермолаева В.Н., Варламов Д.А., Плечов П.Ю., Янчев С., Бовкун А.В. Новые данные о химическом составе и колебательных спектрах минералов группы магнетоплюмбита // РМО. 2018. Т. 147. № 3. С. 44–59.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

**Каминского Феликса Витольдовича**, д.г.-м.н., профессора, член-корр. РАН, главного научного сотрудника ГЕОХИ РАН, г. Москва; от коллектива авторов Центрального научно-исследовательского геологоразведочного института цветных и благородных металлов: **Голубева Юрия Конкордьевича**, к.г.-м.н., начальника отдела алмазов и **Прусаковой Натальи Александровны**, к.г.-м.н., зав. лаборатории геолого-геофизических методов прогнозирования и поисков месторождений алмаза; **Сазонова Анатолия Максимовича**, д.г.-м.н., профессора, профессора кафедры геологии, минералогии и петрографии института Цветных металлов и золота, «Сибирский Федеральный Университет», г. Красноярск; **Булах Марии Олеговны**, к.г.-м.н., ведущий специалист лаборатории физических методов исследования минералов, кафедры минералогии Геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова; от **Олега Геннадьевича Сафонова**, д.г.-м.н., профессор РАН, директора Института экспериментальной минералогии им. академика Д.С. Коржинского (ИЭМ РАН) и **Валентины Григорьевны Бутвиной**, к.г.-м.н., Ио зав. Лабораторией метаморфизма, магматизма и

геодинамики литосферы г. Черноголовка; **Асавина Алексея Михайловича**, к.г.-м.н, научного сотрудника Лаборатории геохимии и рудоносности щелочного магматизма Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского, г. Москва; **Гибшер Анастасии Анатольевны**, к.г.-м. наук, начальника научно-геологического центра Виллойской геологоразведочной экспедиции АК «АЛРОСА» (ПАО), г. Мирный; **Кошкарева Дениса Анатольевича**, к.г.-м.н., начальника отдела прогноза, Управления минерально-сырьевой базы АК «АЛРОСА» (ПАО), г. Мирный; **Криулиной Галины Юрьевны**, к.г.-м. наук, доцента кафедры Минералогии и геммологии РГГРУ им. С. Орджоникидзе, г. Москва; **Мальковец Владимира Григорьевича**, к.г.-м.н., эксперт экспертно-геологического центра «АЛРОСА», г. Мирный.

Во всех отзывах на автореферат отмечается новизна проведенного исследования, широкое применение большого объема комплексных минералого-петрографических, геохимических и экспериментальных методов исследований мантийных ксенолитов из кимберлитовых трубок Мир и Обнаженная. Данные материалы исследования позволили существенно дополнить и расширить информацию о составе и строении литосферной мантии под Мирнинским кимберлитовым полем (трубка Мир) и Куойкским (трубка Обнаженная), что вносит существенный вклад в практическую и теоретическую значимость полученных результатов. Имеются вопросы и критические замечания, которые сводятся к следующему: в первом защищаемом положении при упоминании таких терминов как «низкотемпературный» и «высокотемпературный» необходимо привести оценки значений температуры, более точные указания на минеральные виды, описанные в изученных образцах.

В отзыве на диссертацию от ведущей организации работа охарактеризована положительно, при этом указаны ряд замечаний: в главах диссертации, где представлен литературный обзор, учитываются не все современные публикации, при интерпретации данных не был проведен

анализ альтернативных моделей как глубинного мантийного метасоматоза и участия в нем кимберлитовых расплавов, так и интерпретации происхождения мантийных ксенолитов. В отзыве Зинчука Николая Николаевича в качестве критического указано отсутствие сформулированных защищаемых положений в конкретных главах или указания, к каким частям работы они относятся. В отзыве Агашева Алексея Михайловича в качестве критического замечания указано, что в первом защищаемом положении при упоминании таких терминов как «низкотемпературный» и «высокотемпературный» необходимо привести оценки значений температуры.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что к.г.-м.н. Агашев А.М. и д.г.-м.н., профессор, академик Зинчук Н.Н., являются ведущими и сильными специалистами в минералогии, петрологии и геохимии мантийных ксенолитов, что подтверждается их многочисленными научными публикациями, в том числе статьями в рецензируемой российской и зарубежной печати, а также монографиями. Выбор ведущей организации Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН), г. Москва обоснован ведущими научными позициями его коллектива в изучении состава, строения и эволюции литосферной мантии Земли в различных районах. Научные труды сотрудников ИГМ СО РАН, посвященные минералого-петрографическим, геохимическим процессам, происходящим в условиях высоких давлений и температур, широко известны в России и за рубежом.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**Разработана** минералого-петрографическая и геохимическая модель последовательности различных метасоматических процессов на разных глубинах в результате эволюции мантийных ксенолитов под кимберлитовой трубкой Мир и Обнаженная;

**Предложена** систематика перидотитового, пироксенитового и эклогитового типов пород на основе минералого-петрографических особенностей, а также химического состава;

**Доказано**, что первоначальным породам литосферной мантии соответствуют гарцбургиты, дуниты, в процессе обогащения пород несовместимыми, РЗЭ появляются породы ряда лерцолитов, пироксенитов и эклогитов с высокой долей граната и пироксена в составе, которые впоследствии испытали воздействие метасоматизирующих карбонатных, силикатных расплавов, по мере продвижения ксенолитов к поверхности отмечается воздействие кимберлитового метасоматоза, который проявлен в виде келифитовых кайм разной мощности и минерального состава на гранатах. Присутствие редких К-Al-Ti-содержащих фаз (минерал, изоструктурный линдквиститу, имэнгит и матиасит) еще раз подтверждает влияние флюида, обогащенного Ti и K в результате воздействия мантийного глубинного метасоматоза;

**Введены** обобщающие данные о процессах и этапах изменения мантийных ксенолитов, а также приведены первые данные о редких K-Al-Ti-содержащих фазах в гранат-шпинелевом лерцолите из неалмазоносной трубки Обнаженная, а также результаты первых экспериментов по синтезу экзотических фаз (имэнгита, матиасита и K-Cr прайдерита, не содержащий Ba).

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

**доказано**, что было несколько этапов метасоматических преобразований различных серий пород из двух кимберлитовых трубок, одна из которых алмазоносная, Мир, а вторая неалмазоносная, трубка Обнаженная;

Применительно к проблематике диссертации **результативно использован** комплексный подход с применением современных минералого-петрографических, геохимических и экспериментальных методов исследований минералов из ксенолитов различных парагенезисов с

контролем качества анализов по международным стандартным образцам, а также использован обширный литературный материал российских и зарубежных источников по теме исследования;

**изложены** новые данные о химическом составе мантийных ксенолитов, а также химическому составу минералов и содержанию в них редких элементов из различных типов пород. Впервые были получены новые данные по минеральному содержанию редких К–титанатов, а также их синтезу в результате проведенных экспериментов;

**раскрыты** этапы эволюции мантийных ксенолитов в результате воздействия глубинного и кимберлитового метасоматоза в мантии;

**изучены** метасоматические процессы формирования основных минеральных фаз из ксенолитов кимберлитовой трубки Мир и Обнаженная, а также первые находки редких К-титанатов в неалмазоносной трубки Обнаженная;

**проведена модернизация** и уточнение химического состава минералов из ксенолитов различных типов пород, определение состава редких К-титанатов, а также методов расчета концентраций редких элементов в различных минералах из ксенолитов кимберлитовой трубки Мир и Обнаженная.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что результаты исследований вносят существенный вклад в изучение литосферной мантии под Сибирским кратоном и будут востребованы исследователями, специализирующимися на проблемах мантийной петрологии, геохимии и экспериментальной минералогии алмазоносности и неалмазоносности мантийных пород.

**Разработаны и внедрены**, при непосредственном участии соискателя, и успешно поставлены серии экспериментов по синтезу редких К-титанатов, что сделано впервые при реальных мантийных условиях, что доказывает их устойчивость в области стабильности алмазов, а также проведено сравнение алмазоносной и неалмазоносной трубок, что подтверждает различную



степень и воздействие глубинных метасоматических изменений под разными кимберлитовыми полями, что в будущем даст возможность райнировать Якутскую кимберлитовую провинцию по процессам метасоматических изменений;

**определены** минералого-петрографические, геохимические и экспериментальные особенности, изученных ксенолитов, из трубок Мир и Обнаженная, которые легли в основу характеристик различных метасоматических процессов;

**создан** перечень различий в проявленных метасоматических процессах под алмазоносной кимберлитовой трубкой Мир и неалмазоносной трубкой Обнаженная;

**представлены** предложения для дальнейших исследований метасоматических процессов, происходивших в литосферной мантии в районе кимберлитовых трубок Мир и Обнаженная.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

**для экспериментальных исследований** достоверность результатов подтверждается детальным изучением более 45 мантийных ксенолитов, для которых определены минеральный, макро- и микроэлементные составы, Исследования проведены с помощью аттестованных аналитических методик и с контролем качества аналитических данных на основе использования международных стандартных образцов, также поставлена серия экспериментов на установке НЛ-13Т при 5 ГПа и 1200 °С редких К-титанатов, которые впервые обнаружены в неалмазоносной кимберлитовой трубке Обнаженная;

**теория построена** на полученных данных по химическому составу пород, экспериментальных результатах и минералов из ксенолитов трубок Мир и Обнаженная, что позволяет сделать вывод об их генетическом происхождении, степени проявленных метасоматических процессах. Достоверность полученных и интерпретируемых данных подтверждается

использованием публикациями результатов исследования в рецензируемых журналах и их обсуждением на российских и международных конференциях;

**идея диссертационной работы базируется** на генетических представлениях о происхождении литосферной мантии под древними кратонами и ее последующей эволюции в результате метасоматических процессов;

**использованы** современные методы исследований: рентгеноспектральный микроанализ на растровом электронном микроскопе «Jeol JSM-6480L» и «JEOL JXA-8100», для диагностики вторичных минералов использовалась растровая электронная микроскопия (SEM) совместно с энергодисперсионной спектроскопией (EDS). Расшифровка кристаллической структуры предполагаемой новой минеральной фазы, проводилась на дифрактометре STOE IPDS-2T. Данные по редкоземельному (РЗЭ) и редкоэлементному (РЭ) составу минералов получены методом масс-спектрометрии ICP-MS с лазерной абляцией. Синтез редких К-титанатов проводился на установке «наковальня с лункой» НЛ-13Т. Также использованы литературные данные о ксенолитах из кимберлитовых трубок Мирнинского и Куйокского поля;

**установлено** происхождение и степень воздействия процессов метасоматоза из различных групп мантийных ксенолитов кимберлитовых трубок Мир и Обнаженная;

**Использована** представительная коллекция образцов (более 40 мантийных ксенолитов), позволившая получить статистически достоверные данные о химическом, минеральном и геохимическом составе;

**Полученные результаты** являются полностью оригинальными.

**Личный вклад соискателя** состоит в непосредственной работе с образцами, их систематизации и подготовке к аналитическим исследованиям, обработке и интерпретации полученных данных. Кроме того, соискателем выполнен большой объем минералогических и геохимических исследований по теме работы с применением современных аналитических методов, а также

проведены многочисленные экспериментальные по синтезу редких К-титанатов. При личном участии соискателя было выполнено более 2500 химических анализов минералов на рентгеновском электронно-зондовом микроанализаторе «Jeol JSM-6480L» (ЦКП МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва), JEOL JXA-8100 (ИЭМ РАН, г. Черноголовка), а также диагностика вторичных минералов в прожилках и трещинах, келифитовых каймах и структурах распада проводилась на электронных сканирующих микроскопах JEOL 6380LA, LEO 1430VP, JEOL JSM-6510LV, и Tescan MYRA 3 LMU (ИГМ СО РАН, г. Новосибирск). Воробей Софьей Сергеевной освоена методика описания шлифов под микроскопом, методы пробоподготовки к анализам, программы расчета P-T параметров кристаллизации минералов, а также в постановке экспериментов. Наиболее существенный вклад соискателем сделан в интерпретацию полученных результатов и формулировку оригинальных выводов, положенных в основу сформулированных защищаемых положений, а также в подготовку публикаций и представление докладов по теме исследования на конференциях.

В ходе защиты диссертации не было высказано существенных критических замечаний со стороны ведущей организации, оппонентов и в отзывах на автореферат, а те, которые были, носили, в основном, технический или рекомендательный характер, с которыми соискатель согласился. Соискатель Воробей С.С. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию.

На заседании 5 октября 2023 г. диссертационный совет принял решение за оригинальные авторские подходы в области комплексного и экспериментального изучения особенностей метасоматического изучения основных минералов глубинных ксенолитов из кимберлитовых пород присудить Воробей Софье Сергеевне ученую степень кандидата геолого-минералогических наук.

