

Форма «Т». Титульный лист заявки в Российский научный фонд
Конкурс 2022 года «Проведение исследований научными группами под руководством
молодых ученых» Президентской программы исследовательских проектов, реализуемых
ведущими учеными, в том числе молодыми учеными

Название проекта Реконструкция термального режима и состава литосферной мантии Сибирского кратона в районах проявления кимберлитового магматизма.	Номер проекта <div style="text-align: right;">22-77-10073</div> 	
	Отрасль знания: 07	
	Основной код классификатора: 07-205 Дополнительные коды классификатора: 07-109 07-114	
	Код ГРНТИ 38.33.17	
Фамилия, имя, отчество (при наличии) руководителя проекта: Дымшиц Анна Михайловна	Контактные телефон и e-mail руководителя проекта: +79134733273, A.Dymshits@gmail.com	
Полное и сокращенное наименование организации, через которую должно осуществляться финансирование проекта: федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук ИЗК СО РАН		
Объем финансирования проекта на первый год реализации проекта: 6000 тыс. руб.	Год начала проекта: 2022	Дата окончания проекта: 30 июня 2025 г.
Фамилии, имена, отчества (при наличии) основных исполнителей (полностью)	Калашникова Татьяна Владимировна Потапов Сергей Владимирович <i>(руководитель проекта в данной графе не указывается)</i>	
Гарантирую, что при подготовке заявки не были нарушены авторские и иные права третьих лиц и/или имеется согласие правообладателей на представление в Фонд материалов и их использование Фондом для проведения экспертизы и для обнародования (в виде аннотаций заявок).		
Подпись руководителя проекта _____ /А.М. Дымшиц/ Подпись руководителя организации* <small>* Либо уполномоченного представителя, действующего на основании доверенности или распорядительного документа. В случае подписания формы уполномоченным представителем организации (в т.ч. - руководителем филиала) к печатному экземпляру заявки <u>прилагается копия распорядительного документа или доверенности</u>, заверенная печатью организации. Непредставление копии распорядительного документа или доверенности в случае подписания формы уполномоченным представителем организации, а также отсутствие расшифровки подписи, является основанием недопуска заявки к конкурсу.</small> _____ / _____ / <div style="text-align: right;">Печать (при наличии) организации</div>		Дата регистрации заявки 10.02.2022 г.

Форма 1. Сведения о проекте

1.1. Название проекта

на русском языке

Реконструкция термального режима и состава литосферной мантии Сибирского кратона в районах проявления кимберлитового магматизма.

на английском языке

Reconstruction of the thermal state and composition of the lithospheric mantle beneath the kimberlite fields of the Siberian craton

Направление из Стратегии НТР РФ

Н7 Возможность эффективного ответа российского общества на большие вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий, социальных институтов на современном этапе глобального развития, в том числе применяя методы гуманитарных и социальных наук

Обоснование соответствия тематики проекта направлению из Стратегии НТР РФ: необходимо кратко сформулировать научную проблему (проблемы) и конкретные задачи в рамках выбранного направления, решению которых будет посвящен проект, обосновать соответствие проекта направлению

Сибирский кратон, образовавшийся в результате объединения архейских террейнов на рубеже 1.9 млрд лет назад, является крупной тектонической структурой Азии. В пределах Сибирского кратона выделяются многочисленные этапы магматической активности, с которыми связано образование разнообразных месторождений полезных ископаемых. Сравнительный анализ данных по изучению состава, строения и термального состояния литосферной мантии под отдельными кратонами на разных временных срезах, зафиксированных в мантийных ксенолитах из разновозрастных кимберлитов, способен помочь лучше оценить влияние тектоно-термальных и сопряженных с ними метасоматических событий на алмазоносный потенциал кратонной литосферной мантии. Это позволит проводить поисковые работы на алмазные месторождения в регионе с учетом особенностей строения и истории развития литосферы на данном участке кратона. Актуальность предлагаемых исследований определяется необходимостью наращивания минерально-сырьевой базы Российской Федерации, что является основой для эффективного ответа российского общества на большие вызовы. Истощение минерально-сырьевых ресурсов государства является одним из источников опасности для его экономики. Кроме того, в последнее десятилетие высокотехнологичный сектор экономики («hi-tech») развивается стремительно и нуждается в критических металлах и минералах, таких как литий, ниобий, редкоземельные элементы, флюорит и графит. Для обеспечения российского общества возможностью незамедлительно отвечать на современные экономические вызовы требуются опережающие комплексные исследования фундаментальных проблем магматизма (в частности, кимберлитового) и связанного с ним рудогенеза, с целью создания научно-методических основ прогнозирования и поисков алмазных месторождений в структурах Сибирского кратона, в том числе его северных частей. Проект имеет ключевое значение для создания и уверенного удержания на долгосрочную перспективу лидерских позиций Российской Федерации в комплексном освоении и рациональном использовании природных ресурсов.

1.2. Приоритетное направление развития науки, технологий и техники в Российской Федерации, критическая технология

Указывается согласно перечню (Указ Президента Российской Федерации от 7 июля 2011 года №899) в случае, если тематика проекта может быть отнесена к одному из приоритетных направлений, а также может внести вклад в развитие критических технологий Российской Федерации.

6. Рациональное природопользование.

20. Технологии поиска, разведки, разработки месторождений полезных ископаемых и их добычи.

1.3. Ключевые слова (приводится не более 15 терминов)

на русском языке

Литосферная мантия, Сибирский кратон, кимберлит, ксенолит, алмаз, тепловой поток, теплогенерация, геотермы, перидотит, клинопироксен, термобарометрия

на английском языке

Lithospheric mantle, Siberian craton, kimberlite, xenolith, diamond, heat flow, heat production, geotherms, peridotite, clinopyroxene, thermobarometry

1.4. Аннотация проекта (объемом не более 2 стр.; в том числе кратко – актуальность решения указанной выше научной проблемы и научная новизна)

Данная информация может быть опубликована на сайте Фонда в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

на русском языке

Данные о температуре и давлении ксенолитов мантийных пород из кимберлитов позволяют реконструировать разрез литосферной мантии под древними кратонами и оценивать масштабы неоднородности ее химического и минерального состава. Термобарометрия мантийных пород является важным инструментом для оценки теплового состояния и мощности кратонной литосферной мантии, а также имеет огромное значение в оценке её алмазного потенциала. Данный проект направлен на решение фундаментальной проблемы реконструкции термального состояния литосферной мантии Сибирского кратона. Наиболее значимые работы по составу, строению и термальному режиму литосферной мантии Сибирского кратона опираются, как правило, на устаревшие глобальные модели температурных профилей. Исследования, направленные на изучение термального режима литосферной мантии Сибирского кратона с использованием современных подходов, имеются только по мантийным ксенолитам из ограниченного числа кимберлитовых трубок. В данном проекте будут использованы современные подходы, когда профиль изменения температуры с глубиной (палеогеотерма) для кратонной литосферной мантии реконструируется путем подгонки набора Р-Т данных, полученных для мантийных ксенолитов и/или ксенокристаллов из кимберлитов с учетом данных о толщине коры и теплогенерации пород литосферной мантии и коры. При построении модели, задаваемые величины толщины коры и теплогенерации пород литосферной мантии и коры могут значительно влиять на получаемую палеогеотерму и, как следствие, на значение мощности литосферной мантии. Таким образом, очень важно использовать величины толщины коры и теплогенерации пород литосферной мантии и коры, оцененные для конкретного региона. Теплогенерация пород кристаллического фундамента и литосферной мантии определяется содержанием радиоактивных элементов (таких как Th, U и K). Мантийная теплогенерация имеет несомненно меньший вклад, чем коровая, однако, может быть крайне важным параметром, особенно если предполагаются зоны в литосферной мантии, обогащенные или наоборот обедненные радиоактивными элементами. Теплогенерация пород коры и особенно ее нижних горизонтов, непосредственно прилегающих к верхней мантии, может быть оценена по коровым ксенолитам из кимберлитов. Исследования по оценке теплогенерации пород кристаллического фундамента и литосферной мантии Сибирского кратона на основе мантийных и коровых ксенолитов из кимберлитов единичны, так как связаны с большой трудоемкостью, что делает данный проект особенно актуальным. Следует отметить, что при транспортировке коровых ксенолитов к поверхности в них может проникать кимберлитовый расплав и, таким образом, влиять на их валовые характеристики (Gruber et al., 2021). Оценки такого влияния для коровых ксенолитов из кимберлитов Сибирского кратона не проводились.

Целью проекта является реконструкция термального состояния литосферной мантии Сибирского кратона под 12 кимберлитовыми полями с учетом данных о толщине коры и теплогенерации пород литосферной мантии и коры. Новизна исследования в первую очередь определяется тем, что с использованием современных методов и подходов будет произведена реконструкция палеогеотерм не только для хорошо изученных кимберлитовых трубок, но и для малоизученных северных кимберлитовых полей Якутской алмазоносной провинции Сибирского кратона. В итоге это даст возможность построить более совершенные модели состава и строения литосферной мантии Сибирского кратона в пределах всей Якутской алмазоносной провинции.

Gruber B. et al. Heat production and moho temperatures in cratonic crust: evidence from lower crustal xenoliths from the Slave craton // Lithos. 2021. V. 380. P. 105889.

на английском языке

Data on temperature and pressure of mantle xenoliths from kimberlites allow reconstructing the structure of the lithospheric mantle beneath ancient cratons and estimating the heterogeneity of its chemical and mineral composition. Thermobarometry of the mantle xenoliths is an important tool to estimate the thermal state and thickness of the cratonic lithospheric mantle and is also of great importance in estimation of its diamond potential. This project is aimed at solving the fundamental problem of reconstructing the thermal state of the lithospheric mantle of the Siberian craton. The most significant works on the composition, structure, and thermal state of the lithospheric mantle of the Siberian craton are usually based on outdated global models of temperature profiles. Studies aimed on reconstruction of the thermal state of the lithospheric mantle of the Siberian craton using modern approaches are available only on mantle xenoliths from a limited number of kimberlite pipes. This project will use state-of-the-art approaches where the profile of temperature change with depth (paleogeotherm) for the cratonic lithospheric mantle is reconstructed by fitting a set of P-T data obtained for mantle xenoliths and/or xenocrysts from kimberlites, taking into account the crustal thickness and heat generation of rocks of the crust and lithospheric mantle. When building a model, the input values of the crustal thickness and the heat generation of the

rocks of the crust and lithospheric mantle can significantly affect the obtained paleogeotherm and, as a result, the thickness of the lithospheric mantle. Thus, it is very important to use the values of the crustal thickness and the heat generation of the rocks of the crust and lithospheric mantle estimated for a particular region. The heat generation of the rocks of the crystalline basement and the lithospheric mantle is determined by the content of radioactive elements (such as Th, U and K). Mantle heat generation undoubtedly has a smaller contribution than crustal one, however, it can be an extremely important parameter, especially if there are zones in the lithospheric mantle enriched or depleted in radioactive elements. The heat generation of the rocks in crust and especially its lower horizons directly adjacent to the upper mantle can be estimated from kimberlite-hosted crustal xenoliths. Studies on the assessment of heat generation in the rocks of the crystalline basement and the lithospheric mantle of the Siberian craton based on mantle and crustal xenoliths from kimberlites are rare, which makes this project especially relevant. It should be noted that during the transportation of crustal xenoliths to the surface, kimberlite melt can penetrate into them and, thus, affect their bulk characteristics (Gruber et al., 2021). Estimates of such influence for crustal xenoliths from kimberlites of the Siberian craton have not been carried out.

The aim of this project is to reconstruct the thermal state of the lithospheric mantle of the Siberian craton under 12 kimberlite fields, taking into account the thickness of the crust and the heat generation of the rocks of the crust and lithospheric mantle. The novelty of the study is the modern methods and approaches that will be used to constrain the paleogeotherms. The paleogeotherms will be reconstructed not only for well-studied kimberlite pipes, but also for poorly-studied northern kimberlite fields of the Yakutian diamond province of the Siberian craton. Ultimately, this will make it possible to build more advanced models of the composition and structure of the lithospheric mantle of the Siberian craton within the entire Yakutian diamond province.

Gruber B. et al. Heat production and moho temperatures in cratonic crust: evidence from lower crustal xenoliths from the Slave craton // Lithos. 2021. V. 380. P. 105889.

1.5. Ожидаемые результаты и их значимость (указываются результаты, их научная и общественная значимость (соответствие предполагаемых результатов мировому уровню исследований, возможность практического использования ожидаемых результатов проекта в экономике и социальной сфере, в том числе для создания новой или усовершенствования производимой продукции (товаров, работ, услуг), создания новых или усовершенствования применяемых технологий))

Данная информация может быть опубликована на сайте Фонда в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

на русском языке

В рамках настоящего проекта будут реконструированы мантийные палеогеотермы под 12 кимберлитовыми полями Якутской алмазоносной провинции Сибирского кратона. Эти данные позволят получить оценки мощности литосферной мантии в различных частях Сибирского кратона на различных временных этапах кимберлитового магматизма.

Реконструкция будет производиться по современным моделям Mather et al. (2011) и Hasterok, Chapman (2011) с использованием данных по оценкам давлений и температур ксенокристаллов мантийных клинопироксенов и мантийных ксенолитов из кимберлитов. Будут получены новые данные о теплогенерации пород кристаллического фундамента и литосферной мантии на основе изучения мантийных и коровых ксенолитов из кимберлитовых трубок Удачная (Далдынское поле) и Обнаженная (Куойкское поле). Точные оценки теплогенерации пород коры и литосферной мантии необходимы для корректного построения профиля изменения температуры с глубиной и оценки теплового потока на границах Мохо и литосфера-астеносфера. Корректные значения температуры в литосфере важны для определения многих физических параметров, например, плотности пород литосферы и скорости распространения в них сейсмических волн.

Успешная реализация настоящего проекта позволит получить новые комплексные данные по термальному состоянию, составу и строению литосферной мантии и нижней коры Сибирского кратона, в частности в пределах Якутской алмазоносной провинции на момент кимберлитового магматизма, и будет способствовать решению фундаментальной научной проблемы строения литосферы древних кратонов Земли.

Кимберлиты общепринято называть коренными источниками алмазов, однако действительно материнскими породами для них являются породы основания литосферной мантии с глубин более 130 км, транспортируемые на поверхность кимберлитовыми магмами в виде ксеногенного материала. Чем более мощная кратонная литосферная мантия, тем выше потенциальная алмазоносность кимберлитов. Таким образом, помимо научной значимости, полученные в рамках настоящего проекта результаты могут быть использованы для дальнейших разработок критериев алмазоносности месторождений, которые позволят проводить поисковые работы в регионе с учетом особенностей строения и эволюции литосферной мантии.

Mather K.A. et al. // Lithos. 2011. V. 125. P. 729-742.

Hasterok D., Chapman D.S. // Earth Planet. Sci. Lett. 2011. V. 307, P. 59-70.

Within the framework of this project, mantle paleogeotherms under 12 kimberlite fields of the Yakutian diamondiferous province of the Siberian craton will be reconstructed. These data will make it possible to obtain estimates of the thickness of the lithospheric mantle in different parts of the Siberian craton at various stages of kimberlite magmatism. The reconstruction will be carried out according to the modern models of Mather et al. (2011) and Hasterok and Chapman (2011) using pressure and temperature estimates for xenocrysts of mantle clinopyroxenes and mantle xenoliths from kimberlites. New data on the heat generation of the rocks of the crystalline basement and the lithospheric mantle will be obtained based on the study of mantle and crustal xenoliths from the Udachnaya (Daldyn field) and Obnajennaya (Kuoyka field) kimberlite pipes. Accurate estimates of the heat generation of the rocks of the crust and the lithospheric mantle are necessary for the correct reconstruction of the profile of temperature change with depth and the heat flow at the Moho and lithosphere-asthenosphere boundaries. Correct temperature values in the lithosphere are important for determining many physical parameters, for example, the density of rocks in the lithosphere and the propagation velocity of seismic waves in them. The successful implementation of this project will allow obtaining new comprehensive data on the thermal state, composition, and structure of the lithospheric mantle and lower crust of the Siberian craton, in particular within the Yakutian diamondiferous province at the time of kimberlite magmatism, and will contribute to solving the fundamental scientific problem of the structure of the lithosphere of ancient cratons of the Earth.

Kimberlites are commonly referred to as the primary sources of diamonds, but the actual parent rocks for them are the rocks of the lithospheric mantle from depths of more than 130 km, transported to the surface by kimberlite magmas in the form of xenogenic material. The thicker the cratonic lithospheric mantle, the higher the potential diamond content of kimberlites. Thus, in addition to scientific significance, the expected outcomes of this project can be used for the development of a diamond exploration strategy, taking into account the structure and evolution of the lithospheric mantle in the region.

Mather K.A. et al. // Lithos. 2011. V. 125. P. 729-742.

Hasterok D., Chapman D.S. // Earth Planet. Sci. Lett. 2011. V. 307, P. 59-70.

1.6. В состав научного коллектива будут входить (указывается планируемое количество исполнителей (с учетом руководителя проекта) в течение всего срока реализации проекта):

Несоответствие состава научного коллектива (в том числе отсутствие информации в соответствующих полях формы) требованиям пункта 12 конкурсной документации является основанием недопуска заявки к конкурсу.

8 исполнителей проекта (включая руководителя),

В соответствии с требованиями пункта 12 конкурсной документации от 4 до 8 человек вне зависимости от того, в трудовых или гражданско-правовых отношениях исполнители состоят с организацией.

в том числе:

- 7 исполнителей в возрасте до 39 лет включительно;**
- 2 аспирантов (адъюнктов) очной формы обучения;**
- 2 студентов очной формы обучения.**

1.7. Планируемый состав научного коллектива с указанием фамилий, имен, отчеств (при наличии) членов коллектива, их возраста на момент подачи заявки, ученых степеней, должностей и основных мест работы, формы отношений с организацией (трудовой договор, гражданско-правовой договор) в период реализации проекта

на русском языке

Дымшиц Анна Михайловна – 34 года, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Института земной коры СО РАН; форма отношений с ИЗК СО РАН в период реализации проекта – трудовой договор.

Калашникова Татьяна Владимировна – 33 года, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН; форма отношений с ИЗК СО РАН в период реализации проекта – трудовой договор.

Потапов Сергей Владимирович – 27 лет, младший научный сотрудник (аспирант) Института земной коры СО РАН; форма отношений с ИЗК СО РАН в период реализации проекта – трудовой договор.

Костровицкий Сергей Иванович – 82 года, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Института земной коры СО РАН, ведущий научный сотрудник Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН; форма отношений с ИЗК СО РАН в период реализации проекта – трудовой договор.

Воробей Софья Сергеевна – 28 лет, младший научный сотрудник Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН; форма отношений с ИЗК СО РАН в период реализации проекта – трудовой договор.

Селютина Наталья Егоровна – 23 года, младший научный сотрудник Института экспериментальной минералогии имени академика Д.С. Коржинского РАН; форма отношений с ИЗК СО РАН в период реализации проекта – трудовой договор.

Немцева Анжелика Юрьевна – 22 года, студент 3 курса Иркутского государственного университета, лаборант Института земной коры СО РАН; форма отношений с ИЗК СО РАН в период реализации проекта – трудовой договор.

Гладкочуб Егор Альбертович – 21 год, студент 3 курса Иркутского государственного университета, старший лаборант Института земной коры СО РАН; форма отношений с ИЗК СО РАН в период реализации проекта – трудовой договор.

на английском языке

Dymshits Anna Mikhailovna – 34 years old, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Senior Researcher of the Institute of the Earth's Crust SB RAS, employment contract

Kalashnikova Tatyana Vladimirovna - 33 years old, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Senior Researcher of the A.P.Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, employment contract, Senior Researcher at the Institute of the Earth's Crust SB RAS, employment contract

Potapov Sergey Vladimirovich - 27 years old, junior researcher (postgraduate student) of the Institute of the Earth's Crust SB RAS, employment contract

Kostrovitsky Sergey Ivanovich - 82 years old, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Researcher at the Institute of the Earth's Crust SB RAS, Leading Researcher at the A.P.Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, employment contract

Vorobei Sofya Sergeevna - 28 years old, junior researcher at the Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry RAS, employment contract, junior researcher at Institute of the Earth's Crust SB RAS, employment contract

Selyutina Natalya Egorovna - 23 years old, junior researcher at the Institute of Experimental Mineralogy RAS, employment contract, junior researcher at the Institute of the Earth's Crust SB RAS, employment contract

Nemtseva Anzhelika Yurievna - 22 years old, 3rd year student of Irkutsk State University, laboratory assistant at the Institute of the Earth's Crust SB RAS, employment contract

Gladkochub Egor Albertovich - 21 years old, 3rd year student of Irkutsk State University, laboratory assistant at the Institute of the Earth's Crust SB RAS, employment contract

Соответствие профессионального уровня членов научного коллектива задачам проекта

на русском языке

В состав научного коллектива будут входить 8 исполнителей проекта (включая руководителя), в том числе 1 человек, имеющий степень доктора геолого-минералогических наук, 2 человека, имеющих степень кандидата геолого-минералогических наук, 2 аспиранта и 2 студента. Каждый участник проекта имеет соответствующий квалификационный уровень, необходимый для решения поставленных в рамках проекта задач. Результаты исследований основных исполнителей проекта представлены в виде большого количества публикаций в журналах, индексируемых в системе цитирования «Сеть науки» Web of Science Core Collection, и многие из них были получены в ходе реализации подобных научно-исследовательских проектов.

Дымшиц Анна Михайловна – ведущий специалист в области петрологии мантии и термобарометрии мантийных пород; владеет методами минеральной термобарометрии, реконструкции мантийных палеогеотерм и всеми необходимыми методами аналитических исследований; имеет успешный опыт реализации проектов, поддержанных различными фондами (РНФ, РФФИ и др.) и обладает необходимым опытом для успешного ведения проекта; имеет публикации по теме проекта

Костровицкий Сергей Иванович – специалист мирового уровня в области мантийной петрологии и процессов образования глубинных магм, а также минеральной термобарометрии; имеет публикации по теме проекта.

Калашникова Татьяна Владимировна – является специалистом в области исследования геохимических и минералогических особенностей эклогитов и пироксенитов; владеет всеми аналитическими методами, необходимыми для успешной реализации проекта; имеется опыт руководства и реализации грантов РНФ; имеет публикации по теме проекта.

Потапов Сергей Владимирович – имеет большой опыт в пробоподготовке ксенолитов из кимберлитов (изготовление шлифов, плоскополированных пластинок и шашек) и в аналитических исследованиях, которые будут задействованы при реализации проекта (сканирующая электронная микроскопия с ЭДС-микроанализом, рентгеноспектральный микроэлементный анализ, Рамановская спектроскопия), электронно-зондовом микроанализаторе; имеет опыт участия в грантах РНФ; имеет публикации по теме проекта.

Селютина Наталья Егоровна – специалист в области термобарометрии пород кристаллического фундамента Сибирского кратона и в изучении фазовых равновесий с помощью метода псевдосечений (PERPLE_X); имеет опыт работы на сканирующем электронном микроскопе с ЭДС-микроанализом и электронно-зондовом микроанализаторе; имеет публикации по теме проекта.

Воробей Софья Сергеевна – специалист в области петрологии мантийных пород; имеет опыт работы на сканирующем

электронном микроскопе и масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой с лазерным прободобором; имеет публикации по теме проекта.

Гладкочуб Егор Альбертович – занимается пробоподготовкой, аналитической работой и обработкой данных; имеет опыт работы на сканирующем электронном микроскопе с ЭДС-микроанализом и Рамановском спектрометре;

Немцева Анжелика Юрьевна – занимается пробоподготовкой, аналитическими измерениями, обработкой аналитических данных.

на английском языке

The scientific team will include 8 project executors (including the leader), including 1 person with a doctorate in geological and mineralogical sciences, 2 people with a candidate degree in geological and mineralogical sciences, 2 graduate students and 2 PhD students. Each participant of the project has the appropriate qualification level necessary to solve the tasks set within the framework of the project. The results of previous studies of the team members are presented in the large number of publications in journals WoS, and many of them were obtained during the implementation of similar research projects. Dymshits Anna Mikhailovna is a leading specialist in the field of mantle petrology and thermobarometry of mantle rocks. Kostrovitsky Sergey Ivanovich is a world-class specialist in the field of mantle petrology and processes of formation of deep magmas, thermobarometry.

Kalashnikova Tatyana Vladimirovna - is an expert of geochemical and mineralogical features of eclogites and pyroxenites, has experience in managing and implementing RSF grants.

Potapov Sergey Vladimirovich - has extensive experience in sample preparation, as well as the preparation of thin sections, analysis on a scanning electron microscope, electron probe microanalyzer, has experience in participating in RSF grants.

Selyutina Natalya Egorovna is a specialist in the field of thermobarometry of the rocks of the crystalline basement of the Siberian craton and in the study of phase equilibria using the pseudosection method (PERPLE_X), she has experience in working with a scanning electron microscope, an electron probe microanalyzer.

Vorobey Sofya Sergeevna is a specialist in the field of petrology of mantle rocks, has experience in working with a scanning electron microscope and an inductively coupled plasma mass spectrometer.

Gladkochub Egor Albertovich - has experience in the scanning electron microscope and Raman spectroscopy, is engaged in analytical work and data processing

Nemtseva Anzhelika Yuryevna - is engaged in sample preparation, analytical measurements, processing of analytical data.

1.8. Планируемый объем финансирования проекта Фондом по годам (указывается в тыс. рублей):

по 30 июня 2023 г. – **6000** тыс. рублей,

с 1 июля 2023 г. по 30 июня 2024 г. - **6000** тыс. рублей,

с 1 июля 2024 г. по 30 июня 2025 г. - **6000** тыс. рублей.

Несоответствие планируемого объема финансирования проекта (в том числе отсутствие информации в соответствующих полях формы) требованиям пункта 10 конкурсной документации является основанием недопуска заявки к конкурсу.

1.9. Научный коллектив по результатам проекта в ходе его реализации предполагает опубликовать в рецензируемых российских и зарубежных научных изданиях не менее

Приводятся данные за весь период выполнения проекта. Уменьшение количества публикаций (в том числе отсутствие информации в соответствующих полях формы) по сравнению с порогом, установленным в пункте 16.2 конкурсной документации, является основанием недопуска заявки к конкурсу.

8 публикаций,

из них

8 в изданиях, индексируемых в базах данных «Сеть науки» (Web of Science Core Collection) или «Скопус» (Scopus).

Информация о научных изданиях, в которых предполагается опубликовать результаты проекта, в том числе следует указать в каких базах индексируются данные издания - «Сеть науки» (Web of Science Core Collection), «Скопус» (Scopus), РИНЦ, иные базы, а также указать тип публикации - статья, обзор, тезисы, монография, иной тип

Статьи в журналах, индексируемых в базах «Сеть науки» (Web of Science Core Collection) и «Скопус» (Scopus): Lithos, Journal of Petrology, Precambrian Research, Mineralogy and Petrology, Minerals, Геология и Геофизика, Доклады Академии Наук

Тезисы конференций: Goldschmidt, European Geosciences Union (РИНЦ), International Kimberlite Conference, Всероссийская молодежная конференция "Строение литосферы и геодинамика" (РИНЦ)

Иные способы обнародования результатов выполнения проекта

1. Публикации в СМИ (Наука в Сибири)

1.10. Число публикаций членов научного коллектива, опубликованных в период с 1 января 2017 года до даты подачи заявки,

30, из них

30 – опубликованы в изданиях, индексируемых в Web of Science Core Collection или в Scopus.

1.11. Планируемое участие научного коллектива в международных коллаборациях (проектах) (при наличии)

научный коллектив не планирует принимать участие в международных коллаборациях

Руководитель проекта подтверждает, что

- все члены научного коллектива (в том числе руководитель проекта) удовлетворяют пунктам 4, 6, 7, 13 конкурсной документации;
- на весь период реализации проекта руководитель проекта будет состоять в трудовых отношениях с организацией, при этом трудовой договор не будет договором о дистанционной работе;
- при обнародовании результатов любой научной работы, выполненной в рамках поддержанного Фондом проекта, руководитель проекта и научный коллектив будут указывать на получение финансовой поддержки от Фонда и организацию, а также согласны с опубликованием Фондом аннотации и ожидаемых результатов проекта, соответствующих отчетов о выполнении проекта, в том числе в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», а также с предоставлением указанных материалов органам власти Российской Федерации, институтам развития;
- помимо гранта Фонда проект не будет иметь других источников финансирования в течение всего периода практической реализации проекта с использованием гранта Фонда;
- проект не является аналогичным по содержанию проекту, одновременно поданному на конкурсы научных фондов и иных организаций;
- проект не содержит сведений, составляющих государственную тайну или относимых к охраняемой в соответствии с законодательством Российской Федерации иной информации ограниченного доступа;
- доля членов научного коллектива в возрасте до 39 лет включительно в общей численности членов научного коллектива будет составлять не менее 70 процентов в течение всего периода практической реализации проекта;
- в установленные сроки будут представляться в Фонд ежегодные отчеты о выполнении проекта и о целевом использовании средств гранта.

Подпись руководителя проекта _____/А.М. Дымшиц/

Форма 2. Сведения о руководителе и основных исполнителях проекта

собираются автоматически (частично) на основе анкетных данных руководителя и исполнителей, подтвердивших свое участие. Список исполнителей формируется в "Форме Т"

Форма 2. Сведения о руководителе

2.1. Фамилия, имя, *отчество* (при наличии)

на русском языке

Дымшиц Анна Михайловна

на английском языке фамилия и инициалы

Dymshits A.M.

WoS ResearcherID (при наличии)

Можно получить, зарегистрировавшись по адресу www.ResearcherID.com.
<https://publons.com/researcher/A-3862-2014/>

Scopus AuthorID (при наличии)

Scopus AuthorID формируется в базе данных Scopus автоматически при появлении у автора хотя бы одной статьи в данной базе. AuthorID указан в авторском профиле, который становится доступен, если при поиске автора в базе данных Scopus (Author Search) в результатах поиска нажать на фамилию автора.
<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6507730489>

ORCID (при наличии)

Можно получить, зарегистрировавшись по адресу orcid.org.
<https://orcid.org/0000-0001-9608-3602>

2.2. Дата рождения (указывается цифрами – число, месяц, год)

Несоответствие возраста руководителя проекта (в том числе отсутствие информации в соответствующих полях формы) требованиям пункта 4 конкурсной документации является основанием недопуска заявки к конкурсу.

13.10.1987

2.3. Гражданство

РОССИЯ

2.4. Ученая степень, год присуждения

Несоответствие ученой степени (в том числе отсутствие информации в соответствующих полях формы) требованиям пункта 4 конкурсной документации является основанием недопуска заявки к конкурсу.

В случае наличия нескольких ученых степеней, указывается та из них, которая наиболее соответствует тематике проекта.

Кандидат геолого-минералогических наук, 2012

2.5. Награды и премии за научную деятельность, членство в ведущих научных сообществах (при наличии), участие в редколлегиях ведущих рецензируемых научных изданий (при наличии), участие в оргкомитетах или программных комитетах известных международных конференций, иной опыт организации международных мероприятий

1. Премия имени академика В.И. Смирнова для студентов и аспирантов 2008 г.
2. Стипендия ВНР Billiton 2008-2009 г.
3. Сертификат первой степени на XV Международной конференции молодых ученых "Ломоносов", Москва. 2008 г.
4. Сертификат первой степени на Российской конференции для студентов и молодых ученых «Планета Земля» 2009 г.
5. Медаль и премия Российской академии наук для студентов за работу "Экспериментальное и теоретическое исследование Na-мэйджорита" 2011 г.
6. Действительный член Российского минералогического общества с 2017 г.
7. Премия мэрии Новосибирска для молодых ученых 2018 г.
8. Лауреат конкурса научных работ молодых ученых Российского минералогического общества 2020 г.

2.6. Основное место работы на момент подачи заявки – должность, полное наименование организации (сокращенное наименование организации)

Руководитель проекта может на момент подачи заявки не являться работником организации, но, в случае победы в конкурсе, должен заключить с ней трудовой договор. В случае, если руководитель проекта не является гражданином Российской Федерации, организацией должны быть выполнены все процедуры, предусмотренные законодательством Российской Федерации при трудоустройстве иностранных граждан.

старший научный сотрудник, федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук (ИЗК СО РАН, Иркутская обл)

2.7. Область научных интересов – ключевые слова (приводится не более 15 ключевых слов)

на русском языке

мантия, термодинамика минералов, гранат, мэйджорит, кимберлит, литосферная мантия, ксенолит, термобарометрия, алмаз, оксибарометрия

на английском языке

mantle, thermodynamics of minerals, garnet, majorite, kimberlite, lithospheric mantle, xenolith, thermobarometry, diamond, oxibarometry

2.8. Область научных интересов – коды по классификатору Фонда

07-201 07-205 07-210

2.9. Перечень публикаций руководителя проекта, опубликованных в период с 1 января 2017 года до даты подачи заявки, подтверждающий выполнение условия пункта 9 конкурсной документации

Для лиц, находившихся в указанный в настоящем пункте период в отпусках по беременности и родам, отпусках по уходу за ребенком, а также отпусках работникам, усыновившим ребенка, допускается наличие соответствующих публикаций также в период, предшествующий 1 января 2017 года, и равный продолжительности таких отпусков. Соответствующая информация указывается справочно в настоящем пункте.

Достаточно привести ссылки на публикации в количестве, равном установленному в конкурсной документации порогу. Несоответствие количества публикаций (в том числе отсутствие информации в соответствующих полях формы), приводимое в перечне и/или численно в строке ниже, требованиям пункта 9 конкурсной документации является основанием недопуска заявки к конкурсу в соответствии с подпунктом «г» пункта 20 конкурсной документации.

на английском языке

1. Dymshits A.M., Sharygin I.S., Malkovets V.G., Yakovlev I.V., Gibsher A.A., Alifirova T.A., Vorobei S.S., Potapov S.V., Garanin V.K. Thermal State, Thickness, and Composition of the Lithospheric Mantle beneath the Upper Muna Kimberlite Field (Siberian Craton) Constrained by Clinopyroxene Xenocrysts and Comparison with Daldyn and Mirny Fields // Minerals – 2020. – V. 10. – P. 549. – <https://doi.org/10.3390/min10060549> ИФ - 2.508 Q2
2. Dymshits A., Sharygin I., Liu Z., Korolev N., Malkovets V., Alifirova T., Yakovlev I., Xu Y.-G. Oxidation State of the Lithospheric Mantle Beneath Komsomolskaya–Magnitnaya Kimberlite Pipe, Upper Muna Field, Siberian Craton // Minerals – 2020. – V. 10. – P. 740. – <https://doi.org/10.3390/min10090740> ИФ - 2.508 Q2
3. Dorogokupets, P. I., Dymshits, A. M., Litasov, K. D. & Sokolova, T. S. Thermodynamics and Equations of State of Iron to 350GPa and 6000K. Scientific Reports. 2017. V.7. P. 41863, doi:10.1038/srep41863 ИФ - 4.149 Q1
4. Dymshits A., Sharygin I., Malkovets V., Alifirova T., Yakovlev I. Thermal state and composition of the lithospheric mantle beneath the Upper Muna kimberlite field, Yakutia Goldschmidt Abstracts (2019 г.). goldschmidtabstracts.info/2019/880.pdf
5. Sokolova, T.S., Dorogokupets, P.I., Litasov, K.D., Danilov, B.S., Dymshits, A.M. Spreadsheets to calculate P–V–T relations, thermodynamic and thermoelastic properties of silicates in the MgSiO₃–MgO system. High Pressure Research. 2018. V. 38. P. 193–211. doi.org/10.1080/08957959.2018.1465056 ИФ 1.494 Q3
6. Kostrovitsky, D. A. Yakovlev, I. S. Sharygin, D. P. Gladkochub, T. V. Donskaya, I. G. Tretiakova, A. M. Dymshits, A. P. Sekerin and V. G. Malkovets Diamondiferous lamproites of Ingashi field, Siberian craton Geological Society, London, Special Publications, 513, <https://doi.org/10.1144/SP513-2020-274> Q1
7. Sharygin, I. S., Golovin, A. V., Tarasov, A. A., Dymshits, A. M., Kovaleva, E. Confocal Raman spectroscopic study of melt inclusions in olivine of mantle xenoliths from the Bultfontein kimberlite pipe (Kimberley cluster, South Africa): Evidence for alkali-rich carbonate melt in the mantle beneath Kaapvaal Craton. Journal of Raman Spectroscopy 2021, 1. <https://doi.org/10.1002/jrs.6198> ИФ - 2.744 Q1
8. Sharygin, I.S., Golovin, A.V., Dymshits, A.M. et al. Relics of Deep Alkali–Carbonate Melt in the Mantle Xenolith from the Komsomolskaya–Magnitnaya Kimberlite Pipe (Upper Muna Field, Yakutia). Doklady Earth Science. 500, 842–847 (2021). <https://doi.org/10.1134/S1028334X21100147> ИФ - 0.594 Q3

Для русскоязычных названий сведения приводятся на русском языке и в переводе на английский язык. При этом должно быть понятно, что речь идет об одном и том же документе (например, добавляйте слово «перевод»).

Перечень содержит 7 публикаций в изданиях, индексируемых в Web of Science Core Collection, Scopus.

Перечень содержит 3 публикации в изданиях, входящих в первый квартиль (Q1) по импакт-фактору JCR Science Edition или JCR Social Sciences Edition, по SJR (принадлежность издания к Q1 в Scopus определяется по базе данных <http://www.scimagojr.com/>).

2.10. Основные научные результаты руководителя проекта за период с 1 января 2017 года (результаты должны подтверждаться сведениями из заявки, например - публикациями)

на русском языке

1. Построены палеогеотермы под тремя кимберлитовыми трубками Сибирского кратона на момент палеозойского кимберлитового магматизма, что является важным вкладом в оценку теплового состояния и мощности литосферной мантии, а также имеет огромное значение в решении задач для оценки алмазного потенциала. Результаты опубликованы в издании Q2 (Dymshits et al., 2020a).
2. Изучен редкоэлементный состав минералов и окислительно-восстановительные условия последнего равновесия для ксенолитов перидотитов из кимберлитовой трубки Комсомольская-Магнитная Верхне-Мунского поля (Сибирский кратон, Далдынский террейн). Было показано, что литосферная мантия под Верхне-Мунским полем более окисленная и метасоматически сильнее проработана по всему разрезу, чем литосферная мантия под трубкой Удачная, где на одних и тех же глубинах содержится как окисленный, так и более восстановленный материал. Это может быть одна из причин более высокой алмазности трубки Удачная по сравнению с трубками Верне-Мунского поля. Эти две трубки находятся на разных тектонических террейнах Сибирского кратона и различие в окислительно-восстановительных характеристиках пород литосферной мантии может указывать на то, что история метасоматического преобразования мантийных пород этих террейнов происходила по-разному либо до того, как они сочленились в единый континентальный блок, либо уже в едином кратоне. Результаты опубликованы в изданиях Q2 (Dymshits et al., 2020b).
3. Проведена детальная работа по изучению включений в минералах ксенолитов из кимберлитов различных кратонов мира. При этом было показано, что присутствие щелочей и хлора во вторичных включениях является повсеместным, а не только особенностью трубки Удачная, что вносит значимый вклад в генезис кимберлитовых магм. Результаты опубликованы в издании Q1 и Q3 (Sharygin et al., 2021a,b).
4. При активном сотрудничестве с П. И. Дорогокупцом и Т. С. Соколовой (Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия) разработано уравнение состояния железа до 350 ГПа и 6000 К путем одновременной оптимизации экспериментальных данных. Эти данные важны для понимания структуры ядра Земли, а также реконструкции мантийной адиабаты и построения глобальных термальных профилей Земли. Результаты были опубликованы в Scientific Reports Q1 (Dorogokupets, Dymshits et al., 2017).

на английском языке

1. Construction of paleogeotherms under the kimberlite pipes of the Siberian Craton at the time of Paleozoic kimberlite magmatism, which is an important contribution to the assessment of the thermal state and thickness of the lithospheric mantle, and is also of great importance in solving problems for estimating the limiting release. The results are published in Q2 (Dymshits et al. 2020a).
2. The rare-element composition of minerals and the redox conditions of the latter composition for peridotite xenoliths from the Komsomolskaya-Magnitnaya kimberlite pipe of the Upper Munsky field (Siberian craton, Daldynsky terrane) were studied. It was shown that the lithospheric mania under the Verkhne-Munskoye field is more oxidized and metasomatically more developed in terms of the volume of the section than the lithospheric mania under the Udachnaya pipe, where both oxidized and more reduced material is contained at the same depths. Successful in comparison with the pipes of the Verne-Munsky field. These two features occur on different tectonic terranes of the Siberian craton and deviations in the redox characteristics of the rocks of the lithospheric mantle may indicate that the history of metasomatic transformation of mantle rocks occurs in terranes in different ways before they are articulated depending on the continental block, or already in a single craton. The results are published in Q2 editions (Dymshits et al. 2020b).
3. Detailed work was carried out to include xenoliths from kimberlites of various cratons of the world into minerals. At the same time, it was revealed that the presence of alkali and chlorine in secondary inclusions is ubiquitous, and not only a feature of the Udachnaya pipe, which makes a significant contribution to the genesis of kimberlite magmas. The results were published in editions Q1 and Q3 (Sharygin et al., 2021a,b).
4. With active synthesis, together with P. I. Dorogokupets and T. S. Sokolova (Institute of the Earth's Crust, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia), an equation of state for iron up to 350 GPa and 6000 K was developed for subsequent parallel data studies. These data are important for understanding the structure of the Earth's core, as well as for

reconstructing the mantle adiabat and the structure of the Earth's thermal structure. The results were published in Scientific Reports Q1 (Dorogokupets, Dymshits et al., 2017).

2.11. Общее число публикаций за период с 1 января 2017 года, 10, из них:

9 - опубликовано в изданиях, индексируемых в Web of Science Core Collection или Scopus, в том числе

4 в изданиях, входящих в первый квартиль (Q1) по импакт-фактору JCR Science Edition или JCR Social Sciences Edition, по SJR (принадлежность издания к Q1 в Scopus определяется по базе данных <http://www.scimagojr.com/>).

2.12. Дополнительный список публикаций руководителя проекта с 1 января 2017 года (монографии, результаты интеллектуальной деятельности, имеющие правовую охрану, публикации в ведущих рецензируемых научных изданиях, публикации в изданиях, индексируемых в системах цитирования Web of Science Core Collection, Scopus, приводится не более 10 публикаций, при наличии публикации в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» указывается ссылка на нее (обязательно для публикаций в индексируемых изданиях), указывается, при наличии, импакт-фактор научного издания (по JCR Science Edition, JCR Social Sciences Edition или SJR))

на английском языке

1. Dymshits, A. M., K. D. Litasov, A. Shatskiy, A. D. Chanyshv, I. V. Podborodnikov, and Y. Higo. Phase boundary between cubic B1 and rhombohedral structures in (Mg,Fe)O magnesio-wüstite determined by in situ X-ray diffraction measurements, Physics and Chemistry of Minerals. 2018. V. 45. № 1. P. 51-58doi:10.1007/s00269-017-0901-6. ИФ - 1.636 Q2
2. Chanyshv, A.D., Litasov, K.D., Rashchenko, S.V., Sano-Furukawa, A., Kagi, H., Hattori, T., Shatskiy, A.F., Dymshits, A.M., Sharygin, I.S., Higo, Y. High-Pressure – High-Temperature Study of Benzene: Refined Crystal Structure and New Phase Diagram up to 8 GPa and 923 K. Crystal Growth & Design. V. 18. P. 3016-3026. doi.org/10.1021/acs.cgd.8b00125 ИФ - 4.166 Q1

Пункт не является обязательным к заполнению. Могут приводиться публикации, свидетельствующие о научной квалификации и достижениях руководителя проекта, за исключением публикаций, указанных в п. 2.9 настоящей формы.

2.13. Опыт выполнения научных проектов (указываются наименования фондов (организаций), их местонахождение (страна), форма участия, номера, названия проектов и сроки выполнения за последние 5 лет)

на русском языке

Руководитель проектов:

1. Грант Президента Российской Федерации. Термодинамические функции гранатов и их твердых растворов на основе уравнений состояния. МК-265.2014.5. 2014-2015 гг.
2. РФФИ - инициативный проект. Создание согласованной термодинамической базы данных для гранатов в приложении к барометрии эклогитов. № 14-05-00957. 2014-2016 гг.
3. РФФИ - молодежный проект "мой первый грант". Термические уравнения состояния гранатов в широком диапазоне давлений и температур. № 12-05-31351. 2012-2013 гг.
4. Грант Carl Zeiss на реализацию проекта "Experimental study and phase relations in the system pyrope-grossular-Na-majorite at 7.0 and 8.5 GPa" 2013 г.
5. РФФИ - проект научных групп под руководством молодых ученых. Внутренние стандарты для оценки РТ-условий при экспериментальном моделировании поведения минеральных систем in situ. грант № 15-35-20556. 2015-2016 гг.
6. Международный проект на источнике синхротронного излучения SPring-8 (Япония) № 2012B1548.
7. РФФИ - проект под руководством молодых ученых. Термальный режим и окислительно-восстановительные условия в литосферной мантии под Верхне-Мунским кимберлитовым полем (Далдынский террейн Сибирского кратона) 2018-2020 гг.

на английском языке

1. President of Russian Federation grant for young PhD of science. Thermodynamic functions of garnets and their solid solutions based on equations of state. MK-265.2014.5. 2014-2015.
2. Russian Foundation for Basic Research (RFBR). A consistent thermodynamic database for garnets in the application to the barometry of eclogites. № 14-05-00957. 2014-2016

3. RFBR "My first grant" Thermal equation of state of garnets. № 12-05-31351. 2012-2013
4. Grant Carl Zeiss "Experimental study and phase relations in the system pyrope-grossular-Na-majorite at 7.0 and 8.5 GPa" 2013
5. RFBR. Internal standards for the evaluation of PT conditions in the experimental modeling of the in situ mineral system behavior. № 15-35-20556. 2015-2016.
6. Project at the source of synchrotron radiation SPring-8 (Japan) No. 2012B1548 (2015)
7. RSF Thermal regime and redox conditions in the lithospheric mantle beneath the Verkhne-Munskoye kimberlite field (Daldyn terrane of the Siberian craton) 2018-2020.

В том числе проектов, финансируемых РНФ (при наличии):

Являлся руководителем проекта № 18-77-00070, 2018-2019 гг. **успешно завершен**

Являлся исполнителем проекта № 14-17-00601, 2014-2016 гг.

Являлся исполнителем проекта № 14-17-00609, 2014-2016 гг.

Являлся исполнителем проекта № 18-17-00249, 2018-2020 гг.

Являюсь исполнителем проекта № 18-77-10062 (продление), 2021-2022 гг.

*Исключен из проекта № 14-17-00601 в 2016 году.

2.14. Планируемое участие в научных проектах (в любом качестве) в 2022 году

Общее количество – 2, из них:

руководство – 1, участие в качестве исполнителя – 2,

а именно:

Руководство текущим грантом в случае поддержания

Исполнитель в проекте РНФ 18-77-10062

Исполнитель - государственное задание ИЗК СО РАН

(указываются в том числе грантодатели или заказчики проектов и источник финансирования, например – государственное задание учредителя, гранты РФФИ, ФПИ, РНФ, иных фондов или иных организаций, государственный контракт (заказчик, программа), иной хозяйственный договор, иные гранты и субсидии).

2.15. Доля рабочего времени, которую планируется выделить на руководство данным проектом в случае победы в конкурсе Фонда -

80 процентов.

Имеется в виду – от полной занятости в рамках трудовых или гражданско-правовых правоотношений, т.е. занятость в свободное от основной работы время также должна учитываться.

2.16. Предполагаемая форма трудовых отношений с организацией, через которую будет осуществляться финансирование

В соответствии с пунктом 8 конкурсной документации трудовой договор с руководителем проекта не может быть договором о дистанционной работе.

В соответствии со статьями 91, 100 ТК РФ исчисление продолжительности рабочего времени осуществляется исходя из еженедельного графика работы (за исключением (ст. 104 ТК РФ) работников, занятых на круглосуточных непрерывных работах, а также на других видах работ, где по условиям производства (работы) не может быть соблюдена установленная ежедневная или еженедельная продолжительность рабочего времени).

Работа в режиме гибкого рабочего времени (ст. 102 ТК РФ) должна обеспечивать отработку работником суммарного количества рабочих часов в течение рабочего дня или недели.

Руководитель проекта может на момент подачи заявки не являться работником организации, но, в случае победы в конкурсе, должен заключить с ней трудовой договор. В случае, если руководитель проекта не является гражданином Российской Федерации, организацией должны быть выполнены все процедуры, предусмотренные законодательством Российской Федерации при трудоустройстве иностранных граждан.

Организация будет являться основным местом работы (характер работы – не дистанционный): **да;**

Трудовой договор по совместительству (характер работы – не дистанционный): **нет.**

2.17. Опыт образовательной деятельности за последние 5 лет (указывается информация о руководстве аспирантами, адъюнктами, интернами, ординаторами, разработке и чтении новых образовательных курсов в российских и зарубежных вузах)

Руководство бакалавром Подбородниковым Иваном Васильевичем

Со-руководство кандидатской диссертацией Воробей Софьи Сергеевны

Автор цикла ежемесячных научно-популярных лекций (Глубины Земли) для передачи Российский Радиоуниверситет (Радио России)

2.18. Почтовый адрес

664033, Иркутская обл, Иркутск, ул Лермонтова д. 237а, кв. 63

2.19. Контактный телефон

+79134733273

2.20. Электронный адрес (E-mail)

A.Dymshits@gmail.com

2.21. Участие в проекте:

Руководитель проекта

2.22. Файлы с дополнительной информацией (резюме, другая дополнительная информация, которая, по мнению руководителя проекта, может быть полезна при проведении экспертизы данного проекта)

В формате pdf, до 3 Мб.

на русском языке

на английском языке

Файл (en), скачать

С условиями конкурса Фонда (в том числе, с пунктами 6 и 7 конкурсной документации) ознакомлен и согласен.
Подтверждаю свое участие в проекте.

Фамилия, имя и отчество	Дымшиц Анна Михайловна
Данные документа, удостоверяющего личность** (серия, номер, сведения о дате и органе выдачи)	<div></div> <div></div> <div></div> <div>Внимание! Данное поле заполняется вручную в печатном экземпляре заявки. Заполнение обязательно!</div>
Адрес проживания	664033, Иркутская обл, Иркутск, ул Лермонтова д. 237а, кв. 63
Оператор персональных данных	Российский научный фонд

Я выражаю согласие*** на обработку указанным выше оператором персональных данных, внесенных в настоящую форму мною лично.

Обработка Российским научным фондом (адрес: г. Москва, ул. Солянка, д. 14, строение 3) указанных выше персональных данных может осуществляться **посредством** их сбора, систематизации, накопления, хранения, уточнения, использования, блокирования, распространения на официальном сайте Российского научного фонда, передачи и уничтожения **с целью** проведения экспертизы заявок на конкурсы, проводимые Российским научным фондом, экспертизы проектов и программ, финансируемых Российским научным фондом, подготовки аналитических материалов по конкурсам, долговременного сохранения документированной информации об участниках программ, получивших финансирование Российского научного фонда, общедоступного раскрытия информации о руководителях программ и проектов, финансируемых Российским научным фондом. Указанная обработка моих данных может осуществляться в течение 75 лет со дня заполнения настоящей формы в печатной форме. Хранение настоящей формы может быть поручено ООО «РАЙСВОЛФ» (107150, Москва, ул. Бойцовая, д. 22), оказывающему Российскому научному фонду услуги архивного хранения документов. Настоящее согласие может быть отозвано посредством направления на указанный выше адрес оператора персональных данных заявления с требованием о прекращении обработки персональных данных. Заявление должно содержать номер документа, удостоверяющего личность субъекта персональных данных; сведения о дате выдачи указанного документа и выдавшем его органе, а также собственноручную подпись субъекта персональных данных.

** Непредставление данных документа, удостоверяющего личность, является основанием недопуска заявки к конкурсу.

*** Заполнение является обязательным в соответствии с требованиями Федерального закона от 27 июля 2006 г. №152-ФЗ «О персональных данных».

Подпись руководителя проекта _____/А.М. Дымшиц/

Дата подписания «___» _____ 2022 г.

Форма 2. Сведения об основном исполнителе проекта

2.1. Фамилия, имя, отчество (при наличии)

на русском языке

Калашникова Татьяна Владимировна

на английском языке фамилия и инициалы

Kalashnikova T.

WoS ResearcherID (при наличии)

Можно получить, зарегистрировавшись по адресу www.ResearcherID.com.

<https://publons.com/researcher/I-3675-2018/>

Scopus AuthorID (при наличии)

Scopus AuthorID формируется в базе данных Scopus автоматически при появлении у автора хотя бы одной статьи в данной базе. AuthorID указан в авторском профиле, который становится доступен, если при поиске автора в базе данных Scopus (Author Search) в результатах поиска нажать на фамилию автора.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56462442900>

ORCID (при наличии)

Можно получить, зарегистрировавшись по адресу orcid.org.

<https://orcid.org/0000-0002-9808-6513>

2.2. Дата рождения (указывается цифрами – число, месяц, год)

17.06.1988

2.3. Гражданство

РОССИЯ

2.4. Ученая степень, год присуждения

В случае наличия нескольких ученых степеней, указывается та из них, которая наиболее соответствует тематике проекта.

Кандидат геолого-минералогических наук, 2017

2.5. Награды и премии за научную деятельность, членство в ведущих научных сообществах (при наличии), участие в редколлегиях ведущих рецензируемых научных изданий (при наличии)

Действительный член Российского минералогического общества, действительный член European Association of Geochemistry

2.6. Основное место работы на момент подачи заявки – должность, полное наименование организации (сокращенное наименование организации)

научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геохимии им.

А.П.Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук (ИГХ СО РАН, Иркутская обл)

2.7. Область научных интересов – ключевые слова (приводится не более 15 ключевых слов)

на русском языке

Магматические породы, метасоматические породы, ксенолит, кимберлит, ультраосновные породы, литосферная мантия

на английском языке

Magmatic rock, metasomatic rock, xenolith, kimberlite, ultramafic rock, lithosphere mantle

2.8. Область научных интересов – коды по классификатору Фонда

07-108 07-109 07-202

2.9. Общее число публикаций за период с 1 января 2017 года, 7, из них:

5 - опубликовано в изданиях, индексируемых в Web of Science Core Collection или Scopus, в том числе

2 в изданиях, входящих в первый квартиль (Q1) по импакт-фактору JCR Science Edition или JCR Social Sciences Edition, по SJR (принадлежность издания к Q1 в Scopus определяется по базе данных <http://www.scimagojr.com/>).

2.10. Список публикаций основного исполнителя проекта с 1 января 2017 года (монографии, результаты интеллектуальной деятельности, имеющие правовую охрану, публикации в ведущих рецензируемых научных изданиях, публикации в изданиях, индексируемых в системах цитирования Web of Science Core Collection, Scopus, приводится не более 10 публикаций, при наличии публикации в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» указывается ссылка на нее (обязательно для публикаций в индексируемых изданиях), указывается, при наличии, импакт-фактор научного издания (по JCR Science Edition, JCR Social Sciences Edition или SJR))

Пункт не является обязательным к заполнению. Могут приводиться публикации, свидетельствующие о научной квалификации и достижениях.
на английском языке

WoS and Scopus

1. Solov'eva L. V., Kalashnikova T.V., Kostrovitsky S. I., Ivanov A. V., Matsuk S. S., Suvorova L. F. Metasomatic and magmatic processes in the mantle lithosphere of the Birekte terrain of the Siberian craton and their effect on the lithosphere evolution// Geodynamics & Tectonophysics. 2015. V. 6, № 3. P. 311-344.
DOI: [dx.doi.org/10.5800/GT-2015-6-3-0184](https://doi.org/10.5800/GT-2015-6-3-0184)
2. Solov'eva L.V., Ivanov A.V., Kalashnikova T.V., Kostrovitsky S.I., Suvorova L.F., Matsuk S.S. Phlogopite and phlogopite – amphibole parageneses in the lithospheric mantle of the Birekte terrane (Siberian craton)// Doklady Earth Sciences. 2017. V. 475, № 1. P. 822-827.
DOI: [10.1134/S1028334X17070273](https://doi.org/10.1134/S1028334X17070273) (IF - 0.637)
3. Sun J., Liu C.Z., Kostrovitsky S.I., Wu F.Y., Yang J.H., Chu Z.Y., Yang Y.H., Kalashnikova T., Fan S. Composition of the lithospheric mantle in the northern part of Siberian craton: Constraints from peridotites in the Obnazhennaya kimberlite// Lithos. 2017. V.294. P. 383-396.
DOI: [10.1016/j.lithos.2017.10.010](https://doi.org/10.1016/j.lithos.2017.10.010) (IF - 3.913)
4. Sun J., Liu C.Z., Kostrovitsky S.I., Wu F.Y., Chu Z.Y., Yang Y.H., Kalashnikova T. Reply to comment by Ionov et al. (2018) on the article «Composition of the lithospheric mantle' in the northern part of Siberian craton: Constraints from peridotites in the Obnazhennaya kimberlite» by Sun et al. (2017), Lithos 294, 383-396. Discussion// Lithos. 2018. V.314. P. 688-689
DOI: [10.1016/j.lithos.2018.06.006](https://doi.org/10.1016/j.lithos.2018.06.006) (IF - 3.913)
5. Solov'eva, L. V.; Kostrovitsky, S. I.; Kalashnikova, T. V.; The nature of phlogopite-ilmenite and ilmenite parageneses in deep-seated xenoliths from Udachnaya kimberlite pipe// Doklady Earth Sciences. 2019. V.486, № 1. P. 537-540
DOI: [10.1134/S1028334X19050180](https://doi.org/10.1134/S1028334X19050180) (IF - 0.637)

Russian Science Index

1. Kalashnikova T., Kostrovitsky S., Solov'eva L. The comparable characteristic of mineral composition in xenoliths from «Obnazhennaya» and «Udachnaya» kimberlite pipes //Proceedings of Siberian Department of the section of Earth Sciences Russian Academy of Natural Sciences. Geology, Prospecting and Exploration of Ore deposits. 2015. V. 53, №4. P. 7-20. (In Russian)
2. Kalashnikova T.V. Geochemical features of phlogopite-containing mantle xenoliths from the Obnazhennaya pipe// Problems of Natural Science. 2015. № 4 (8). P. 56-59. (In Russian)

Для русскоязычных названий сведения приводятся на русском языке и в переводе на английский язык. При этом должно быть понятно, что речь идет об одном и том же документе (например, добавляйте слово «перевод»).

2.11. Опыт выполнения научных проектов (указываются наименования фондов (организаций), их местонахождение (страна), форма участия, номера, названия проектов и сроки выполнения за последние 5 лет)
на русском языке

РФФИ 16-35-00496 мол_а "Петрология, минералогия и геохимические характеристики мантийных метасоматитов из кимберлитовых трубок Куойкского поля (северо-восток Сибирского кратона)" 2016-2017 гг. - руководитель

RFBR 16-35-00496 youth_a (My first grant) "The petrology, mineralogy and geochemical features of metasomatic mantle xenoliths from lithosphere mantle under Kuoika kimberlite field (north-eastern part of Siberian craton)" - 2016-2017 - grant leader

2.12. Планируемое участие в научных проектах (в любом качестве) в 2022 году

Общее количество – 2, из них:

руководство – 1, участие в качестве исполнителя – 1,

а именно:

Руководитель - Проект РНФ №20-77-00074 - заканчивается в июне 2022 г.

Ответственный исполнитель - в текущем гранте в случае поддержки

(указываются в том числе грантодатели или заказчики проектов и источник финансирования, например – государственное задание учредителя, гранты РФФИ, ФПИ, РНФ, иных фондов или иных организаций, государственный контракт (заказчик, программа), иной хозяйственный договор, иные гранты и субсидии).

2.13. Доля рабочего времени, которую планируется выделить на участие в данном проекте в случае победы в конкурсе Фонда -

20 процентов.

Имеется в виду – от полной занятости в рамках трудовых или гражданско-правовых правоотношений, т.е. занятость в свободное от основной работы время также должна учитываться.

2.14. Участие в образовательной деятельности (указывается информация о руководстве аспирантами, адъюнктами, интернами, ординаторами, разработке и чтении новых образовательных курсов в российских и зарубежных вузах)

2.15. В 2020 или в 2021 годах участвовал в качестве руководителя проекта, финансируемого Фондом, или исполнителя проекта, финансируемого Фондом, в следующих проектах (при наличии):

Являюсь (до 30 июня 2022 г.) руководителем проекта № 20-77-00074, 2020-2021 гг.

2.16. Контактный телефон, электронный адрес (E-mail)

+73952511457, +79842778293, Kalashnikova@igc.irk.ru

2.17. Участие в проекте:

Основной исполнитель проекта

С условиями конкурса Фонда (в том числе, с пунктами 7 и 8 конкурсной документации) ознакомлен и согласен.
Подтверждаю свое участие в проекте.

Фамилия, имя и отчество	Калашникова Татьяна Владимировна
Данные документа, удостоверяющего личность** (серия, номер, сведения о дате и органе выдачи)	<div></div> <div></div> <div></div> <div>Внимание! Данное поле заполняется вручную в печатном экземпляре заявки. Заполнение обязательно!</div>
Адрес проживания	г. Иркутск, проспект маршала Жукова, д. 68, кв. 525, 664050
Оператор персональных данных	Российский научный фонд

Я выражаю согласие*** на обработку указанным выше оператором персональных данных, внесенных в настоящую форму мною лично.

Обработка Российским научным фондом (адрес: г. Москва, ул. Солянка, д. 14, строение 3) указанных выше персональных данных может осуществляться **посредством** их сбора, систематизации, накопления, хранения, уточнения, использования, блокирования, распространения на официальном сайте Российского научного фонда, передачи и уничтожения **с целью** проведения экспертизы заявок на конкурсы, проводимые Российским научным фондом, экспертизы проектов и программ, финансируемых Российским научным фондом, подготовки аналитических материалов по конкурсам, долговременного сохранения документированной информации об участниках программ, получивших финансирование Российского научного фонда, общедоступного раскрытия информации о руководителях программ и проектов, финансируемых Российским научным фондом. Указанная обработка моих данных может осуществляться в течение 75 лет со дня заполнения настоящей формы в печатной форме. Хранение настоящей формы может быть поручено ООО «РАЙСВОЛФ» (107150, Москва, ул. Бойцовая, д. 22), оказывающему Российскому научному фонду услуги архивного хранения документов. Настоящее согласие может быть отозвано посредством направления на указанный выше адрес оператора персональных данных заявления с требованием о прекращении обработки персональных данных. Заявление должно содержать номер документа, удостоверяющего личность субъекта персональных данных; сведения о дате выдачи указанного документа и выдавшем его органе, а также собственноручную подпись субъекта персональных данных.

** Непредставление данных документа, удостоверяющего личность, является основанием недопуска заявки к конкурсу.

*** Заполнение является обязательным в соответствии с требованиями Федерального закона от 27 июля 2006 г. №152-ФЗ «О персональных данных».

Подпись исполнителя проекта _____ /Т.В. Калашникова/

Дата подписания «___» _____ 2022 г.

Форма 2. Сведения об основном исполнителе проекта

2.1. Фамилия, имя, отчество (при наличии)

на русском языке

Потапов Сергей Владимирович

на английском языке фамилия и инициалы

Potapov S.V.

WoS ResearcherID (при наличии)

Можно получить, зарегистрировавшись по адресу www.ResearcherID.com.

<https://publons.com/researcher/AAD-4388-2022/>

Scopus AuthorID (при наличии)

Scopus AuthorID формируется в базе данных Scopus автоматически при появлении у автора хотя бы одной статьи в данной базе. AuthorID указан в авторском профиле, который становится доступен, если при поиске автора в базе данных Scopus (Author Search) в результатах поиска нажать на фамилию автора.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57217183621>

ORCID (при наличии)

Можно получить, зарегистрировавшись по адресу orcid.org.

<https://orcid.org/0000-0001-8745-3376>

2.2. Дата рождения (указывается цифрами – число, месяц, год)

28.12.1994

2.3. Гражданство

РОССИЯ

2.4. Ученая степень, год присуждения

В случае наличия нескольких ученых степеней, указывается та из них, которая наиболее соответствует тематике проекта.

2.5. Награды и премии за научную деятельность, членство в ведущих научных сообществах (при наличии), участие в редколлегиях ведущих рецензируемых научных изданий (при наличии)

2.6. Основное место работы на момент подачи заявки – должность, полное наименование организации (сокращенное наименование организации)

младший научный сотрудник, федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук (ИЗК СО РАН, Иркутская обл)

2.7. Область научных интересов – ключевые слова (приводится не более 15 ключевых слов)

на русском языке

петрология, кимберлиты, расплав, включения, кратон

на английском языке

petrology, kimberlites, melt, inclusions, craton

2.8. Область научных интересов – коды по классификатору Фонда

07-108 07-109

2.9. Общее число публикаций за период с 1 января 2017 года, 2, из них:

1 - опубликовано в изданиях, индексируемых в Web of Science Core Collection или Scopus, в том числе

0 в изданиях, входящих в первый квартиль (Q1) по импакт-фактору JCR Science Edition или JCR Social Sciences Edition, по SJR (принадлежность издания к Q1 в Scopus определяется по базе данных <http://www.scimagojr.com/>).

2.10. Список публикаций основного исполнителя проекта с 1 января 2017 года (монографии, результаты

интеллектуальной деятельности, имеющие правовую охрану, публикации в ведущих рецензируемых научных изданиях, публикации в изданиях, индексируемых в системах цитирования Web of Science Core Collection, Scopus, приводится не более 10 публикаций, при наличии публикации в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» указывается ссылка на нее (обязательно для публикаций в индексируемых изданиях), указывается, при наличии, импакт-фактор научного издания (по JCR Science Edition, JCR Social Sciences Edition или SJR))

Пункт не является обязательным к заполнению. Могут приводиться публикации, свидетельствующие о научной квалификации и достижениях.

на английском языке

Dymshits A.M., Sharygin I.S., Malkovets V.G., Yakovlev I.V., Gibsher A.A., Alifirova T.A., Vorobei S.V., Potapov S.V., Garanin V.K. Thermal state, thickness, and composition of the lithospheric mantle beneath the Upper Muna kimberlite field (Siberian craton) constrained by clinopyroxene xenocrysts and comparison with Daldyn and Mirny fields // Minerals, № 10. P. 549 DOI: 10.3390/min10060549 ИФ - 2.508 Q2

Для русскоязычных названий сведения приводятся на русском языке и в переводе на английский язык. При этом должно быть понятно, что речь идет об одном и том же документе (например, добавляйте слово «перевод»).

2.11. Опыт выполнения научных проектов (указываются наименования фондов (организаций), их местонахождение (страна), форма участия, номера, названия проектов и сроки выполнения за последние 5 лет)

на русском языке

Исполнитель проекта:

1. РФФИ № 20-35-70058 "Расплавные включения в минералах мантийных ксенолитов как источник информации о составе, происхождении и эволюции наиболее глубоких расплавов в континентальной и океанической мантии". 2019-2021 гг.
2. РФФИ № 20-35-90118 "Микроминералогия кимберлитов Верхне-Мунского поля (Сибирский кратон) 2020-2022 гг.

на английском языке

1. RFBR № 20-35-70058 "Melt inclusions in minerals of mantle xenoliths as a source of information on composition, origin and evolution of the deepest melts in continental and oceanic mantle". 2019-2021
2. RFBR № 20-35-90118 "Micromineralogy of kimberlites of the Upper Muna field (Siberian craton)" 2020-2022.

2.12. Планируемое участие в научных проектах (в любом качестве) в 2022 году

Общее количество – 3, из них:

руководство – 0, участие в качестве исполнителя – 3,

а именно:

Ответственный исполнитель текущим грантом в случае поддержания.

Ответственный исполнитель в проекте РФФИ 20-35-90118, срок 2020-2022 гг.

Исполнитель в проекте РНФ 22-77-10029, руководитель Соколова Т.С., в случае поддержания.

(указываются в том числе грантодатели или заказчики проектов и источник финансирования, например – государственное задание учредителя, гранты РФФИ, ФПИ, РНФ, иных фондов или иных организаций, государственный контракт (заказчик, программа), иной хозяйственный договор, иные гранты и субсидии).

2.13. Доля рабочего времени, которую планируется выделить на участие в данном проекте в случае победы в конкурсе Фонда -

65 процентов.

Имеется в виду – от полной занятости в рамках трудовых или гражданско-правовых правоотношений, т.е. занятость в свободное от основной работы время также должна учитываться.

2.14. Участие в образовательной деятельности (указывается информация о руководстве аспирантами, адъюнктами, интернами, ординаторами, разработке и чтении новых образовательных курсов в российских и зарубежных вузах)

2.15. В 2020 или в 2021 годах участвовал в качестве руководителя проекта, финансируемого Фондом, или исполнителя проекта, финансируемого Фондом, в следующих проектах (при наличии):

2.16. Контактный телефон, электронный адрес (E-mail)

+79832466926, sergey1potapov9469@gmail.com

2.17. Участие в проекте:

Основной исполнитель проекта

С условиями конкурса Фонда (в том числе, с пунктами 7 и 8 конкурсной документации) ознакомлен и согласен.
Подтверждаю свое участие в проекте.

Фамилия, имя и отчество	Потапов Сергей Владимирович
Данные документа, удостоверяющего личность** (серия, номер, сведения о дате и органе выдачи)	<div></div> <div></div> <div></div> <div>Внимание! Данное поле заполняется вручную в печатном экземпляре заявки. Заполнение обязательно!</div>
Адрес проживания	664514, Иркутская область, Иркутский район, д. Грановщина, ул. Сергея Бондарчука, д. 34
Оператор персональных данных	Российский научный фонд

Я выражаю согласие*** на обработку указанным выше оператором персональных данных, внесенных в настоящую форму мною лично.

Обработка Российским научным фондом (адрес: г. Москва, ул. Солянка, д. 14, строение 3) указанных выше персональных данных может осуществляться **посредством** их сбора, систематизации, накопления, хранения, уточнения, использования, блокирования, распространения на официальном сайте Российского научного фонда, передачи и уничтожения **с целью** проведения экспертизы заявок на конкурсы, проводимые Российским научным фондом, экспертизы проектов и программ, финансируемых Российским научным фондом, подготовки аналитических материалов по конкурсам, долговременного сохранения документированной информации об участниках программ, получивших финансирование Российского научного фонда, общедоступного раскрытия информации о руководителях программ и проектов, финансируемых Российским научным фондом. Указанная обработка моих данных может осуществляться в течение 75 лет со дня заполнения настоящей формы в печатной форме. Хранение настоящей формы может быть поручено ООО «РАЙСВОЛФ» (107150, Москва, ул. Бойцовая, д. 22), оказывающему Российскому научному фонду услуги архивного хранения документов. Настоящее согласие может быть отозвано посредством направления на указанный выше адрес оператора персональных данных заявления с требованием о прекращении обработки персональных данных. Заявление должно содержать номер документа, удостоверяющего личность субъекта персональных данных; сведения о дате выдачи указанного документа и выдавшем его органе, а также собственноручную подпись субъекта персональных данных.

** Непредставление данных документа, удостоверяющего личность, является основанием недопуска заявки к конкурсу.

*** Заполнение является обязательным в соответствии с требованиями Федерального закона от 27 июля 2006 г. №152-ФЗ «О персональных данных».

Подпись исполнителя проекта _____/С.В. Потапов/

Дата подписания « ____ » _____ 2022 г.

Форма 3. Сведения об организации

собираются автоматически на основе регистрационных данных организации, через которую будет осуществляться финансирование ("Форма Т")

3.1. Полное наименование *(приводится в соответствии с регистрационными документами)*

федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук

3.2. Сокращенное наименование

ИЗК СО РАН

3.3. Наименование на английском языке

Institute of the Earth's crust of the Russian Academy of Sciences, Siberian Branch

3.4. Организационно-правовая форма *(указывается по ОКОПФ)*

Федеральные государственные бюджетные учреждения

3.5. Форма собственности *(указывается по ОКФС)*

Федеральная собственность

3.6. Ведомственная принадлежность

Министерство науки и высшего образования РФ

3.7. ИНН, КПП, ОГРН, ОКТМО

3812011756, 381201001, 1023801757320, 25701000

3.8. Адрес

664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 128

3.9. Фактический адрес

664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 128

3.10. Субъект Российской Федерации

Иркутская обл

3.11. Должность, фамилия, имя, отчество *(при наличии)* руководителя организации

Директор, Гладкочуб Дмитрий Петрович

3.12. Контактный телефон

+73952427000

3.13. Электронный адрес *(E-mail)*

log@crust.irk.ru

Руководитель организации подтверждает, что:

- ознакомлен с условиями конкурса Фонда и согласен на финансирование проекта, в случае его поддержки, через организацию;
- согласен с пунктами 8, 14, 33, 35, 36 конкурсной документации, иными условиями конкурса;
- подтверждает сведения¹ о руководителе проекта, изложенные в данной заявке;

¹ В том числе сведения о дате рождения, ученой степени.

- организация исполняет обязательства по уплате налогов в бюджеты всех уровней и обязательных платежей в государственные внебюджетные фонды, платежеспособна, не находится в процессе ликвидации, не признана несостоятельной (банкротом), на ее имущество не наложен арест и ее экономическая деятельность не приостановлена;
- в случае признания заявки победителем организация берет на себя следующие обязательства:
 - заключить с членами научного коллектива гражданско-правовые или трудовые (срочные трудовые) договоры² (трудовой договор с руководителем проекта не может быть договором о дистанционной работе, трудовые договоры с членами научного коллектива не могут предусматривать возможность

осуществления трудовой деятельности за пределами территории Российской Федерации);

² Если таковые не заключены ранее. В случае, если член научного коллектива не является гражданином Российской Федерации, организацией должны быть выполнены все процедуры, предусмотренные законодательством Российской Федерации при трудоустройстве иностранных граждан.

- по поручению руководителя проекта выплачивать членам научного коллектива вознаграждение за выполнение работ по проекту;
- ежегодно в установленные сроки представлять отчет о целевом использовании гранта Российского научного фонда;
- рассмотреть вопрос о включении руководителя проекта в кадровый резерв (при наличии).

Руководитель организации гарантирует, что:

- вознаграждение за выполнение работ по реализации проекта будет ежегодно получать³ каждый член научного коллектива;

³ Лица, не являющиеся налоговыми резидентами Российской Федерации, могут осуществлять работы по проекту на безвозмездной основе (за исключением руководителя проекта).

- общий размер ежегодного вознаграждения члена научного коллектива не будет превышать 30 процентов от суммы ежегодного вознаграждения всем членам научного коллектива⁴;

⁴ Включая установленные законодательством Российской Федерации гарантии, отчисления по страховым взносам на обязательное пенсионное страхование, на обязательное медицинское страхование, на обязательное социальное страхование на случай временной нетрудоспособности и в связи с материнством, на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

- общий размер ежегодного вознаграждения членов научного коллектива в возрасте до 39 лет включительно не будет меньше 70 процентов от суммы ежегодного вознаграждения всех членов научного коллектива;
- общее число членов научного коллектива (вместе с руководителем проекта) не будет превышать 8 человек, при этом членом научного коллектива не будет являться работник организации, в непосредственном административном подчинении которого находится руководитель проекта;
- научному коллективу будет предоставлено помещение и обеспечен доступ к имеющейся экспериментальной базе для осуществления научного исследования.

Подпись руководителя организации (уполномоченного представителя, действующего на основании доверенности или распорядительного документа)⁵, **печать** (при ее наличии) **организации**

⁵ В случае подписания формы уполномоченным представителем организации (в т.ч. – руководителем филиала) к печатному экземпляру заявки прилагается копия распорядительного документа или доверенности, заверенная печатью организации.

_____/_____/_____
М.П.

Форма 4. Содержание проекта

4.1. Научная проблема, на решение которой направлен проект

на русском языке

Проект направлен на решение фундаментальной проблемы реконструкции термального состояния литосферной мантии Сибирского кратона. Поставленная проблема включает в себя несколько актуальных научных задач, существующих в области Наук о Земле: (1) состав и строение литосферной мантии древних кратонов; (2) оценка теплогенерации пород кристаллического фундамента и литосферной мантии кратонов, необходимая для корректного определения плотности пород и теплового потока на границах Мохо и литосферы-астеносферы; (3) построение усовершенствованных геодинамических моделей литосферы Земли.

на английском языке

The project is aimed at solving the fundamental problem of reconstructing the thermal state of the lithospheric mantle of the Siberian craton. The problem includes several most urgent scientific problems existing in the field of Earth Sciences: (1) the composition and structure of the lithospheric mantle of ancient cratons; (2) estimation of heat production in the crystalline basement rocks and lithospheric mantle of the cratons, which is necessary for the correct determination of the density, and heat flow at the boundary of the Moho and the lithosphere-asthenosphere; (3) construction of improved geodynamic models of the Earth's lithosphere.

4.2. Научная значимость и актуальность решения обозначенной проблемы

на русском языке

Данные о температуре и давлении мантийных пород, выносимых на поверхность в виде ксенолитов глубинными магмами (например, кимберлитами и лампроитами), позволяют реконструировать разрез литосферной мантии древних кратонов и оценивать масштабы неоднородности её химического и минерального состава (Pearson et al., 2014). Термобарометрия мантийных пород является важным инструментом для оценки теплового состояния и мощности литосферной мантии, а также имеет огромное значение в оценке алмазного потенциала. Кимберлиты общепринято называть первичными породами для алмазов, однако действительно материнскими породами для алмазов, которые кристаллизуются на глубинах более 130 км, являются породы основания литосферной мантии (литосферного кила), транспортируемые на поверхность кимберлитовыми магмами в виде ксеногенного материала. Чем более мощная кратонная литосферная мантия, тем выше потенциальная алмазоносность кимберлитов. По этим причинам первоочередной задачей при описании состава и строения литосферной мантии, является максимально точная реконструкция ее термального режима на момент кимберлитового магматизма. Сегодня существуют подходы (например, Mather et al., 2011), когда профиль температуры с глубиной (палеогеотерма) реконструируется путем подгонки набора Р-Т данных, полученных для мантийных ксенолитов и/или ксенокристаллов, выносимых глубинными магмами, с учетом данных толщины коры и ее теплогенерации. Для Сибирского кратона такой подход использован для единичных трубок Далдынского, Куойкского и Верхне-Мунского полей (Dymshits et al., 2020; Howarth et al., 2014; Zibera et al., 2016; Тычков и др., 2018). Наиболее значимые работы по составу и строению литосферной мантии Сибирского кратона (Pearson et al., 1995; Ionov et al., 2006, 2010, 2015, 2017; Ashchepkov et al., 2010; Pokhilenko et al., 1997; Соболев, 1974 и другие), опираются, как правило, на устаревшие глобальные модели температурных профилей (Hasterok, Chapman, 1977), либо основаны на очень неточном подходе оценки давления из состава ксенокристаллов граната (Griffin et al., 1999). Поэтому остро назрел вопрос переоценки термального режима литосферной мантии для различных участков Сибирского кратона с использованием современных подходов и моделей, описанных в работах Mather et al. (2011) и Hasterok, Chapman (2011).

При построении палеогеотермы, задаваемые величины толщины коры, а также теплогенерации пород литосферной мантии и коры могут значительно влиять на результирующий профиль температуры с глубиной и, как следствие, значение мощности литосферной мантии (Hasterok, Chapman, 2007, 2011; McKenzie et al., 2005; Artemieva and Mooney, 2001; Rudnick and Nyblade, 1999; Розен и др., 1988). Говоря о теплогенерации пород литосферы, обычно имеется в виду радиоактивный распад содержащихся в литосфере теплогенерирующих элементов (главным образом U, Th и K). Также рассматривается фактор поступления в литосферу тепла из конвектирующей мантии за счет глубинных флюидов и расплавов (Хуторской, 2015). Однако именно радиоактивный распад пород кристаллического фундамента является главным источником энергии и обуславливает значительную долю в тепловом режиме. При реконструкции геотермы, вариации в оценках значений теплогенерации пород верхней коры в пределах 50% могут приводить к разнице в толщине литосферы в пределах 50 км, а температуры на границе Мохо более чем в 400 К. Вариации значений

теплогенерации для пород нижней коры могут дополнительно приводить к получаемым значениям толщины литосферы до ± 20 км (Hasterok, Chapman, 2011).

Для Сибирского кратона теплогенерация в породах верхней части кристаллического фундамента подробно изучалась в пределах Алданского щита (Ножкин и др., 1994; Розен и др., 1988; 1992). При этом было показано, что содержание урана, тория и калия в формациях Анабарского щита очень изменчивы, что обуславливает вариации в величине теплогенерации от 0.66 до 2.14 мкВт/м³. Для районов, где кристаллический фундамент скрыт под осадочным чехлом либо для нижних горизонтов коры, в частности непосредственно прилегающих к верхней мантии, источником информации для оценки теплогенерации являются коровые ксенолиты, также выносимые кимберлитовыми магмами. Существуют единичные измерения радиоактивных элементов в коровых ксенолитах, которые позволили получить значение теплогенерации в 0.076 мкВт/м³ (Shatsky et al., 1990) и требуют сравнений с различными регионами Сибирского кратона.

Мантийная теплогенерация имеет несомненно меньший эффект, чем коровая, однако, может быть крайне важным параметром, когда предполагаются зоны в литосферной мантии, обогащенные или наоборот обедненные радиоактивными элементами (Розен и др., 1998, 1992; Mather et al., 2011). За последние 2 млрд лет в условиях континентальной литосферной мантии некоторое количество кимберлитовых магм могли не дойти до поверхности и закристаллизоваться на верхних горизонтах литосферной мантии, образуя массивный резервуар радиоактивных элементов (Sleep, 2009), так называемые в англоязычной литературе «failed» или «frozen» кимберлитовые магмы (Sleep, 2009; Pokhilenko, 2009; Guiliani et al., 2014). Нодули полимиктовых брекчий, встречаемые в кимберлитах, рассматриваются как образцы таких «failed»/«frozen» кимберлитовых магм. В частности, в них содержится большое для мантийных пород количество флогопита (содержание во флогопите K₂O = 9-10 мас. %), что будет приводить к высоким содержаниям калия в этих популяциях. Таким образом, в литосферной мантии могут присутствовать участки, обогащенные радиоактивными элементами, которые могут влиять на профиль распределения температуры с глубиной. При оценке теплогенерации в литосферной мантии на основе состава мантийных ксенолитов из кимберлитов следует учитывать тот факт, что кимберлитовый расплав проникает в ксенолиты при подъеме, и влияет на их валовые характеристики, в том числе на содержание радиоактивных элементов (Schmidberger, Francis, 2001; Agashev et al., 2013; Шарыгин, 2014). Оценки степени такого обогащения крайне важно провести для пород с различного уровня глубинности литосферной мантии и оценить влияние кимберлитового расплава при его подъеме к поверхности. Для пород Сибирского кратона такие исследования редки.

Таким образом, встает вопрос о необходимости построения мантийных геотерм с учетом особенностей состава пород кристаллического фундамента и литосферной мантии изучаемого региона.

Используя современные методы и подходы, в рамках настоящего проекта планируется реконструировать мантийные палеогеотермы на основе данных о давлении и температуре ксенокристаллов мантийного клинопироксена и мантийных ксенолитов из кимберлитов, расположенных в различных частях Сибирского кратона.

Будут получены новые данные о теплогенерации пород кристаллического фундамента и литосферной мантии на основе изучения мантийных и коровых ксенолитов из кимберлитов. Точные оценки теплогенерации пород кристаллического фундамента и литосферной мантии необходимы для корректного построения профиля температуры с глубиной и теплового потока на границах Мох и литосфера-астеносфера. Корректные значения температуры в литосфере важны для определения многих физических параметров, например плотности пород литосферы и скорости распространения в них сейсмических волн. Поэтому задачи, обозначенные в проекте, будут способствовать пониманию и решению фундаментальной научной проблемы строения литосферы древних кратонов Земли и делают исследование масштабным, актуальным и своевременным.

Успешная реализация настоящего проекта позволит получить новые комплексные данные по термальному состоянию, составу и строению литосферной мантии и нижней коры Сибирского кратона. Помимо фундаментальных результатов, наши данные помогут в дальнейшем установить причинно-следственные связи проявления кимберлитового магматизма в регионе с его алмазным потенциалом.

на английском языке

Data on temperature and pressure of mantle rocks brought to the surface as xenoliths by deep magmas (e.g., kimberlites and lamproites) allow us to reconstruct the lithospheric mantle section of ancient cratons and estimate the chemical and mineral heterogeneity (Pearson et al., 2014). Thermobarometry of mantle rocks is an important tool to estimate the thermal state and thickness of the lithospheric mantle, and is also of great importance in the assessment of diamond potential. Kimberlites are the primary deposits of diamonds. However, diamonds crystallized at depths of more than 130 km and their parent rocks are those of the base of the lithospheric mantle (lithospheric keel), and kimberlite magmas only transport this deep mantle material to the surface. The deep lithospheric mantle should have higher diamond potential. For these reasons, the primary task in describing the composition and structure of the lithospheric mantle is the accurate reconstruction of its thermal

regime at the time of kimberlitic magmatism. Today, there are approaches (e.g., Mather et al., 2011) when the temperature profile with depth (paleogeotherm) is reconstructed by fitting a set of P-T data obtained for mantle xenoliths and/or xenocrystals brought by deep magmas, the crustal thickness and its heat generation data. For the Siberian Craton, such an approach has been used for single pipes of the Daldyn, Kuoika, and Upper Muna fields (Dymshits et al., 2020; Howarth et al., 2014; Zibera et al., 2016; Tychkov et al., 2018). The most significant works on the composition and structure of the lithospheric mantle of the Siberian Craton (Pearson et al., 1995; Ionov et al., 2006, 2010, 2015, 2017; Ashchepkov et al., 2010; Pokhilenko et al., 1997; Sobolev, 1974, and others), are usually based on outdated global models of temperature profiles (Hesterok and Chapman, 1977), or are based on a very imprecise approach of pressure estimates from garnet xenocrystals (Griffin et al., 1999). Therefore, the reevaluation of the thermal regime of the lithospheric mantle for different parts of the Siberian Craton using modern approaches and models described in Mather et al. (2011) and Hasterok and Chapman (2011). When constructing the paleogeotherm, the given values of crustal thickness as well as the heat production of lithospheric mantle and crustal rocks can significantly influence the resulting temperature profile with depth and, consequently, the lithospheric mantle thickness value (Hasterok and Chapman, 2007, 2011; McKenzie et al., 2005; Artemieva and Mooney, 2001; Rudnick and Nyblade, 1999; Rosen et al., 1988). When speaking of heat production of the lithospheric rocks, it usually refers to the radioactive decay of heat-generating elements (mainly U, Th, and K) contained in the lithosphere. The factor of heat influx into the lithosphere from the convecting mantle at the expense of deep fluids and melts is also considered (Khutorskoy, 2015). However, the radioactive decay of crystalline basement rocks is the main source of energy and accounts for a significant fraction in the thermal regime. When reconstructing the geotherms, variations in the estimates of heat production values of the upper crust rocks within 50% can lead to differences in the thickness of the lithosphere within 50 km and temperatures at the Moho boundary of more than 400 K. Variations in heat production values for lower crustal rocks can additionally lead to derived lithospheric thickness values of up to ± 20 km (Hasterok and Chapman, 2011).

For the Siberian Craton, heat generation in the rocks of the upper part of the crystalline basement has been studied in detail within the Anabar Shield (Nozhkin et al., 1994; Rosen et al., 1988; 1992). It was shown that the content of uranium, thorium, and potassium in the Aldan Shield formations is very variable, which accounts for variations in the value of heat generation from 0.66 to 2.14 $\mu\text{W}/\text{m}^3$. For areas where the crystalline basement is hidden under the sedimentary cover or for the lower crustal horizons, in particular, those immediately adjacent to the upper mantle, crustal xenoliths, also brought out by kimberlite magmas, are a source of information for estimation of heat generation. There are single measurements of radioactive elements in crustal xenoliths, which yielded a heat generation value of 0.076 $\mu\text{W}/\text{m}^3$ (Shatsky et al., 1990) and require comparisons with different regions of the Siberian craton.

Mantle heat production undoubtedly has a smaller effect than crustal heat generation, but may be an extremely important parameter when areas in the lithospheric mantle enriched or conversely depleted in radioactive elements are assumed (Rosen et al., 1998, 1992; Mather et al., 2011). Over the past 2 Ma, some kimberlitic magmas in the continental lithospheric mantle may have failed to reach the surface and crystallized in the upper horizons of the lithospheric mantle, forming a massive reservoir of radioactive elements (Sleep, 2009), so called "failed" or "frozen" kimberlite magmas in the English literature (Sleep, 2009; Pokhilenko, 2009; Guiliani et al., 2014). Nodules of polymict breccias found in kimberlites are considered as samples of such "failed"/"frozen" kimberlite magmas. In particular, they contain a large amount of phlogopite ($\text{K}_2\text{O} = 9\text{-}10$ wt %) for mantle rocks, which will lead to high potassium content in these samples. Thus, areas enriched in radioactive elements may be present in the lithospheric mantle, which may influence the temperature distribution profile with depth.

When assessing heat production in the lithospheric mantle on the basis of the composition of mantle xenoliths from kimberlites, one should consider the fact that the kimberlite melt penetrates into xenoliths during ascent and affects their bulk characteristics, including the content of radioactive elements (Schmidberger and Francis, 2001; Agashev et al., 2013; Sharygin, 2014). It is extremely important to estimate the degree of such enrichment for rocks from different levels of depth of the lithospheric mantle and assess the influence of the kimberlite melt as it rises to the surface. Such studies are rare for the rocks of the Siberian Craton.

Thus, the question arises about the necessity of constructing mantle geotherms taking into account the peculiarities of the crystalline basement rocks and the lithospheric mantle composition of the region under study.

Using modern methods and approaches within the framework of the present project it is planned to reconstruct mantle paleogeotherms based on the pressure and temperature data of clinopyroxene xenocrystals and mantle xenoliths from kimberlites located in different parts of the Siberian Craton.

New data will be obtained on the heat generation of crystalline basement rocks and the lithospheric mantle based on the study of mantle and crustal xenoliths from kimberlites. Accurate estimates of heat generation in rocks of the crystalline basement and lithospheric mantle are necessary for correct construction of the temperature profile with depth and heat flow at the Moho and lithosphere-asthenosphere boundary. Correct values of temperature in the lithosphere are important for determining many physical parameters, such as lithospheric rock density and seismic wave propagation velocity in it.

Therefore, the tasks outlined in the project will contribute to understanding and solving the fundamental scientific problem of the structure of the lithosphere of the ancient cratons of the Earth and make the study ambitious, relevant and timely. Successful implementation of the present project will allow us to obtain new complex data on the thermal state, composition and structure of the lithospheric mantle and lower crust of the Siberian Craton. In addition to fundamental results, our data will help to further establish causal links between manifestation of kimberlitic magmatism in the region and its diamond potential.

4.3. Конкретная задача (задачи) в рамках проблемы, на решение которой направлен проект, ее масштаб и комплексность

на русском языке

Данный проект посвящен исследованию термального состояния континентальной литосферной мантии, подстилающей Сибирский кратон в районе 12 кимберлитовых полей. Пять из них относятся к центральной части кратона – Мирнинское, Накынское, Далдынское, Алакит-Мархинское, Верхнемунское, и семь к северной части – Куранахское, Дюкенское, Ары-Мастахское, Чомурдахское, Куойкское, Хорбусуонское, Лучаканское.

Для этого будут решены конкретные задачи:

1. Оптимизация подхода для реконструкции палеогеотерм для выбранного региона на основе моделей, описанных в работах Hasterok, Chapman (2011) и Mather et al. (2011).
2. Реконструкция палеогеотерм на основе данных давлений и температур ксенокристаллов мантийного клинопироксена и мантийных ксенолитов из кимберлитов различных полей Сибирского кратона
3. Получение новых данных о теплогенерации пород кристаллического фундамента и литосферной мантии Сибирского кратона на основе изучения мантийных и коровых ксенолитов из кимберлитовых трубок Удачная (Далдынское поле) и Обнаженная (Куойкское поле).

Как следствие, на основе реконструированных палеогеотерм, станет возможным построение профилей неоднородности состава литосферной мантии Сибирского кратона в районах проявления кимберлитового магматизма. Комплексность и масштабность поставленных задач определяется следующим. Наиболее широко используемым методом оценки теплового состояния литосферы является метод определения температуры и давления минеральных равновесий в мантийных ксенолитах/ксенокристаллах. При наличии некоторого числа образцов ксенолитов из одной кимберлитовой трубки, с помощью методов термобарометрии, возможно восстановить температурный профиль для всего диапазона глубин литосферной мантии. Оценив таким образом как температура в литосферной мантии меняется с глубиной, можно определить её мощность, по пересечению полученной геотермы с мантийной адиабатой. Подобные работы были начаты руководителем проекта в рамках гранта РФФИ в 2018 году. При рецензировании нашей статьи, которая была посвящена реконструкции палеогеотерм в центральной части Сибирского кратона (Dymshits et al., 2020), профессор Уильям Гриффин из Университета Маккуори (Сидней, Австралия) написал следующее: «The paper presents a comprehensively documented example of the application of single-clinopyroxene geothermobarometry and the FITPLOT software to the estimation of the thickness and thermal state of the cratonic lithosphere. I am impressed with the results, and they help to dispel my scepticism toward the single-cpx methodology, so this paper should become a guide on how to carry out such work», таким образом особенно отметив комплексность предполагаемого подхода и его эффективность. Масштабность поставленных задач подчеркивается тем, что профессор У. Гриффин передал свою базу данных по мантийным гранатам, насчитывающую несколько тысяч зерен, чтобы мы могли в дальнейшем построить более совершенные модели состава и строения литосферной мантии Сибирского кратона в пределах всей Якутской алмазоносной провинции с использованием новых и максимально точно реконструированных палеогеотерм. Таким образом мы сможем обновить и дополнить новыми данными, которые имеются у нашего коллектива, его классическую работу по составу и строению литосферной мантии Сибирского кратона (Griffin et al., 1999).

на английском языке

This project is devoted to the study of the thermal state of the continental lithospheric mantle beneath the Siberian craton in the area of the Mirny, Nakyn, Daldyn, Alakit-Markha, Upper Muna and some northern fields (Kuranakh, Duken, Ary-Mastakh, Chomurdakh, Kuoika, Khorbusuonka, Luchakan).

Following tasks will be solved for this purpose:

1. Optimization of the approach for reconstructing paleogeotherms based on the methods described in Hasterok and Chapman, 2011 and Mather et al. 2011
2. Reconstruction of paleogeotherms based on pressure and temperature data of clinopyroxene xenocrysts and xenoliths from kimberlites from different fields of the Siberian Craton.
3. Obtaining new data on heat production in the rocks of the crystalline basement and lithospheric mantle based on the study

of mantle and crustal xenoliths from kimberlites of the Udachnaya and Obnazhennaya pipes.

4. Construction of profiles of the lithospheric mantle composition heterogeneity under some parts of the Siberian Craton considering the reconstructed paleogeotherms and original and literature data (mantle xenoliths and xenocrystals from kimberlites).

Complexity and scale of the set tasks is determined by the following aspects. The most widely used method to estimate the thermal state of the lithosphere is the definition of temperature and pressure of mineral equilibria in mantle xenoliths (xenocrystals). If there are several samples of xenoliths (xenocrystals) from one volcanic center, using thermobarometry methods, it is possible to restore the temperature profile for the whole depth range, from which they were taken. Thus, it is possible to determine its thickness by the intersection of the resulting geotherm with the mantle adiabat. Data on the temperature and pressure at which equilibrium between the minerals has been reached allow the mantle material to be spatially separated. Estimates of pressure, and hence depth, allow to estimate chemical and mineral heterogeneity (Pearson et al, 2014; Griffin et al., 1999). Similar work was initiated by the project leader as part of a previous RSF grant. In reviewing a paper that focused on the reconstruction of paleogeotherms in the central Siberian Craton (Dymshits et al., 2020), Professor William Griffin (Macquarie University) wrote the following: "The paper presents a comprehensively documented example of the application of single-clinopyroxene geothermobarometry and the FITPLOT software to the estimation of the thickness and thermal state of the cratonic lithosphere. I am impressed with the results, and they help to dispel my scepticism toward the single-cpx methodology, so this paper should become a guide on how to carry out such work," thus emphasizing the complexity of the proposed approach and its effectiveness.

The magnitude of the task is underscored by the fact that Professor B. Griffin handed over his database on mantle garnets, numbering several thousand grains, so that we can further constrain composition and structure of the lithospheric mantle beneath the Siberian Craton both with depth and laterally, using new and precisely reconstructed paleogeotherms. Thus, we will be able to update and supplement with new original data the classic work on the composition and structure of the lithospheric mantle of the Siberian Craton (Griffin et al., 1999).

4.4. Научная новизна исследований, обоснование достижимости решения поставленной задачи (задач) и возможности получения предполагаемых результатов

на русском языке

Новизна научного исследования определяется, прежде всего тем, что в качестве объектов исследования выбраны не только хорошо изученные кимберлитовые трубки, но и малоизученные северные кимберлитовые поля Якутской алмазоносной провинции Сибирского кратона.

В рамках данного проекта будут проведены комплексные исследования термального состояния литосферной мантии Сибирского кратона с использованием современных методов и подходов. У научной группы имеется представительная коллекция образцов мантийных и коровых ксенолитов, а также мантийных ксенокристаллов из кимберлитов, собранная коллективом и коллегами, с которыми коллектив сотрудничает, за большой период времени. Таким образом, впервые будут использованы данные по химическому анализу представительного количества зерен (> 1800) мантийных ксенокристаллов из 12 кимберлитовых полей для реконструкции палеогеотерм на момент кимберлитового магматизма. Впервые будут проведены детальные исследования коровых ксенолитов (в том числе будет рассчитана теплогенерация пород коры с учетом взаимодействия с кимберлитовым расплавом) из трубок Удачная и Обнаженная. Исследование коровых ксенолитов из кимберлитов значительно расширят данные о теплогенерации пород кристаллического фундамента Сибирского кратона. На сегодняшний день исследования концентраций радиоактивных элементов в коровых ксенолитах из кимберлитов малочисленны (см. обзор Милановский и др., 2017).

Новыми в проекте будут подходы для решения поставленных задач. Реконструкция палеогеотерм будет производиться с использованием усовершенствованного инструмента на основе современных моделей Hasterok, Chapman (2011) и Mather et al. (2011). Основываясь на уравнениях и подходах, которые описаны в работе Hasterok, Chapman (2011) будет создана программа для построения палеогеотермы по значениям давлений и температур мантийных пород, а также с учетом термических свойств коры и литосферной мантии изучаемого региона. Программа будет доступна для мантийных петрологов и геологов-алмазников для удобного решения задач по термальному режиму заданного региона (опубликована в качестве приложения в публикации с открытым доступом).

Расчет теплогенерации пород кристаллического фундамента и литосферной мантии будет производиться с учетом влияния кимберлитового расплава. Эти данные будут использованы не только для реконструкции палеогеотерм, но и дадут новые знания в решении важнейшей задачи состава кимберлитового расплава. Впервые будут проведены оценки привноса радиоактивных элементов кимберлитовым расплавом в зернистые перидотиты с разных глубин литосферной мантии под трубкой Удачная.

Выполнение поставленных задач будет достигнуто благодаря коллективу высококвалифицированных специалистов,

которые имеют опыт в подобных исследованиях (например, Dymshits et al., 2020; Kostrovitsky et al., 2021; Sun et al., 2021). В проекте будет использовано современное аналитическое оборудование и методические разработки. Уже имеется задел по изучению химического состава мантийных минералов из кимберлитов Сибирского кратона и моделированию уравнений палеогеотерм в программе FITPLOT (программа описана в работе Mather et al., 2011).

на английском языке

The novelty of the scientific research is determined primarily by the fact that not only the well-studied kimberlite pipes, but also the poorly studied northern kimberlite fields of the Yakutian diamond province of the Siberian Craton (hereinafter YDP SC) are chosen as objects of research.

This project will conduct a comprehensive study of the thermal state of the lithospheric mantle of the Siberian Craton using modern methods and approaches. The scientific team has a representative collection of samples collected over a long period of time, based on which a detailed study can be carried out, using methods and approaches corresponding to the leading scientific developments in this field of science. For the first time, a comprehensive mineralogical analysis will be carried out for a representative number of grains (>1800) of mantle xenocrysts from 12 kimberlite fields.

For the first time, detailed studies of crustal xenoliths (including their heat production) from the Obnazhennaya pipe will be carried out. The studies of crustal xenoliths from kimberlites will significantly expand the data on the heat production in the rocks of the crystalline basement of the Siberian Craton. To date, studies of radiogenic element concentrations in crustal xenoliths from kimberlites are few (Shatsky et al., 1990; Milanovsky et al., 2017).

New in the project will be the approaches to solve the set tasks. Reconstruction of paleogeotherms will be performed using an improved tool based on models Hasterok, Chapman, 2011 and Mather et al., 2011. Based on the equations and approaches described in Hasterok and Chapman, 2011, a program will be created for constructing paleogeotherms from data on pressures and temperatures of mantle rocks, as well as thermal properties of the crust and lithospheric mantle of the region under study. The program will be available to mantle petrologists and diamond mining companies for convenient solving problems on the thermal regime of a given region (the program would be published as an application on the Internet).

Calculation of the heat production in the rocks of the crystalline basement and lithospheric mantle will be carried out considering the influence of the kimberlitic melt. These data will be used not only to reconstruct paleogeotherms but will also provide new knowledge in solving the problem of kimberlite melt composition.

For the first time, estimates will be made of the inflow of radiogenic elements by the kimberlitic melt into granular peridotites from different depths of the lithospheric mantle under the Udachnaya pipe.

The fulfillment of the assigned tasks will be achieved due to a team of highly qualified specialists who have experience in similar studies (e.g., Dymshits et al., 2020; Kostrovitsky et al., 2021; Sun et al., 2021). The project will utilize state-of-the-art analytical equipment and methodological developments. There is already a track record of studying the chemical composition of mantle minerals from the SK kimberlites and modeling paleogeotherms in the FITPLOT program.

4.5. Современное состояние исследований по данной проблеме, основные направления исследований в мировой науке и научные конкуренты

на русском языке

Температура имеет принципиальное влияние на физико-химические параметры мантийного вещества. Однако термические модели, основанные на измерении поверхностного теплового потока, показывают заметные расхождения в оценках распределения температуры с глубиной (Кусков и др., 2011; Artemieva, Mooney, 2001; Artemieva, 2009; Rudnick and Nyblade, 1999). Изменение температуры с глубиной не поддается точному определению, и температура остается одним из наиболее дискуссионных и неопределенных физических параметров. Это связано с неопределенностью термических свойств (теплогенерации, теплопроводности пород) и вклада коровой составляющей в полный тепловой поток (Pollack, Chapman, 1977, Hasterok, Chapman, 2011; McKenzie et al., 2005; Rudnick et al., 1998; Кронрод, Кусков, 2006; Poupinet et al., 2003; Кусков и др., 2011; Розен и др., 1988, 1989, 2009).

Тепловой режим литосферы Сибирского кратона реконструировался в ряде геофизических работ. Они основаны на инверсии профилей скоростей сейсмических волн в профили температуры с учетом петролого-геохимических и теплофизических ограничений на состав и свойства мантийного вещества. Но тепловой режим и толщина литосферы, оцениваемые методами сейсмотомографии (например, Tsvetsova et al., 2009), зачастую плохо согласуются с данными по тепловому потоку (Дучков, Соколова, 1997; Rudnick et al., 1998; Artemieva, 2009) и P-T параметрам равновесия минералов в глубинных ксенолитах.

Группой под руководством И. Артемьевой было сделано обобщение имеющихся данных о тепловом потоке и теплогенерации в коре и построены серии карт, где было показано, что температура под древними кратонами, обладающими большой мощностью, понижена по сравнению с более молодыми тектонически активными зонами

(Artemieva, Mooney, 2001). Для Сибирского кратона имеются две крупные работы, посвященные этим вопросам (Cherepanova et al., 2013, 2015). Согласно (Artemieva, Mooney, 2001), температуры под Сибирским кратоном являются наиболее низкими среди всех рассмотренных кратонов; мантийный тепловой поток также характеризуется наиболее низкими значениями. Это также подтверждается в работе (Дучков, Соколова, 1997). Активно построением универсальных моделей распределения температуры в коре и литосферной мантии под древними кратонами с учетом химического и минерального состава пород занималась группа профессора Р. Рудник (например, Rudnick and Nyblade, 1999).

Вопросами теплового режима, химического состава и внутреннего строения верхней мантии Сибирского кратона методом термодинамического моделирования в течение многих лет успешно занималась группа О.Л. Кускова (Кусков и др., 2011, 2014; Кусков, Кронрод, 1994, 2006; Кронрод, Кусков, 1996, 2006). При этом была проведена реконструкция термального состояния литосферной мантии Сибирского кратона по скоростям распространения сейсмических Р-волн с учетом фазовых превращений, ангармонизма и эффектов неупругости. Были построены 2D модели распределения сейсмических скоростей и температур в литосферной мантии Сибирского кратона вдоль нескольких сейсмических профилей (Кратон, Кимберлит, Метеорит, Рифт).

В петролого-геохимических исследованиях термального состояния верхней мантии широко используются методы термобарометрического анализа ксенолитов мантийных пород, а также ксенокристаллов из кимберлитов (см. обзор Mather et al., 2011). Существует несколько обзорных публикаций, посвященных методам термобарометрии мантийных пород (Nimis, Grütter, 2010; Powell, Holland, 2008). Термобарометрические оценки пород континентальной литосферной мантии, подстилающей Сибирский кратон, в районах проявления кимберлитового магматизма сделаны для обширного количества образцов. Публикации, в основном, посвящены мантийным ксенолитам перидотитового состава из разрабатываемых кимберлитовых трубок центральной части Сибирского кратона (Глебовицкий и др., 2001; Соловьева, 1994; Ashchepkov et al, 2010; Boyd, 1997; Ionov et al, 2010; Pokhilenko et al, 1999; Goncharov et al., 2012 и другие). В указанных работах проведен подробный анализ методов определения температуры и давления, а также, собственно, изучено термальное состояние литосферы на момент выноса ксенолитов на поверхность. В характере термального состояния авторы отмечают равномерное изменение температуры с глубиной; оценки мощности литосферы варьируют от 220 до 250 км. В основном эти исследования выполнены по мантийным ксенолитам из трубки Удачная. В этих работах оценка термального режима проводилась простым нанесением значений давлений и температур мантийных пород на средние континентальные геотермы из работы Pollack, Chapman, 1977. Оценки термального режима для северных полей Сибирского кратона в широкодоступной международному сообществу рецензируемой литературе практически отсутствуют (Розен, 2000; Griffin et al., 1999).

Сейчас активно используется подход реконструкции палеогеотермы в программе FITPLOT (Mather et al., 2011), который основан на подгонке линии палеогеотермы по данным давлений и температур мантийных пород с учетом особенностей пород коры и литосферной мантии. Единичные работы с использованием этого подхода есть для трубок Далдынского и Куойкского полей (Тычков и др., 2018; Hawarth et al., 2014). Предварительная реконструкция по небольшой выборке давлений и температур была сделана нашей группой для трубки Мир (Dymshits et al., 2020).

Детальная реконструкция мантийной палеогеотермы на основе большой выборки ксенокристаллов клинопироксена была сделана для Верхне-Мунского поля. Эта работа была проведена в рамках ранее поддержанного проекта РНФ, где была показана степень влияния входных параметров при реконструкции палеогеотермы, в частности теплогенерации пород кристаллического фундамента (Dymshits et al., 2020).

Для Сибирского кратона основные оценки содержания U, Th, K (более 800 образцов), были сделаны гамма-спектрометрическим методом для пород кристаллической коры, обнаженной на поверхности Анабарского щита (Розен и др., 1988; 1989; Розен, 1992). Это позволило оценить радиогенную теплогенерацию на уровне современного эрозионного среза. Оценка теплогенерации коровой составляющей при исследовании ксенолитов пород фундамента из кимберлитов считается очень важным и информативным (Rudnick, Taylor, 1987; Rudnick, Fountain, 1995; Rudnik, Presper, 1990; Shatsky et al. 1990). Однако для пород Сибирского кратона такие работы очень малочисленны (см. обзор Милановский и др., 2014). Единичные оценки для гранулитов основного состава были сделаны в работе Shatsky et al. (1990). Для ксенолитов гранулитов основной целью изучения обычно является выяснение протолита, время тектоно-термальных событий, которые привели к их образованию и оценки давлений и температур (Shatsky et al., 2005, 2016, 2019; Koreshkova et al., 2009, 2011). Имеется одна работа по фугитивности кислорода пород кристаллического фундамента под трубкой Удачная (Perchuk et al., 2021). Для коровых ксенолитов из кимберлитов других кратонов сейчас активно ведется работа по оценке радиогенной теплогенерации (Gruber et al., 2021), в то время как современные оценки для пород фундамента Сибирского кратона отсутствуют.

Основными научными конкурентами по теме настоящего проекта является исследовательская группа под руководством А.Л. Перчука (МГУ им. Ломоносова), которая активно занимается изучением коровых ксенолитов из кимберлитов. Научная группа под руководством профессора И. Артемьевой (GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research, Kiel,

Germany) активно ведет работу по термохимической неоднородности литосферной мантии, в том числе Сибирского кратона. В Институте геологии и минералогии им. В.С. Соболева (г. Новосибирск), заведующим лабораторией литосферной мантии и алмазных месторождений Н.С. Тычковым проводятся исследования по реконструкции мантийных палеогеотерм под кимберлитовыми трубками; также группа академика Н.П. Похиленко ведет работу по флюидному режиму и метасоматическому преобразованию пород литосферной мантии Сибирского кратона. Под руководством профессора Д. Ионова (Université de Montpellier) активно ведется работа по реконструкции термального состояния, состава и строения литосферной мантии Сибирского кратона.

Список используемой литературы:

- Глебовицкий В.А., Никитина Л.П., Хильтова В.Я. // Физика Земли. 2001. № 3. С. 3–25
- Дучков А.Д., Соколова Л.С. // Геология и геофизика. 1997. Т. 38. № 2. С. 494–503. Кронрод В.А., Кусков О.Л. // Геохимия. 2006. № 10. С. 1119–1124.
- Кусков О. Л., Кронрод В. А. // Геохимия. – 1994. – №. 10. – С. 1383.
- Кусков О.Л., Кронрод В.А. // Геохимия. 2006. № 3. С. 267–283.
- Кусков О.Л., Кронрод В.А., Прокофьев А.А. // Физика Земли. 2011. № 3. С. 3–23.
- Кусков О.Л., Кронрод В.А., Прокофьев А.А. и др. // Петрология. 2014. Т. 22. № 1. С. 21–49
- Милановский С.Ю., Кабан М.К., Розен О.М. // Вес. Науки о Земле. 2017. № 4. В.36 С.56–71
- Розен О.М. // Геология и геофизика. 1992. № 12. С. 22–29.
- Розен О.М., Е.В.Бибикова, В.Л.Злобин и др. / М.: Наука, 1988. 254 с.
- Розен О.М., Ножкин А.Д., Злобин В.Л. и др // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1989. Т.64. С. 78–91.
- Розен О.М., Соловьев А.В., Журавлев Д.З. // Физика Земли. 2009. № 10. С. 79–96. Соловьева Л.В., Владимиров Б.М., Днепровская Л.В. и др. / Вещество верхней мантии под древними платформами. Новосибирск: Наука, 1994. 256 с.
- Тычков Н. С. и др. // Геология и геофизика. 2018. Т. 59. №. 10. С. 1564-1585.
- Artemieva I.M. // Lithos. 2009. V. 109. P. 23–46
- Artemieva I.M., Mooney W.D. // J. Geophys. Res. 2001. V. 106. P. 16387–16414.
- Ashchepkov I.V., Pokhilenko N.P., Vladikin N.V. et al. // Tectonophysics. 2010. V. 485. P. 17–41. Boyd F.R., Pokhilenko N.P., Pearson D.G. et al. // Contrib. Mineral. Petrol. 1997. V. 128. P. 228–246.
- Cherepanova, Y., Artemieva, I. M., Thybo H. et al. // Tectonophysics, 609, 154-183. Cherepanova Y.; Artemieva, I.M. // Gondwana Res. 2015, 28, 1344–1360.
- Dymshits A. M., Sharygin I. S., Malkovets V. G. et al. // Minerals. 2020 10(6), 549.
- Goncharov, A.G.; Ionov, D.A.; Doucet, L.S. et al. // Earth Planet. Sci. Lett. 2012, 357, 99–110 Griffin, W.L.; Ryan, C.G.; Kaminsky, F.V. et al. // Tectonophysics 1999, 310, 1–35.
- Ionov D.A., Doucet L.S., Ashchepkov I.V. // J. Petrol. 2010. V. 51. P. 2177–2210.
- Hasterok, D., Chapman, D.S. // Earth Planet. Sci. Lett. 2011. 307 (1–2), 59–70.
- Howarth, G.H.; Barry, P.H.; Pernet-Fisher, J.F. et al. // Lithos. 2014, 184–187, 209–224 Koreshkova, M.Y., Downes, H., Nikitina, L.P. et al. // Precamb. Res. 2009. 168 (3–4), 197–212.
- Koreshkova, M.Y., Downes, H., Levsky, L.K. et al. // J. Petrol. 2011. 52 (10), 1857–1885. Mather, K.A.; Pearson, D.G.; McKenzie, D. et al. // Lithos 2011, 125, 729–742.
- McKenzie, D.; Jackson, J.; Priestley, K. // Earth Planet. Sci. Lett. 2005, 233, 337–349.
- Nimis, P.; Grütter, H. // Contrib. Mineral. Petrol. 2010, 159, 411–427.
- Pokhilenko, N.P., Sobolev, N.V., Kuligin, S.S. et al. / Proc. VIth Int. Kimberlite Conf. Red Roof Design, Cape Town, South Africa, V 2, P. 689–698.
- Pollack, H.N.; Chapman, D.S. // Tectonophysics 1977, 38, 279–296.
- Poupinet G., Arndt N., Vacher P. // Earth Plan. Sci Lett. 2003. 212(1-2), 89-101.
- Powell R., Holland T. J. B. // J Metam Geol. 2008. V. 26. №. 2. P. 155-179.
- Rudnick, R.L., Presper, T. In: Vielzeuf, D., Vidal, P. (Eds.), Granulites and Crustal Evolution. Kluwer, Norwell, Mass. 1990.
- Rudnick R. L., McDonough W.L.O'Connell R. // Chem Geol. 1998. V. 145. N. 3–4. P. 395-411. Rudnick, R.L., Fountain, D.M. // Rev. Geophys. 1995. 267-309.
- Rudnick R. L., Nyblade A. A. / Mantle petrology: field observations and high pressure experimentation: a tribute to Francis R. (Joe) Boyd. 1999. 6(6). P. 3-12.
- Rudnick R.L., Taylor S.R. // J Geoph. Res. 1987. 92 (B13), 13981–14005.
- Shatsky V. S., Rudnick R. L., Jagoutz E. / Deep seated magmatism. Novosibirsk: Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences, 45-46.
- Shatsky V.S., Buzlukova L.V., Jagoutz E. et al. // Russ. Geol. Geophys. 2005. 46, 1252–1270.
- Shatsky, V.S., Malkovets, V.G., Belousova, E.A. et al. // Precamb. Res. 2016. 282, 1–20.

Shatsky, V. S., Wang, Q., Skuzovatov, S. Y. et al. // Precambr Res. 2019. V.332. Art.105388.

Tsvetkova T., Shumlyanskaya L., Zaiets L. et al. // Inter. Conf. Geodynam. Phenomena: From field, observational, seismol. rheolog. perspectives. Russia, Suzdal, 2009. P. 151–154.

НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ

Temperature has a fundamental influence on the physicochemical parameters of the mantle rocks. However, thermal models based on the surface heat flux and solving stationary thermal tasks show marked discrepancies in the estimates of temperature distribution with depth (Kuskov et al., 2011). Temperature change with depth cannot be accurately determined, and temperature remains one of the most debatable and uncertain physical parameters. This is due to uncertainties in the thermal properties (heat production, thermal conductivity of rocks) and the contribution of the crustal component to the total heat flux (Pollack and Chapman, 1977; 2011; McKenzie et al., 2005; Rudnick et al., 1998; Kronrod and Kuskov, 2006; Poupinet et al., 2003, Kuskov et al., 2011; Rosen et al., 1988; 1989; 2009).

The thermal regime of the SC lithosphere has been reconstructed in a few geophysical works. They are based on inversion of seismic wave velocity profiles into temperature profiles, considering petrological, geochemical and thermophysical constraints on mantle composition and properties. But the thermal regime and lithospheric thickness estimated by seismic tomography methods (e.g., Tsvetkova et al., 2009) often poorly agree with the heat flow data (Duchkov and Sokolova, 1997; Rudnick et al., 1998; Artemieva, 2009) and P-T parameters of mineral equilibration in the deep-seated xenoliths.

A group led by Artemieva I. summarized the available data on heat flow and crustal heat production and constructed a series of maps where it was shown that the temperature under the ancient cratons, which have a high thickness, is lower compared to the younger tectonically active zones (Artemieva and Mooney, 2001). There are two major works devoted to these issues for the SC (Cherepanova et al., 2013; 2015). According to (Artemieva and Mooney, 2001), the temperatures under the SC are the lowest among all the cratons considered; the mantle heat flux is also characterized by the lowest values. This is also confirmed in Duchkov and Sokolova, 1997.

The study of the thermal regime, chemical composition, and internal structure of the upper mantle of the SC by thermodynamic modeling has been successfully carried out for many years by O.L. Kuskov group (Kuskov et al., 2006; 2011; 2014; Kuskov and Kronrod, 1994; 2006; Kronrod and Kuskov, 1996; 2006). The thermal state of the SC lithospheric mantle was reconstructed from seismic P-wave velocities, considering phase transformations, anharmonicity, and inelasticity effects. 2D models of seismic velocity and temperature distribution in the lithospheric mantle of the SC along several seismic profiles (Craton, Kimberlite, Meteorite, Rift) were constructed.

In petrological and geochemical studies of the thermal state of the upper mantle, methods of thermobarometric analysis of peridotite, pyroxenite and eclogite xenocrystals and xenocrystals are widely used (see Mather et al., 2011). There are several review publications on thermobarometry methods for mantle rocks (Nimis and Grütter, 2010; Powell and Holland, 2008). Thermobarometric estimates of rocks of the continental lithospheric mantle underlying the SC in the areas of kimberlite magmatism have been made for an extensive number of samples. Publications are mainly devoted to mantle xenoliths of peridotite composition from the kimberlite pipes of the central part of the Siberian Craton (Glebovitsky et al, 2001; Solovyova, 1994; Ashchepkov et al, 2010; Boyd, 1997; Ionov et al, 2010; Pokhilenko et al, 1999; Goncharov et al, 2012 and others). In these papers, a detailed analysis of methods for determining the temperature and pressure, as well as the actual thermal state of the lithosphere at the time of kimberlite magmatism. In the character of the thermal state, the authors note a uniform change of temperature with depth; estimates of the thickness of the lithosphere vary from 220 to 250 km. These are mainly data on the xenoliths of the Udachnaya pipe. In these works, the thermal regime was estimated simply by plotting the pressure and temperature values of mantle rocks on the average continental geotherms from Pollack and Chapman, 1977. Estimates of the thermal regime for the northern SC fields are almost absent in the widely available international peer-reviewed literature (Rosen, 2000; Griffin et al., 1999).

The approach of paleogeotherm reconstruction in the FITPLOT program (Mather et al., 2011), considering the structure and composition of the crustal and lithospheric mantle rocks, is now actively used. There are single works using this approach for the Kouika kimberlite field, Zagadochnaya, Novinka and Udachnaya pipes (Tychkov et al., 2018; Ziberna et al., 2016; Hawarth et al., 2014). A detailed reconstruction of the mantle paleogeotherm based on a large sample of clinopyroxene xenocrystals was made for the Upper Moon field. This work was carried out as part of a previously supported project of the Russian Science Foundation, where the importance of input parameters for the reconstruction of the paleogeotherm (the heat production) of the crystalline basement rocks (Dymshits et al., 2020), was shown.

For the Siberian Craton, the estimates of U, Th, and K content (over 800 samples), were made by gamma-spectrometric method for rocks of the crystal crust exposed on the surface of the Anabar Shield (Rosen et al., 1988; 1989; Rosen, 1992). This made it possible to estimate radiogenic heat generation at the level of the modern erosional cut. Evaluation of crustal heat generation in studies of basement rock xenoliths from kimberlites is considered very important and informative (Rudnick and Taylor, 1987; Rudnick and Fountain, 1995; Rudnik and Presper, 1990; Shatsky et al. 1990). However, there are very few such

works for the rocks of the Siberian Craton (see Milanovsky et al., 2014 for a review). Single estimates for granulites of the main composition were made in Shatsky et al. (1990). For granulite xenoliths, the main purpose of study is usually to elucidate the protolith, the timing of the tectonic-thermal events that led to their formation, and estimates of pressures and temperatures (Shatsky et al., 2005, 2016, 2019; Koreshkova et al., 2009, 2011). There is one work on oxygen fugacity of crystalline basement rocks beneath the Udachnaya pipe (Perchuk et al., 2021). For crustal xenoliths from kimberlites of other cratons, there is now active work to assess radiogenic heat generation (Gruber et al., 2021), whereas there are no current assessments for basement rocks of the Siberian Craton.

The main scientific competitors on the topic of the present project are the research group led by A.L. Perchuk (Lomonosov Moscow State University), which is actively engaged in the study of crustal xenoliths from kimberlites. The research group led by Professor I. Artemyeva (GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research, Kiel) is actively working on thermochemical heterogeneity of the lithospheric mantle, including the Siberian Craton

In the Sobolev Institute of Geology and Mineralogy (Novosibirsk). The group of Academician N.P. Pokhilenko is also working on the fluid regime and metasomatic transformation of rocks in the lithospheric mantle of the Siberian Craton, headed by Professor D. Ionov (Université de Montpellier). Under the guidance of Professor D. Ionov (Université de Montpellier) the work on reconstruction of the thermal state, composition and structure of the lithospheric mantle of the Siberian Craton is actively carried out.

4.6. Предлагаемые методы и подходы, общий план работы на весь срок выполнения проекта и ожидаемые результаты (объемом не менее 2 стр.; в том числе указываются ожидаемые конкретные результаты по годам; общий план дается с разбивкой по годам)

на русском языке

Для решения поставленных в проекте задач и достижения цели реконструкции термального состояния континентальной литосферной мантии, подстилающей Сибирский кратон в районе Якутской алмазоносной провинции будет использован ряд методов и подходов.

В качестве объекта исследований в рамках данного проекта выбран мантийный материал из кимберлитовых трубок разновозрастных полей в пределах различных тектонических террейнов. Будут изучены ксенокристаллы клинопироксена (1800 зерен) из следующих кимберлитовых полей: Мирнинское, Далдынское, Накынское, Алаakit-Мархинское, Верхнемунское, Куранахское, Дюкенское, Ары-Мастахское, Чомурдахское, Куойкское, Хорбусуонское, Лучаканское. Для трубок Мир (Мирнинское поле), Обнаженная (Куойкское поле) и Удачная (Далдынское поле) будет также использован материал мантийных ксенолитов для сопоставления с палеогеотермами полученными на основе ксенокристаллов клинопироксена. Также объектом исследования будут ксенолиты пород фундамента из кимберлитовых трубок Обнаженная и Удачная (20 штук: гранатовые гранулиты, двупироксеновые гранулиты, коры, кристаллосланцы, амфиболиты и гнейсы).

Методы исследования.

Состав ксенокристаллов клинопироксена, а также основных минералов ксенолитов (граната, клинопироксена, ортопироксена, оливина, шпинели, амфибола, плагиоклаза, полевого шпата) из мантийных и коровых ксенолитов будет определён рутинным рентгеноспектральным анализом (электронный зондовый микроанализ, EPMA) в научных организациях России, позволяющим получать высокоточные данные (Лаврентьев и др., 2015). Будет выполнен анализ в центре и с краю зерен, для того чтобы установить находятся они в равновесии или нет (например, Ziberna et al., 2016). Температура и давление мантийных ксенокристаллов клинопироксена будут рассчитаны на основе мономинерального термобарометра Nimis, Taylor (2000). У нашей научной группы уже имеется удобное приложение в MS Excel для расчетов и отбраковывания ксенокристаллов, которые не подходят для мономинеральной термобарометрии (Ziberna et al., 2016). Для оценки равновесных температур и давлений мантийных ксенолитов будут использованы комбинации общепринятых термометров и барометров, заложенные в программе PTQuick, которая находится в свободном доступе сети Интернет <http://www.dimadd.ru/ru/Program/ptquick>. В настоящий момент для пород кратонной литосферной мантии широко используются три комбинации термометров и барометров, рекомендованных в работе Nimis, Grutter (2010), в которой авторы провели тщательный анализ существующих барометров и термометров. Если в породе не будет клинопироксена, будет использован термометр на основе Ca в ортопироксене (Nimis, Grutter, 2010). Для шпинелевых перидотитов будет использоваться термометр, основанный на зависимости перераспределения Zn между оливином и хромитом (Ryan and Griffin, 1996). Для эклогитов будет использован термометр Nakamura, 2009, относительно новый барометр Beyer et al. (2015). Для повышения достоверности полученных данных, будут использованы следующие критерии: (1) использование одного набора инструментов (пара термометр-барометр), адекватных для изучаемой ассоциации и диапазона T и P; (2) контроль за равновесностью минералов – использование

дополнительных термобарометров, по возможности максимально согласованных с основными, но калиброванных для других минеральных равновесий (Nimis, Grutter, 2010); (3) контроль зональности минералов. Термобарометрические данные позволят привязать мантийные ксенолиты по глубине и, таким образом, установить характер распределения типов пород в разрезе литосферной мантии. Для оценки давлений и температур коровых ксенолитов будут использован традиционный набор минеральных термобарометров (для всех 20 ксенолитов) включающие равновесия с участием граната, клино- и ортопироксена, амфибола, плагиоклаза и полевого шпата (Ellis, Green, 1979; Wood, Banno, 1973; Wood, 1974; Harley, 1984; Ravna, 2000; Kohn, Spear, 1990; Holland, Powell, 1994). Для контроля полученных результатов будет использовано моделирование с помощью псевдосечений (PERPLE_X, Connolly, 2005, для 10 ксенолитов).

Основываясь на данных термобарометрии мантийных ксенокристаллов и ксенолитов будет реконструировано распределение температуры с глубиной и построен термальный профиль литосферной мантии на момент формирования вмещающих кимберлитов. Термобарометрические данные позволят привязать мантийные ксенолиты по глубине и, таким образом, установить характер распределения типов пород в разрезе литосферной мантии. С использованием набора полученных оценок T и P для различных пород и программы FITPLOT (Mather et al., 2011), будет произведен подбор оптимальных параметров уравнения геотермы на основе модели, представленной в работах (McKenzie, Bickle, 1988; McKenzie et al., 2005). Данная модель в последнее время наиболее широко используется как мантийными петрологами, так и геологами-алмазниками. Однако, существуют и другие модели для описания температурного профиля, в том числе сейчас активно используются усреднённые континентальные геотермы Hasterok, Chapman (2011). Основываясь на уравнениях и подходах, которые описаны в работе Hasterok, Chapman (2011) возможно использовать не только модельные геотермы из работы, но и создать программу, аналогичную FITPLOT, для подгонки палеогеотермы на основе данных давлений и температур мантийных пород, а также термических свойств коры и литосферной мантии изучаемого региона. Такая программа будет создана в системе Wolfram Mathematica. Так как температура литосферы очень чувствительна к величине и вертикальному распределению теплогенерации пород кристаллического фундамента и литосферной мантии, будут оценены U , Th , K как в коровых, так и в мантийных ксенолитах из кимберлитов. Особый интерес тут вызывает измерение этих элементов в зернистых мантийных ксенолитах, вынесенных с разных глубин, с учетом влияния кимберлитового расплава на породы литосферной мантии. Для этого будет произведен комплекс работ: 1) расчет модальных содержаний минералов с использованием плагина SanM Curve (Corel Draw); 2) измерение U и Th в минералах с использованием масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой с лазерной абляцией (LA-ICP-MS); измерения K будут проводиться либо с использованием LA-ICP-MS, либо EPMA, в зависимости от вида и размера минеральной фазы; 3) расчет теплогенерации пород на основе уравнения, приведенного в работе Hasterok, Chapman, 2011.

Для изучения минерального состава ксенолитов (как породообразующих, так и акцессорных) будут использованы методы сканирующей электронной микроскопии с ЭДС микроанализом и конфокальная Рамановская спектроскопия. Эти данные также будут использованы для оценки модальных содержаний минералов в породах.

План работы на весь срок выполнения проекта и ожидаемые результаты:

Первый год (по 30 июня 2023 г.):

План работы:

1. Провести изучение химического состава мантийных ксенокристаллов клинопироксена из следующих кимберлитовых полей: Мирнинское, Далдынское, Накынское, Алаkit-Мархинское, Верхнемунского и минералов мантийных ксенолитов (трубки Мир, Обнаженная, Удачная) по главным элементам.
2. Рассчитать температуры и давления равновесия для ксенокристаллов мантийного клинопироксена и минеральных ассоциаций мантийных ксенолитов с помощью минеральных термометров и барометров.
3. Произвести подгонку мантийных палеогеотерм для ксенокристаллов клинопироксена из кимберлитовых полей центральной части Сибирского кратона и Куойкского поля в программе FITPLOT.
4. Написать программу для удобного расчета палеогеотермы, используя подходы, описанные в работе Hasterok, Chapman, 2011.
5. Произвести подгонку мантийных палеогеотерм для ксенокристаллов клинопироксена из кимберлитовых полей центральной части Сибирского кратона и Куойкского поля в программе на основе модели Hasterok, Chapman, 2011.
6. Подготовить научную публикацию по термальному режиму литосферной мантии под Куойкским кимберлитовым полем.
7. Подготовить научную публикацию по термальному режиму, составу и строению центральной части Сибирского кратона с использованием разных моделей.
8. Подготовить 20 коровых ксенолитов для изучения с использованием электронного зондового микроанализа (изготовление плоско-полированных пластинок).

Ожидаемые результаты:

1. Будет получен химический состав мантийных ксенокристаллов клинопироксена и минералов мантийных ксенолитов по главным элементам.
2. Будут рассчитаны температуры и давления равновесия для ксенокристаллов мантийного клинопироксена и минеральных ассоциаций мантийных ксенолитов с помощью минеральных термометров и барометров.
3. Будут реконструированы мантийные палеогеотермы для литосферной мантии полей центральной части Сибирского кратона и Куойкского поля с использованием подходов Hasterok, Chapman (2011) и Mather et al. (2011).
4. Будет подготовлена программа для удобного расчета палеогеотермы, используя подходы, описанные в работе Hasterok, Chapman (2011).
5. Будут подготовлены две научные публикации по термальному режиму и составу пород литосферной мантии под Куойкским кимберлитовым полем и кимберлитовыми полями центральной части Сибирского кратона.
6. Коровые ксенолиты будут подготовлены для дальнейшего изучения.

Второй год (по 30 июня 2024 г.):

План работы:

1. Провести изучение химического состава мантийных ксенокристаллов клинопироксена из следующих кимберлитовых полей: Куранахское, Дюкенское, Ары-Мастахское, Чомурдахское, Куойкское, Хорбусуонское, Лучаканское.
2. Произвести подгонку мантийных палеогеотерм для ксенокристаллов клинопироксена из северных полей Якутской алмазоносной провинции.
3. Провести изучение химического состава минералов коровых ксенолитов из трубки Удачная и Обнаженная и мантийных зернистых перидотитов из трубки Удачная.
4. Расчет модальных содержаний минералов коровых ксенолитов с использованием плагина SanM Curve (Corel Draw) и масок пиксельной графики в Corel PhotoPaint.
5. Расчет модальных содержаний минералов мантийных ксенолитов с различных глубин с использованием плагина SanM Curve (Corel Draw) и масок пиксельной графики в Corel PhotoPaint.
6. Измерение K, U и Th в минералах коровых и мантийных ксенолитов из с использованием LA-ICP-MS.
7. Провести измерения валового содержания K, U и Th (в ИЗК СО РАН) в мантийных ксенолитах из трубки Удачная.

Ожидаемые результаты

1. Будут рассчитаны температуры и давления равновесия для ксенокристаллов мантийного клинопироксена по главным элементам.
2. Будут реконструированы мантийные палеогеотермы для литосферной мантии северных полей Сибирского кратона с использованием подходов Hasterok, Chapman (2011) и Mather et al. (2011).
3. Будет произведено полное описание химического состава минералов коровых ксенолитов из трубки Обнаженная и проведен расчет их модальных количеств
4. Будет произведено полное описание химического состава минералов мантийных зернистых перидотитов из трубки Удачная и проведен расчет их модальных количеств
5. Будет проведен расчет теплогенерации пород литосферной мантии на основе содержаний K, U и Th в мантийных ксенолитах из трубки Удачная.
6. Будут подготовлены три статьи по результатам проведенных исследований в журналах WoS.

Третий год (по 30 июня 2025 г.):

1. Рассчитать температуры и давления равновесия для коровых ксенолитов с помощью минеральных термометров и барометров.
2. Рассчитать давления и температуры с использованием метода фазового моделирования PERPLEX_X, сопоставить результаты.
3. Будет проведен расчет теплогенерации пород кристаллического фундамента на основе содержаний K, U и Th в коровых ксенолитах из трубки Удачная и Обнаженная.
4. Провести детальное описание особенностей нижнекоровых пород под трубкой Обнаженная, сделать оценки температуры Мохо и толщины литосферы.
5. Внести соответствующие корректировки в реконструкцию мантийных геотерм для различных регионов Сибирского кратона с учетом полученных данных.

Ожидаемые результаты

1. Будут рассчитаны температуры и давления для коровых ксенолитов с помощью минеральных термометров и барометров.
2. Будут рассчитаны давления и температуры с использованием метода фазового моделирования PERPLEX_X.
3. Будут получены значения теплогенерации пород кристаллического фундамента на основе содержаний K, U и Th в коровых ксенолитах из трубки Удачная и Обнаженная.

4. Будет проведено детальное описание особенностей нижнекоровых участков под трубкой Удачная, сделаны оценки температуры Мохо и толщины литосферы.
5. Будут подготовлены статьи по итогам реализации проекта.

на английском языке

To solve the tasks set in the project, namely, reconstruction of the thermal state of the continental lithospheric mantle underlying the Siberian craton in the area of the Yakutsk diamondiferous province, a number of methods and approaches will be used.

Mantle material from kimberlite pipes of different age fields and terranes is selected as the object of research within the framework of this project. Xenocrystals of clinopyroxene (1800 grains) from the following kimberlite fields will be studied: Mirny, Daldyn, Nakyn, Alakit-Markha, Upper Muna and some northern fields (Kuranakh, Duken, Ary-Mastakh, Chomurdakh, Kuoika, Khorbusonka, Luchakan). For the Mir, Obnazhennaya and Udachnaya pipes the material of mantle xenoliths will also be used for comparison with paleogeotherms obtained on the basis of clinopyroxene xenocrystals. Also, xenoliths of the crystalline basement from the kimberlite pipes Obnazhennaya and Udachnaya (20 samples: garnet granulites, pyroxenite granulites - representing the lower crust, crystalline schists, amphibolites and gneisses) will be the object of the study. Research Methods.

The composition of clinopyroxene xenocrystals as well as major xenolith minerals (garnet, clinopyroxene, orthopyroxene, olivine, spinel, amphibole, plagioclase, feldspar) from mantle and crustal xenoliths will be determined by routine X-ray diffraction analysis (electron probe microanalysis, EPMA) in Russian scientific organizations, which allows to obtain highly accurate data (Lavrentyev et al., 2015). Analysis at the center and rim of the grains will be performed to establish whether they are in equilibrium or not (e.g., Zibera et al., 2016).

The temperature and pressure of mantle clinopyroxene xenocrystals will be calculated from the Nimis, Taylor (2000) single crystal thermobarometer. The research team already has the application to calculate PT data and to reject xenocrystals that are not suitable for single crystal thermobarometry (Zibera et al., 2016). To estimate equilibrium temperatures and pressures of mantle xenoliths, combinations of commonly used thermometers and barometers embedded in the PTQuick software, which is freely available on the Internet at <http://www.dimadd.ru/ru/Program/ptquick>, will be used. Three combinations of thermometers and barometers recommended in Nimis and Grutter (2010), in which the authors conducted a thorough analysis of existing barometers and thermometers, are currently widely used for cratonic lithospheric mantle rocks. If the rock does not contain clinopyroxene, a Ca-based thermometer in orthopyroxene will be used (Nimis and Grutter, 2010). For spinel peridotites, a thermometer based on the Zn redistribution relationship between olivine and chromite will be used (Ryan and Griffin, 1996). For eclogites, a thermometer will be used by Nakamura, 2009, a relatively new barometer by Beyer et al. (2015). To increase the reliability of the data obtained, the following criteria will be used: (1) use of one set of instruments (thermometer-barometer pair) adequate for the association studied and the T and P range; (2) control of mineral equilibrium - use of additional thermobarometers, as closely matched as possible to the main ones, but calibrated for other mineral equilibria and/or chemical systems (Nimis, Grutter, 2010); (3) control of mineral zoning. The thermobarometric data will allow to establish the nature of the distribution of rock types in the lithospheric mantle section. The traditional set of mineral thermobarometers (for all 20 xenoliths) including equilibria involving garnet, clino- and orthopyroxene, amphibole, plagioclase, feldspar (Ellis, Green, 1979; Wood, Banno, 1973; Wood, 1974; Harley, 1984; Ravna, 2000; Kohn and Spear, 1990; Holland and Powell, 1994) will be used to estimate pressures and temperatures of crustal xenoliths. Pseudosection modeling (PERPLE_X, Connolly, 2005, for 10 xenoliths) will be used to control the results obtained.

Based on the thermobarometry data for the xenocrysts and xenoliths we will reconstruct the temperature distribution with depth and constrain the thermal profile of the lithospheric mantle at the time of eruption of the host kimberlites - the paleogeotherm. The PT data will make it possible to relate the mantle xenoliths to depth and, thus, to establish the nature of the distribution of rock in the lithospheric mantle. Using a set of obtained T and P for different rocks and FITPLOT software (Mather et al., 2011), the optimal parameters of the geothermal equation will be selected based on the model presented in (McKenzie and Bickle, 1988; McKenzie et al., 2005). This model is now widely used by both mantle petrologists and diamond mining companies. However, there are other models to describe geotherms, including the continental averaged geotherms of Hasterok and Chapman, 2011. Based on the equations and approaches described in Hasterok and Chapman, 2011, we will create a program to fit the paleogeotherms based on data on pressures and temperatures of mantle rocks, as well as thermal properties of the crust and lithospheric mantle of the studied region.

Since the temperature of the lithosphere is very sensitive to the magnitude and vertical distribution of heat production from the crystalline basement rocks and the lithospheric mantle, U, Th, and K will be estimated both in crustal and mantle xenoliths from kimberlites. Of particular interest here is the measurement of these elements in granular mantle xenoliths taken from different depths, which will allow us to assess the effect of kimberlite melt on the rocks of the lithospheric mantle.

A set of works will be carried out: 1) calculation of modal mineral content using the SanM Curve plugin (Corel Draw); 2) measurement of U and Th in minerals using laser ablation mass spectrometry (LA-ICP-MS), K measurements will be carried out using either LA-ICP-MS or EPMA, depending on the type and size of the mineral phase; 3) calculation of heat production of the samples based on the equation given in the work of Hasterok, Chapman, 2011.

Work plan for the entire duration of the project and expected results:

First year (until June 30, 2023):

Work plan:

1. Conduct a study of the chemical composition of mantle clinopyroxene xenocrysts from the Mirny, Daldyn, Nakyn, Alakit-Markha, Upper Muna fields and minerals from the mantle xenoliths from Mir and Obnazennaya pipes using electron microprobe measurements.
2. Calculate equilibrium temperatures and pressures for mantle clinopyroxene xenocrysts and mineral associations of mantle xenoliths using mineral thermometers and barometers.
3. Fit mantle paleogeotherms based on PT data for xenocrysts from kimberlite fields of the central part of the Siberian craton and the Kuoika field using the FITPLOT program.
4. Design the program for a convenient calculation of paleogeotherm using the approaches described in Hasterok, Chapman, 2011 based on Wolfram MATHEMATICA.
5. Fit mantle paleogeotherms for xenocrysts from kimberlite fields of the central part of the Siberian craton and the Kuoika field using a program based on the model of Hasterok and Chapman, 2011.
6. Prepare a scientific publication on the thermal regime of the lithospheric mantle under the Kuoika kimberlite field.
7. Prepare a scientific publication on the thermal regime, composition, and structure of the central part of the Siberian Craton using different models.
8. Prepare 20 crustal xenoliths for study using electron microprobe microanalysis.

Expected results:

1. The chemical composition of mantle clinopyroxene xenocrysts and minerals from the mantle xenoliths will be obtained.
2. Equilibrium temperatures and pressures for mantle clinopyroxene xenocrysts and mineral associations of mantle xenoliths will be calculated using mineral thermometers and barometers.
3. Mantle paleogeotherms for the lithospheric mantle beneath the central part of the Siberian craton and Kuoika field will be reconstructed using the approaches of Hasterok, Chapman, 2011 and Mather et al., 2011.
4. A program will be prepared for convenient calculation of paleogeotherm using the approaches described in Hasterok, Chapman, 2011.
5. Two scientific publications will be prepared on the thermal regime and rock composition of the lithospheric mantle under the Kuoika kimberlite field and kimberlite fields in the central part of the Siberian craton.
6. Crustal xenoliths will be prepared for further study.

Second year (through June 30, 2024):

Work Plan:

1. Conduct a study of the chemical composition of mantle clinopyroxene xenocrysts from the Kuranakh, Duken, Ary-Mastakh, Chomurdakh, Kuoika, Khorbusuonka, Luchakan fields.
2. To fit mantle paleogeotherms based on PT data from mantle clinopyroxene xenocrysts from the northern fields of the Yakutian diamond province.
3. To study the chemical composition of minerals from the crustal xenoliths from the Udachnaya and Obnazhennaya pipes and mantle granular peridotites from the Udachnaya pipe.
4. Calculate the modal contents of crustal xenolith minerals using the SanM Curve plug-in (Corel Draw) and pixel masks in Corel PhotoPaint.
5. Calculate the modal mineral contents of mantle xenoliths using the SanM Curve plug-in (Corel Draw) and pixel masks in Corel PhotoPaint.
6. To measure of K, U and Th (at IEC SB RAS) in crustal and mantle xenolith minerals from using LA-ICP-MC laser ablation mass spectrometry.
7. To measure of K, U, and Th total (at IEC SB RAS) in mantle xenoliths from the Udachnaya pipe.

Expected results.

1. The temperatures and pressures for the mantle clinopyroxene xenocrysts will be calculated.
2. The mantle paleogeotherms for the lithospheric mantle of the northern fields of the Siberian Craton will be reconstructed using the approaches of Hasterok and Chapman, 2011 and Mather et al., 2011.
3. The chemical composition of crustal xenolith minerals from the Udachnaya pipe will be described and their modal quantities will be calculated.
4. The chemical composition of minerals from the coarse mantle peridotites from the Udachnaya pipe will be described and

their modal quantities will be calculated

5. We will obtain the lithospheric mantle rocks heat production on the basis of K, U, and Th contents in mantle xenoliths from the Udachnaya pip.

6. Three articles on the results of the studies will be prepared in the WoS journal.

Year 3 (through June 30, 2025):

1. To calculate temperatures and pressures for crustal xenoliths using conventional mineral thermobarometers.

2. To calculate pressures and temperatures using the PERPLEX_X phase modeling method, and compare results with the conventional mineral thermobarometers.

3. To calculate heat production based on K, U and Th contents in crustal xenoliths from the Udachnaya and Obnazhennaya pipes.

4. To carry out a detailed description of the lower crust rocks beneath the Obnazhennaya pipe, and estimate the Moho temperature and lithospheric thickness.

5. To make appropriate corrections to the reconstruction of mantle geotherms for different regions of the Siberian Craton taking into account the obtained data.

Expected results.

1. Temperatures and pressures for crustal xenoliths will be calculated using mineral thermobarometers.

2. Pressures and temperatures will be calculated using the PERPLEX_X phase modeling method.

3. The heat production of the crystalline basement rocks will be obtained based on K, U, and Th contents in crustal xenoliths from the Udachnaya and Obnazhennaya kimberlite pipes.

4. A detailed description of the lower crust xenoliths beneath the Obnazhennaya pipe will be conducted and the Moho temperature and lithospheric thickness will be estimated.

5. Publications on the results of the project will be prepared.

4.7. Имеющийся у научного коллектива научный задел по проекту, наличие опыта совместной реализации проектов (указываются полученные ранее результаты, разработанные программы и методы)

Руководитель и участники проекта являются признанным специалистом в области изучения мантийных минералов и ассоциаций, о чем свидетельствуют работы, посвященные данной теме, в журналах из квартилей Q1 и Q2 Web of Science Core Collection. Руководитель проекта имеет 10-летний опыт исследования фазовых диаграмм и расчета равновесий минералов. Совместно с основным исполнителем проекта были проведены реконструкции мантийных палеогеотерм под Верхне-Мунским кимберлитовым полем. Исполнители проекта обладают необходимыми профессиональными навыками для выполнения задач проекта, они владеют рутинными способами пробоподготовки и основными аналитическими методами исследований (оптическая микроскопия, сканирующая электронная микроскопия, рентгеноспектральный анализ, LA-ICP-MS, конфокальная Рамановская спектроскопия и т.д.). У членов проекта есть успешный опыт реализации совместных научных задач по реконструкции мантийных палеогеотерм, по изучению состава и строения литосферной мантии Сибирского кратона (Dymshits et al., 2020; Kostrovitsky et al., 2022). Имеется опыт совместного проведения полевых работ на территории Якутии. Н.Е. Селютина имеет четырехлетний опыт работы с фазовым моделированием в программном комплексе PERPLE_X, комплексе TWQ, и с классической минеральной термобарометрией. Помимо успешных защит бакалаврской и магистерской работ по релевантным темам, она имеет 18 опубликованных тезисов и 4 статьи в сборниках конференций, а также имеет опыт работы в качестве исполнителя НИР – «Модели образования гранулитовых комплексов в связи с эволюцией континентальной литосферы в докембрии» (рук. О.Г. Сафонов).

На сегодняшний день уже подготовлены для аналитических исследований ксенокристаллы клинопироксена из 12 кимберлитовых полей Якутской алмазоносной провинции. Проанализированы мантийные минералы из ксенолитов трубки Мир. Имеется задел по анализу химического состава ксенокристаллов из кимберлитов Куойкского поля.

4.8. Перечень оборудования, материалов, информационных и других ресурсов, имеющихся у научного коллектива для выполнения проекта (в том числе – описывается необходимость их использования для реализации проекта)

В распоряжении коллектива имеется коллекция мантийных и коровых ксенолитов из кимберлитовых трубок Удачная, Обнаженная и Мир. Имеется >1800 ксенокристаллов клинопироксена из 12 кимберлитовых полей Якутской алмазоносной провинции.

Имеется доступ к необходимым информационным ресурсам – научные статьи, библиографические базы данных.

Имеется программное обеспечение - Wolfram Mathematica.

В Институте земной коры СО РАН для выполнения работ по данному проекту в распоряжении членов коллектива имеется следующее оборудование:

- Стереомикроскопы Carl Zeiss Stemi 305 (с фотокамерой) и Микромед. Будут применяться для первичного отбора каменного материала для дальнейшего изготовления препаратов (плоско-полированные пластинки и шашки) для аналитических исследований.
- Поляризационные микроскопы Olympus BX41 с фотокамерой (без отраженного света) и Микромед Полар-1 с фотокамерой и с отраженным и проходящим светом необходимые для предварительного исследования плоскополированных пластинок, контроля качества полировки пластинок, фотосъемки плоскополированных пластинок.
- Комплекс оборудования в ЦКП "Геодинамика и геохронология" для определения валовых концентраций элементов в породах (http://www.crust.irk.ru/industry/izk_basa.html).
- Масс-спектрометр с индуктивно-связанной плазмой Agilent 7900 (Agilent Technologies), укомплектованный эксимерным лазером с длиной волны 193 нм и двухобъемной ячейкой HelEx II (CETAC Teledyne) для определения концентраций Th, U, K в образцах.
- Конфокальный Рамановский спектрометр WiTec Alpha 300R с лазером 532 нм и с системой 2D и 3D картирования. Программа WiTec TrueMatch для поиска определяемого минерала по КР-спектру. База данных КР-спектров минералов.
- Низкоскоростной прецизионный отрезной станок DTQ-5. Для изготовления плоскопараллельных тонких (толщиной 0.5 – 1.0 мм) пластинок для дальнейшей пробоподготовки (шлифовка и полировка).
- Шлифовально-полировальный станок MP-1B и с варьируемой скоростью для полировки с использованием тонких алмазных паст.
- Вакуумная камера для приготовления эпоксидной смолы без пузырьков воздуха

Для сканирующей электронной микроскопии и микрозондового анализа будет использовано оборудование центров коллективного пользования в научных институтах РАН, с которыми и у коллектива имеется опыт сотрудничества: Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН (Иркутск), Институте геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН (г. Новосибирск), Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого УрО РАН (г. Екатеринбург), Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН (г. Москва) и др.

4.9. План работы на первый год выполнения проекта (в том числе указываются запланированные командировки (экспедиции) по проекту)

на русском языке

В течение первого года работы по проекту планируется выполнить следующие работы:

1. Провести изучение химического состава ксенокристаллов мантийного клинопироксена из кимберлитов Далдынского, Мирхинского, Накынского, Куойкского, Алаakit-Мархинского и Верхнемунского полей (всего около 1000 зерен) и минералов мантийных ксенолитов по главным элементам из трубки Обнаженная, Мир, Удачная (30 образцов, уже подготовлены для исследования) на рентгеноспектральных микроанализаторах.
2. Рассчитать температуры и давления равновесия для ксенокристаллов мантийного клинопироксена и минеральных ассоциаций мантийных ксенолитов с помощью минеральных термометров и барометров с использованием оригинального приложения участников проекта и программы PTQuick, которая находится в свободном доступе сети Интернет <http://www.dimadd.ru/ru/Program/ptquick>.
3. Произвести подгонку мантийных палеогеотерм для ксенокристаллов клинопироксена из Далдынского, Мирхинского, Накынского, Куойкского, Алаakit-Мархинского и Верхнемунского кимберлитовых полей в программе FITPLOT. Для этого будут проведены следующие работы:
 - 1) Обзор литературных данных для подбора оптимальных значений толщины верхней и нижней коры для изучаемых регионов.
 - 2) Отбраковка зерен клинопироксена на основе фильтров, предложенных в работе Ziberna et al., 2016
 - 3) Реконструкция палеогеотерм под отдельными трубками полей. Необходимо провести сопоставление и по возможности предложить оптимальную геотерму для каждого поля.
 - 4) Определить глубины нахождения нижней границы литосферной мантии и мощность «алмазного окна» в районе кимберлитовых трубок.
 - 5) Для Далдынского, Мирхинского и Куойкского полей построить геотермы по данным мантийных ксенолитов; провести сопоставление результатов, полученных на основе ксенокристаллов клинопироксена и мантийных ксенолитов.
4. Написать программу в системе Wolfram Mathematica для удобного расчета палеогеотермы, используя подходы, описанные в работе Hasterok, Chapman (2011). Провести подгонку мантийных палеогеотерм для ксенокристаллов клинопироксена из кимберлитовых полей центральной части Сибирского кратона и Куойкского поля в полученной программе. Провести сопоставление с геотермами, полученными в программе FITPLOT.
6. Подготовить 20 коровых ксенолитов для изучения с использованием электронного зондового микроанализа. Для этого будут изготовлены плоско-полированные пластинки ксенолитов.

7. Подготовить научную публикацию по термальному режиму, составу и строению центральной части Сибирского кратона.
8. Подготовить научную публикацию по термальному режиму, составу и строению литосферной мантии под Куойкским кимберлитовым полем.

Запланированные командировки:

- 1) Командировки в количестве 3-4 поездок в научные институты РАН для аналитических исследований.
- 2) Участие в ежегодной Генеральной Ассамблее Европейского геологического союза (European Geosciences Union General Assembly – EGU-2023) (Вена, Австрия) с целью представления запланированных научных результатов.
- 3) Участие в ежегодной конференции Goldschmidt2023 (Лион, Франция)
- 4) Участие в других международных и Российских конференциях.

на английском языке

During the first year of the project, the following work is planned:

1. To study the chemical composition of mantle clinopyroxene xenocrysts from Daldyn, Mirkhy, Nakyn, Kuoika, Alakit-Markha, Upper Muna kimberlite fields (about 1000 grains in total) and minerals of mantle xenoliths from the Obnazhennaya and Mir kimberlite pipes (30 samples, already prepared for study) using electron microprobe analysis.
2. Calculate temperatures and equilibrium pressures for mantle clinopyroxene xenocrysts and mineral associations of mantle xenoliths using mineral thermometers and barometers using the original application of the project leader and the PTQuick program, which is freely available on the Internet <http://www.dimadd.ru/ru/Program/ptquick>
3. Fitting the mantle paleogeotherms based on PT data for mantle clinopyroxene xenocrysts from the kimberlite fields: Daldyn, Mirkhy, Nakyn, Kuoika, Alakit-Markha, Upper Muna in the program FITPLOT. For this purpose, the following works will be carried out:
 - 1) Review the literature to select optimal upper and lower crustal thicknesses.
 - 2) Conduct the filtering of clinopyroxene grains based on the method proposed in Zibera et al., 2016
 - 3) Construct paleogeotherms beneath the individual field tubes, make comparisons, and propose the optimal geotherm for each field if possible.
 - 4) Determine the depths of the lower boundary of the lithospheric mantle and the thickness of the "diamond window" in the area of the kimberlite pipes.
 - 5) Construct geotherms for the Daldyn, Mirny and Kuoika fields according to the PT data from the mantle xenoliths, compare the results obtained on the basis of clinopyroxene xenocrysts and mantle xenoliths.
4. Model a program in Wolfram MATHEMATICA for convenient calculation of paleogeotherms using the approaches described in Hasterok and Chapman, 2011 and carry out the fitting of mantle paleogeotherms for PT data from mantle clinopyroxene xenocrysts from the kimberlite fields of the central part of the Siberian Craton and Kuoika fields in the obtained program. Carry out a comparison with the geotherms obtained in the FITPLOT program.
6. Prepare 20 crustal xenoliths for study using electron microprobe analysis.
7. Prepare a manuscript on the thermal state, composition and structure of the central part of the Siberian Craton.
8. Prepare a manuscript on the thermal state, composition and structure of the lithospheric mantle beneath the Kuoika kimberlite field.

Scheduled missions:

- 1) Commissions of 3-4 trips to Novosibirsk to the Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS for analytical research
- 2) Participation in the annual General Assembly of the European Geosciences Union (EGU-2023) (Vienna, Austria) to present the scientific results.
- 3) Participation in the annual conference Goldschmidt2023 (Lyon, France)
- 4) Participation in other international and Russian conferences.

4.10. Планируемое на первый год содержание работы каждого основного исполнителя проекта (включая руководителя проекта)

Дымшиц Анна Михайловна (руководитель) – Расчет мантийных палеогеотерм на момент кимберлитового магматизма в программе FITPLOT для трубок центральной части Сибирского кратона на основе полученных аналитических данных. Подготовка программы в системе Wolfram Mathematica для удобного расчета палеогеотермы, используя подходы, описанные в работе Hasterok, Chapman (2011). Интерпретация полученных данных, оформление результатов исследования в виде статьи.

Потапов Сергей Владимирович – выполнение аналитических работ по получению данных по концентрациям главных элементов в ксенокристаллах клинопироксена на рентгеноспектральных микроанализаторах. Расчет температур и

давлений мантийных ксенокристаллов клинопироксена с помощью мономинерального термобарометра. Участие с докладом на молодежной конференции.

Калашникова Татьяна Владимировна – выполнение аналитических работ по получению данных по концентрациям главных элементов в минералах мантийных ксенолитов из трубок Мир и Обнаженная. Расчет мантийных палеогеотерм на момент кимберлитового магматизма в программе FITPLOT для трубок Мир и Обнаженная на основе полученных аналитических данных. Подготовка статьи по полученным результатам.

Селютина Наталья Егоровна – расчет температур и давлений ксенолитов из кимберлитов с помощью минеральных термометров и барометров, привязка изученных образцов по глубине, построение графиков, подготовка таблиц для статей.

Костровицкий Сергей Иванович – интерпретация аналитических данных, полученных в результате комплексного минералого-геохимического изучения мантийных ксенолитов, оформление результатов исследования в виде научной статьи.

Воробей Софья Сергеевна – выполнение аналитических работ по получению данных по концентрациям главных элементов в ксенокристаллах клинопироксена на рентгеноспектральных микроанализаторах, обработка полученных данных.

Гладкочуб Егор Альбертович – пробоподготовка, изготовление и полировка шашек с зернами клинопироксенов, изготовление плоско-полированных пластинок из 20 коровых ксенолитов из кимберлитов трубок Удачная и Обнаженная.

Немцева Анжелика Юрьевна – обзор литературы для подбора оптимальных значений толщины верхней и нижней коры для изучаемых регионов; отбраковка зерен клинопироксена на основе фильтров, предложенных в работе Ziberna et al., 2016.

4.11. Ожидаемые в конце первого года конкретные научные результаты (форма изложения должна дать возможность провести экспертизу результатов и оценить степень выполнения заявленного в проекте плана работы)

на русском языке

1. Будет изучен химического состава ксенокристаллов мантийного клинопироксена по главным элементам из 12 полей Якутской алмазоносной провинции (минимум 1000 зерен) и минералов мантийных ксенолитов по главным элементам из трубки Удачная, Обнаженная и Мир (30 образцов) на рентгеноспектральном микроанализаторе. На основе этих данных будут рассчитаны температуры и давления равновесия для ксенокристаллов мантийного клинопироксена и минеральных ассоциаций мантийных ксенолитов с помощью минеральных термометров и барометров с использованием оригинального приложения участников проекта и программы PTQuick. В результате будут реконструированы мантийные палеогеотермы под Далдынским, Мирхинским, Накынским, Куойкским, Алаakit-Мархинским и Верхнемунским кимберлитовыми полями в программе FITPLOT. Таким образом, будут определены глубины нахождения нижней границы литосферной мантии и мощность «алмазного окна» в районах кимберлитовых трубок различных участков Сибирского кратона в пределах Якутской алмазоносной провинции.
2. Будет получена программа в системе Wolfram Mathematica для удобного расчета палеогеотермы с использованием подхода, описанного в работе Hasterok, Chapman (2011), и проведена подгонка мантийных палеогеотерм под кимберлитовыми трубками центральной части Сибирского кратона и Куойкского поля. Для Далдынского, Мирнинского и Куойкского полей будут также построены палеогеотермы по данным мантийных ксенолитов и проведено сопоставление результатов, полученных на основе ксенокристаллов клинопироксена и мантийных ксенолитов.
3. Будут подготовлены 20 коровых ксенолитов для дальнейшего детального изучения с использованием электронного зондового микроанализа и LA-ICP-MS.

на английском языке

1. The chemical composition of mantle clinopyroxene xenocrysts from the 12 kimberlite fields of the Yakutian diamond province (minimum 1000 grains) and minerals of mantle xenoliths from the Obnazhennaya and Mir pipes (30 samples) will be studied using electron microprobe analyses. These data will be used to calculate temperatures and pressures for mantle clinopyroxene xenocrysts and mineral associations of mantle xenoliths using mineral thermometers and barometers, based on the original application of project leader and the program PTQuick. As a result, mantle paleogeotherms under kimberlite fields: Daldyn, Mirny, Nakyn, Kuoika, Alakit-Markha, Upper Muna will be reconstructed in the FITPLOT program. Thus, the depth of occurrence of the lower boundary of the lithospheric mantle and thickness of the "diamond window" in the areas of the kimberlite pipes of various parts of the Siberian Craton within the Yakutian diamond province will be determined.
2. We will code a program in Wolfram MATHEMATICA for convenient calculation of paleogeotherms using the approach described in Hasterok and Chapman, 2011 and fit mantle paleogeotherms to kimberlite pipes in the central part of the

Siberian Craton and the Kuoyk field. For the Daldynskoe, Mirninskoe and Kuoikskoe fields, paleogeotherms will also be constructed from mantle xenolith data and the results obtained from clinopyroxene xenocrysts and mantle xenoliths will be compared.

3. 20 crustal xenoliths will be fully prepared for further detailed study using electron probe microanalysis and mass spectrometer with laser ablation.

4.12. Перечень планируемых к приобретению за счет гранта оборудования, материалов, информационных и других ресурсов для выполнения проекта (в том числе – описывается необходимость их использования для реализации проекта)

- 1) Расходные материалы, необходимые для пробоподготовки: предметные стекла, алмазные пасты, полировальные/шлифовальные диски, пинцеты, сита, эпоксидная смола, распиловочные диски и т.д.
- 2) Лицензионная программа CorelDraw X20 на один/два компьютера для создания качественных схем и графиков, а также расчета модальных содержаний минералов в мантийных ксенолитах;

Несмотря на то, что коллектив имеет необходимое оборудование, для качественной и быстрой работы необходимо дополнительное оборудование.

- 1) Автоматизированный шлифовально-полировальный станок для изготовления плоско-полированных пластинок (например, фирмы Brot).
- 2) Ультразвуковая ванна для очистки образцов и сит.
- 3) Компрессор для очистки образцов сжатым воздухом.
- 4) Поляризационный микроскоп Olympus BX53P с проходящим и отраженным светом и с фотокамерой.
- 4) Бинокулярный микроскоп для рутинной работы (например, фирмы Микромед).

4.13. Файл с дополнительной информацией 1

С графиками, фотографиями, рисунками и иной информацией о содержании проекта. Один файл в формате pdf, до 3 Мб.

Текст в файлах с дополнительной информацией должен приводиться на русском языке. Перевод на английский язык требуется в том случае, если руководитель проекта оценивает данную информацию существенной для эксперта.

4.14. Файл с дополнительной информацией 2 (на английском языке)

С графиками, фотографиями, рисунками и иной информацией о содержании проекта. Один файл в формате pdf, до 3 Мб.

Подпись руководителя проекта _____/А.М. Дымшиц/

Форма 5. Запрашиваемое финансирование на первый год реализации проекта

5.1. Планируемые расходы по проекту

№ п.п.	Направления расходования средств гранта	Сумма расходов (тыс.руб.)
	ВСЕГО	6000
	Вознаграждение членов научного коллектива (с учетом страховых взносов и налогов (при наличии), без лиц категории «вспомогательный персонал»)	2950
	Вознаграждение лиц категории «вспомогательный персонал» (с учетом страховых взносов и налогов (при наличии))	0
1	Итого вознаграждение (с учетом страховых взносов и налогов (при наличии))	2950
2	Оплата научно-исследовательских работ сторонних организаций, направленных на выполнение научного проекта (не более 15 процентов от суммы гранта)	0
3	Расходы на приобретение оборудования и иного имущества, необходимых для проведения научного исследования (включая обучение работников, монтажные, пуско-наладочные и ремонтные**** работы) **** Не связанные с осуществлением текущей деятельности организации.	1550
4	Расходы на приобретение материалов и комплектующих для проведения научного исследования	250
5	Иные расходы для целей выполнения проекта	650
6	Накладные расходы организации (не более 10 процентов от суммы гранта)	600

5.2. Расшифровка планируемых расходов

№ п.п.	Направления расходования средств гранта, расшифровка
1	<p>Итого вознаграждение (с учетом страховых взносов и налогов (при наличии)) (указывается сумма вознаграждения (включая руководителя, основных исполнителей и иных исполнителей, привлекаемых к выполнению работ по проекту), включая установленные законодательством Российской Федерации гарантии, отчисления по страховым взносам на обязательное пенсионное страхование, на обязательное медицинское страхование, на обязательное социальное страхование на случай временной нетрудоспособности и в связи с материнством, на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний)</p> <p>Дымшиц А.М. – 850 000 руб. Потапов С.В. – 450 000 руб. Калашникова Т.В. – 450 000 руб. Костровицкий С.И. – 450 000 руб. Селютина Н.Е. – 250 000 руб. Воробей С.С. – 200 000 руб. Гладкочуб Е.А. – 150 000 руб. Немцева А.Ю. – 150 000 руб.</p>
2	<p>Оплата научно-исследовательских работ сторонних организаций, направленных на выполнение научного проекта (приводится перечень планируемых договоров (счетов) со сторонними организациями с указанием предмета и суммы каждого договора)</p> <p>0</p>
3	<p>Расходы на приобретение оборудования и иного имущества, необходимых для проведения научного исследования (представляется перечень планируемых к закупке оборудования и иного имущества, необходимых для проведения научного исследования (в соответствии с п. 4.12 формы 4))</p>

1500 000 руб. - Поляризационный микроскоп Olympus BX53P с проходящим и отраженным светом и с фотокамерой.

50 000 руб. - Бинокулярный микроскоп для рутинной работы (например, фирмы Микромед).

- 4 Расходы на приобретение материалов и комплектующих для проведения научного исследования (представляется расшифровка запланированных материалов и комплектующих (в соответствии с п. 4.12 формы 4))

250 000 руб. - Расходные материалы, необходимые для пробоподготовки: предметные стекла, алмазные пасты, полировальные/шлифовальные диски, пинцеты, сита, эпоксидная смола, распиловочные диски.

- 5 Иные расходы для целей выполнения проекта

(приводятся иные затраты на цели выполнения проекта, в том числе на командировки, оплату услуг связи, транспортных услуг, расходы не расшифровываются)

300 000 руб. - Командировочные расходы и оплата оргвзносов, командировочные расходы для участия в Российских и международных конференциях.

100 000 руб. – Командировочные расходы для проведения исследований на аналитическом оборудовании в научных организациях России.

250 000 руб. - Расходы на аналитические исследования, проводимые на базе аналитических центров России.

Подпись руководителя проекта _____/А.М. Дымшиц/

Подпись руководителя организации (уполномоченного представителя, действующего на основании доверенности или распорядительного документа), **печать** (при ее наличии) **организации.**

В случае подписания формы уполномоченным представителем организации (в т.ч. – руководителем филиала) к печатному экземпляру заявки прилагается копия распорядительного документа или доверенности, заверенная печатью организации.

_____/_____/

М.П.