

# Форма 1. Сведения о проекте

## 1.1. Название проекта

*на русском языке*

Субдукционная эрозия на конвергентных окраинах Палеоазиатского океана по данным изучения аккреционных и субдукционных комплексов Центрально-Азиатского складчатого пояса

*на английском языке*

Subduction erosion at convergent margins of the Paleo-Asian Ocean: evidence from accretionary and subduction complexes of the Central Asian Orogenic Belt

## 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

С процессами субдукционной или тектонической эрозии связано формирование медно-порфировых месторождений, примерами которых являются крупнейшие в мире месторождения такого типа Южной Америки. Медь остается одним из ключевых металлов, востребованных практически во всех высокотехнологичных отраслях промышленности. При этом пространственно-временные связи таких месторождений с тектоникой конвергентных окраин тихоокеанского типа еще мало изучены. Предлагаемое нами изучение процессов субдукционной эрозии и их связи с формированием месторождений полезных ископаемых необходимо для обеспечения ресурсной независимости страны и повышения безопасности при взаимодействии человека и природы.

## 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*

Центрально-Азиатский складчатый пояс, Палеоазиатский океан, конвергентные окраины, магматические дуги, субдукционная эрозия, ювенильная и рециклированная кора, субдукционные комплексы, турбидиты, граувакки, геология, геохимия, изотопия, U-Pb датирование, медно-порфировые месторождения

*на английском языке*

Central Asian Orogenic Belt, Paleo-Asian Ocean, convergent margins, magmatic arcs, subduction erosion, juvenile and recycled crust, subduction complexes, turbidite, greywacke, geology, geochemistry, isotopes, geochronological dating, copper-porphyry deposits

## 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*

Процессы океанической субдукции являются главным механизмом образования и прироста новой (ювенильной) континентальной коры в постаршее. На конвергентных окраинах тихоокеанского типа рост коры происходит за счет надсубдукционного магматизма, в первую очередь, на внутриокеанических дугах, и аккреции фрагментов океанической коры. Одновременно с формированием орогенов тихоокеанского типа происходит разрушение континентальной коры в результате субдукционной или субдукционной эрозии и последующей субдукции эродированного материала (Clift, Vannucchi, 2004; Scholl, von Huene, 2007; Stern, Scholl, 2010; Stern C., 2011). Процессы субдукционной эрозии материала магматических дуг и аккреционных комплексов широко проявлены на

конвергентных окраинах современного Тихого океана, например, над зонами субдукции Южной Америки (Гватемала-Коста Рика), ЮЗ Пацифики (Тонга) и Японских островов (желоб Нанкай). В результате этого большое количество корового материала, в том числе и ювенильного, разрушается и исчезает с поверхности Земли. Следовательно, изначальное соотношение ювенильной и рециклированной континентальной коры, сформированной в течении главных прошлых эпох орогении тихоокеанского типа, нарушается и смешается в пользу последней. Пропорции ювенильной и рециклированной коры во внутриконтинентальных орогенах, образованных на месте закрытия палеоокеанов, являются предметом жарких научных дискуссий в Науках о Земле за последние 20 лет (Ярмолюк и др., 2007, 2012; Jahn et al., 2000; Jahn, 2004; Kovalenko et al., 2004; Kroener et al., 2007, 2014, 2017; Safonova, 2017), т.к. они имеют важнейшее как теоретическое значение для оценки скоростей роста коры, так и практическое значение при определении природы орогена – тихоокеанской (субдукционно-аккреционной) или гималайской (коллизийной), а также изучения месторождений полезных ископаемых. Традиционно соотношение ювенильной и рециклированной коры оценивалось на основании геохимических и изотопных данных, полученных по гранитоидам/кислым вулканитам. При традиционных подходах игнорируются или недооцениваются геологические данные, предполагающие, что часть продуктов островодужного магматизма могла быть «утеряна» в процессе субдукционной эрозии. В результате природа того или иного внутриконтинентального орогена может долгое время оставаться предметом жарких дискуссий, как это произошло с Центрально-Азиатским складчатым поясом, крупнейшим орогеном тихоокеанского типа, образованном в ходе эволюции и закрытия Палеоазиатского океана (Zonenshain et al., 1990; Dobretsov et al., 1995; Jahn B.-m. et al., 2000; Buslov et al., 2001; Windley et al., 2007; Safonova et al., 2009; Kroener et al., 2014, 2017; Safonova, 2017).

Современные магматические дуги имеют мощность коры 20-30 км и длину несколько сотен километров (Stern R., 2010; Safonova et al., 2017). Фронтальная субдукционная эрозия разрушает образования преддугового клина за счет сочетания поверхностной эрозии и гравитационного обрушения пород и их последующей транспортировке в глубоководный желоб и субдукции. Базальная субдукционная эрозия приводит к абразии и гидравлическому разрушению пород над субдукционным каналом, т.е. основания дуги (Stern C., 2011). В результате мощность/размеры магматических дуг уменьшаются, расстояние между желобом и дугой сокращается, а сама дуга гипсометрически опускается (Scholl, von Huene, 2007; Stern C., 2011). Геологическими критериями субдукционной эрозии являются (1) малые размеры магматических тел с надсубдукционными геохимическими характеристиками, (2) уменьшенное (по сравнению с актуалистическими аналогами) расстояние между желобом и магматической дугой, если таковая сохранилась, (3) присутствие в серпентинитовых меланжах, характерных для многих орогенов тихоокеанского типа, фрагментов пород магматических дуг. Разрушение магматических дуг и снос эродированного материала в преддуговой бассейн и глубоководный желоб приводит к формированию характерных обломочных осадочных пород - граувакков и турбидитов. Турбидиты и граувакки, связанные с внутриокеаническими зонами субдукции, по валовому составу практически идентичны магматическим продуктам «материнских» дуг и часто содержат детритовые цирконы, возраст которых отвечает времени субдукционного магматизма. Напротив, песчаники окраинно-континентальных дуг отражают в составе увеличение доли силикатных источников сноса и содержат детритовые цирконы более древние, чем ассоциирующие субдукционные магматические породы. При субдукции и закрытии океана магматические дуги могут быть частично или даже полностью утрачены из геологической летописи вследствие субдукционной эрозии. В отличие от них большая часть граувакков и турбидитов остается на поверхности, позволяя нам определить, природу бывшей магматической дуги - внутриокеаническую или окраинно-континентальную. Если геохимические характеристики песчаников соответствует среднему составу основных и средних островодужных магматических серий (толеитовые и известково-щелочные базальты и андезиты), их изотопный состав соответствует ювенильной коре (положительные  $\epsilon_{Nd}$  в породе и  $Hf$  в цирконах), а распределение U-Pb возрастов детритовых цирконов из песчаников имеет унимодальный характер, то исходная дуга была внутриокеаническая. Если состав песчаников предполагает доминирование в источниках сноса андезитов и кислых разностей (дациты-гранодиориты и риолиты-граниты), их величины  $\epsilon_{Nd}$  и  $Hf$  имеют отрицательные значения, а распределение U-Pb возрастов детритовых цирконов полимодальное, то разрушалась, скорее всего, континентальная дуга (или активная континентальная окраина).

Целью проекта является идентификация эпизодов субдукционной эрозии на конвергентных окраинах Палеоазиатского океана, а также реконструкция локализации эродированных палеозойских внутриокеанических дуг с использованием критериев, разработанных на современных конвергентных окраинах Тихого океана. Исходя из имеющегося научного задела (Safonova et al., 2015, 2018, 2020; Safonova, 2017) наиболее перспективными с точки зрения субдукционной эрозии регионами ЦАСП являются палеозойские надсубдукционные комплексы СЗ Алтая, центрального и восточного Казахстана, южного Забайкалья – северной Монголии, южного (Кыргызстан, Узбекистан) и северного (Кыргызстан) Тянь-Шаня. В этих регионах широко проявлены ранне-среднепалеозойские турбидитовые и граувакковые отложения, а одновозрастные магматические комплексы находятся в подчиненном количестве. Главными задачами проекта

являются (1) детальные полевые работы с оценкой параметров островодужных магматических структур (длина, ширина, мощность) и расстояния между ними и отложениями глубоководных желобов; отбор представительных коллекций магматических и осадочных пород; (2) U-Pb датирование цирконов из магматических пород (средние и кислые разности) для и детритовых цирконов из песчаников с целью определения их возраста и выяснения характера возрастных спектров (униmodalный или полиmodalный); (3) геохимическое исследование (определения концентраций главных и редких элементов) магматических и осадочных пород; (4) анализ изотопного состава Nd по породе и Hf в цирконах для определения характера источников магматических пород и детритового материала (ювенильный или рециклированный); (5) систематизация полученных данных, выделение главных периодов и оценка масштабов субдукционной эрозии для указанных регионов ЦАСП; (6) оценка связи субдукционной эрозии с образованием медно-порфировых месторождений по аналогии с таковыми, трансиррующими зоны субдукции Южной Америки. Реализация задач (2-4) будет осуществляться на базе инфраструктуры Центра коллективного пользования «Геоаналитик» УО РАН (г. Екатеринбург). Актуальность исследования связана с необходимостью реальной оценки природы и скорости роста континентальной коры ЦАСП и разработки корректных тектонических моделей эволюции ЦАСП для повышения достоверности прогнозов и поиска месторождений полезных ископаемых. Научная новизна определяется новизной самого подхода, предусматривающего изучение процессов, приведших не к образованию, как всегда делалось раньше, а к исчезновению больших объёмов корового материала, вовлечением в геологическое изучение недостаточно изученных и малодоступных регионов ЦАСП, а также с комплексным характером поставленных задач и методов их решения.

*на английском языке*

Oceanic subduction is a key mechanism for the formation and growth of new (juvenile) continental crust in post-Archean times. At Pacific-type convergent margins the growth of continental crust is provided by subduction-related magmatism, mainly at intra-oceanic arcs, and by the accretion of fragments of oceanic crust. The formation of Pacific-type orogenic belts is accompanied by the destruction of continental crust by subduction erosion and subsequent subduction of the eroded material to the deep mantle (Clift, Vannucchi, 2004; Scholl, von Huene, 2007; Stern, Scholl, 2010; Stern C., 2011). The processes of subduction erosion of magmatic arcs and accretionary complexes are common at convergent margins of the Pacific Ocean, for example, over the subduction zones of South America (Guatemala, Costa Rica), SW Pacific (Tonga trough) and Japanese Islands (Nankai trough). As a result a great amount of crustal material, including juvenile, can be destroyed and disappear from the Earth surface. Consequently, the initial proportions of juvenile and recycled continental crust formed during the major past epochs of Pacific-type orogeny can be shifted towards the latter. The proportions of juvenile and recycled crust in intra-continental orogenic belts formed in place of former oceans have been a subject of hot discussions among geoscientists during the last 20 years (e.g., Yarmolyuk et al., 2007, 2012; Jahn et al., 2000; Jahn, 2004; Kovalenko et al., 2004; Kroener et al., 2007, 2014, 2017; Safonova, 2017). Those proportions are important for both theoretical implications, e.g. for the evaluation of crust growth rates, and practical results, e.g., for defining a nature of orogenic belt – Pacific (subduction-accretionary) or Himalayan (collisional). Traditionally the proportions of juvenile and recycled crust have been determined based on geochemical and isotope data obtained from granitoid igneous rocks. Those traditional approaches ignore or underestimate geological data suggesting that a part of supra-subduction igneous rocks could have been lost during tectonic erosion. As a result the nature of this or that intracontinental orogenic belt can be reconstructed with bias. A probable case is the Central Asian Orogenic Belt (CAOB), which formed by the evolution and closure of the Paleo-Asian Ocean (Zonenshain et al., 1990; Dobretsov et al., 1995; Jahn B.-m. et al., 2000; Buslov et al., 2001; Windley et al., 2007; Safonova et al., 2009; Kroener et al., 2014, 2017; Safonova, 2017).

Modern magmatic arcs are characterized by crust thicknesses of 20-30 km and are typically several hundred kilometers long (Stern R., 2010; Safonova et al., 2017). Frontal subduction erosion results from a combination of erosion and structural collapse of the forearc wedge into the trench, and basal subduction erosion by abrasion and hydrofracturing of rocks above the subduction channel, i.e. the base of an arc (Stern C., 2011). As a result the thickness of subarc crust, arc size and the distance between trench and arc reduce and the arc hypsometrically subsides (Scholl, von Huene, 2007; Stern C., 2010). Thus, geological signatures of subduction erosion are (1) smaller sizes of igneous bodies with supra-subduction geochemical features; (2) shortened (compared to actualistic analogues) distance between trench and arc, if the arc has survived; (3) presence of fragments of arc igneous rocks in serpentinite melanges typical of many Pacific-type orogens. The destruction of intra-oceanic arcs and the transportation of the eroded material down to the trench results in the formation of characteristic sedimentary clastic rocks: turbidite and greywacke. Turbidites and greywackes formed at intra-oceanic subduction zones (arcs) are compositionally (bulk) similar to their parental igneous rocks; greywackes and turbiditic sandstones contain detrital zircons, which age refers to the time of supra-subduction magmatism. On the contrary, sandstones formed at continental arcs are compositionally more felsic and may contain detrital zircons older than the associated supra-subduction igneous rocks.

While an ocean is closing/suturing, a big portion of graywackes and turbidite sandstones remains on the surface unlike arc igneous rocks, which can partly or completely disappear from geological record because of subduction erosion. Therefore, those sandstones would allow us to determine a nature of a former magmatic arc – intra-oceanic or continental. If the geochemical features of sandstones match an average composition of mafic and andesitic island-arc igneous series, e.g., tholeiitic and calc-alkaline basalts and andesites, if their isotope composition indicates juvenile sources (positive epsilon Nd in whole rock and Hf-in-zircon) and if the distribution of U-Pb ages of their derived detrital zircons is unimodal, the parental magmatic arc was intra-oceanic. If the composition of sandstones suggests mainly andesitic and felsic rocks in the provenance, e.g. dacite-granodiorite, rhyolite-granite, if the epsilon Nd in whole rock and Hf-in-zircon are negative and if the distribution of U-Pb ages of their derived detrital zircons is polymodal, we can suggest that the parental arc likely formed on an active continental margin.

Major goals of our Project are (i) to highlight the periods of subduction erosion at convergent margins of the Paleo-Asian Ocean, (ii) to evaluate the rate of tectonic erosion and (iii) to reconstruct probably eroded Paleozoic intra-oceanic arcs using the criteria developed at the convergent margins of the Pacific Ocean. Our previous results (Safonova et al., 2015, 2018, 2020; Safonova, 2017) show that the most probable regions of the CAOB in term of subduction erosion are Paleozoic supra-subduction complexes of NW Altai, central and eastern Kazakhstan, southern Transbaikalia-northern Mongolia, southern (Kyrgyzstan, Uzbekistan) and northern (Kyrgyzstan) Tianshan. Those regions host abundant early-middle Paleozoic turbidite and greywacke deposits while their coeval igneous units are present in notably subordinate amounts. Specific goals of our Project are (1) detailed field works to evaluate the parameters of island-arc magmatic units, such as length, width and thickness, and the distance between arcs and trenches; to make representative collections of samples of igneous and sedimentary rocks; (2) U-Pb dating of zircons from igneous rocks (andesitic and felsic varieties) and detrital zircons from sandstones to know their ages and the character of age spectra (unimodal vs polymodal); (3) geochemical analysis to determine the concentrations of major and trace elements of igneous and sedimentary rocks; (4) Nd whole rock and Hf-in-zircon isotope studies to define a character of their source rocks, juvenile or recycled; (5) summarization of obtained data, highlighting main periods and rates of subduction erosion for each selected region of the CAOB and all together; (6) find out if there are links between subduction erosion and formation of copper-porphyry deposits by analogy with those tracing the subduction zone along the western coast of South America. The activities of specific goals 2-4 will be based on the Shared Facility Centre “Geoanalytic” of the Uralian Branch, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg. We consider our Project as very important because it will allow us to provide realistic evaluation of the nature and growth rate of CAOB continental crust, to develop correct tectonic models of CAOB evolution and to improve the quality of research and exploration of mineral deposits. The scientific novelty of our Project is, first of all, our novel approach, which implies studying the processes resulting not in the formation of new crust in a traditional way, but also resulting in the disappearance of big volumes of crustal materials. Second, the Project implies investigation of understudied and poorly accessible regions of the CAOB. Finally, our benefits are the diversity of our goals and the diversity of the methods we are going to use in order to implement our Project.

**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, вклад в решение конкретных задач выбранного научного направления из Стратегии НТР РФ))**

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

*на русском языке*

(1) По результатам анализа литературных данных по Тихому океану (Японские острова, Приморье, западное побережье Южной Америки) и детальных полевых работ в ЦАСП: на северо-западном Алтае, центральном и восточном Казахстане, южном Забайкалье, северной Монголии и южном Тянь-Шане будут определены параметры островодужных магматических структур (длина, ширина, мощность), а также расстояния между ними и отложениями глубоководных желобов и/или аккреционных комплексов.

(2) По результатам полевых работ будет сформирована представительная коллекция магматических и осадочных пород (песчаников) из ключевых регионов исследования (см. п. 1), в которых наиболее широко распространены турбидитовые и граувакковые толщи ранне-среднепалеозойского возраста при ограниченном распространении одновозрастных магматических пород. Ключевыми объектами являются (а) Чарышская зона северо-западного Алтая, (б) Итмурундинская и Тектурмасская зоны центрального Казахстана, (в) Чарская и Жарминская зоны восточного Казахстана, (г) Агин-Даурский террейн южного Забайкалья, Уланбаторский и Борнуурский террейны Адацагского

аккреционного комплекса северной Монголии, (д) Ошский и Гульчинский сегменты Алайского хребта южного Тянь-Шаня и Караарчинский терреин северного Тянь-Шаня (Кыргызстан), (е) складчатые пояса Букантау и Султан-Уваис южного Тянь-Шаня (Узбекистан).

(3) В результате изотопно-геохронологических исследований определен/уточнен возраст магматических ассоциаций и оценен возраст ассоциирующих осадочных пород (U-Pb датирование цирконов); получены спектры U-Pb возрастных спектров детритовых цирконов из песчаников и установлен их характер: унимодальный или полимодальный.

(4) Выполнен анализ состава породообразующих и редких элементов магматических пород для определения типа магматических серий и тектонических обстановок их формирования; на основании анализа содержания породообразующих и редких элементов в песчаниках установлен состав пород в области сноа и проведено его сравнение со средним составом магматических ассоциаций в исследуемых районах.

(5) Определен изотопный состав Sm-Nd, Sr-Rb и Pb-Pb по породе и изотопный состав Hf в цирконах для оценки типа мантийного источника для магматических пород и характера источников как магматических, так и осадочных пород (ювенильный или рециклированный).

(6) Все полученные данные – геологические, геохронологические, геохимические, изотопные будут систематизированы для выделения главных периодов субдукционной эрозии и оценки ее масштабов для указанных регионов ЦАСП.

(7) Проведен анализ распространения медно-порфировых месторождений ЦАСП и их пространственно-временная корреляция с выделенными областями субдукционной эрозии по аналогии с Андийским орогеном, являющимся главным типовым регионом мира, где широко проявлены и наиболее полно изучены процессы субдукционной эрозии, и где локализованы крупнейшие в мире медно-порфировые месторождения, трассирующие зоны субдукции вдоль активной окраины Южной Америки.

Научная значимость результатов состоит в новизне самого подхода, предусматривающего изучение и анализ масштабов процессов, приведших не к образованию, как всегда делалось раньше, а к исчезновению больших объёмов корового материала, вовлечением в геологическое изучение новых слабо изученных и недоступных регионов ЦАСП, а также в комплексном характере самых передовых методов решения поставленных задач сочетающих геологическое картирование и петрологическое и изотопно-геохронологическое изучение как магматических, так и осадочных ассоциаций, не только соответствующих, но и превышающих мировой уровень исследований в этой сфере. Полученные научные результаты будут представлены на важнейших научных международных (IGC, EGU, AGU, JpGU, Gondwana to Asia) и российских (Изотопно-геохронологическое – Москва, Санкт-Петербург; «От океана к континенту» - Иркутск, «Алтаиды-Уралиды» - Новосибирск) конференциях и обобщены в виде статей в высокорейтинговых международных и российских журналах. Мы оцениваем потенциал ожидаемых научных результатов как очень высокий, и поэтому по итогам проекта участники будут готовить публикацию в журнале Nature Geoscience.

Социально-экономические результаты. Предлагаемый нами абсолютно новый подход к изучению надсубдукционных и аккреционных комплексов может коренным образом изменить методологию изучения процессов металлогении и поиска месторождений полезных ископаемых, связанных с зонами субдукции. Полученные нами данные будут использованы для обновления уже существующих и разработки новых глобальных тектонических и металлогенических моделей, имеющих высокий потенциал для развития добывающих отраслей национальной экономики и для формирования и поддержания высокого имиджа российских ученых в мире.

Социальная значимость проекта состоит в широком привлечении студентов, магистрантов и аспирантов Новосибирского государственного университета с подготовкой серий лекций и семинаров на темы, связанные с проектом. Реализация крупного проекта со значительным финансированием позволит вовлечь молодых ученых в научные исследования на самом высоком мировом уровне, предложить им нетривиальные, прорывные подходы и темы исследования. Участники проекта имеют широчайшую сеть международной кооперации, опыт сотрудничества с ведущими высшими учебными заведениями мира, входящими в ТОП-100 (Токийский университет, Университете Тохоку, Университет Гонконга, Университет Йонсей, Токийский институт технологий). Мы сделаем все возможное, чтобы распространить этот опыт на НГУ и другие российские университеты, повысить их конкурентоспособность.

- (1) Based on the published data from the Pacific Ocean (Japanese Islands, Russian Far East, western coastal area of South America) and our future detailed field works in NW Altai, central and eastern Kazakhstan, southern Transbaikalia- northern Mongolia, southern Tianshan, we will estimate the parameters of island-arc igneous constructions/massifs, such as length, width and thickness, as well as the distances between arc and trench/accretionary complex.
- (2) After field works at the key regions under study (see cl. 1) we will make a representative collection of igneous and sedimentary rocks (mainly sandstones), from key regions characterized by a wide distribution of early-middle Paleozoic turbidites and graywackes and by a relatively limited distribution of coeval igneous rocks. The key localities will be (i) Charysh zone of NW Altai, (ii) Itmurundy and Tekturmas zones of central Kazakhstan, (iii) Char and Zharma zones of eastern Kazakhstan, (iv) Agin-Daur terrane of southern Transbaikalia and Ulanbaatar and Bornuur terranes of the Adatsag accretionary complex of northern Mongolia, (v) Osh and Gulcha terranes of the southern Tianshan and Karaarcha terrane of the northern Tianshan (Kyrgyzstan), and (vi) Bukantau and Sultan-Uvais foldbelts of the southern Tianshan (Uzbekistan).
- (3) New isotope geochronological data will allow us to determine more precisely the age of igneous assemblages and to estimate the age of sedimentary rocks (U-Pb zircon dating); as well as to obtain spectra of U-Pb ages of detrital zircons from sandstones and determine their character: unimodal or polymodal.
- (4) Using the estimated concentrations of major and trace elements in igneous rocks we will define igneous series and determine their tectonic settings; the major and trace element data from sandstones will be used to understand which rock types dominated in the provenance and to compare those with average compositions of igneous assemblages in the regions under study.
- (5) Whole rock Sm-Nd, Rb-Sr and Pb-Pb isotopes and Hf-in-zircon isotopes will be used to determine types of mantle sources of igneous rocks and evaluate juvenile vs recycled character of sources of both igneous and sedimentary rocks.
- (6) All types of data - geological, geochronological, geochemical and isotopes - will be systematized to highlight major periods of tectonic erosion and to evaluate its rate/scale for the regions of the CAOB under study.
- (7) We will review the distribution of copper-porphyry deposits of the CAOB to perform its space-time correlation with the highlighted areas of tectonic erosion in the CAOB by analogy with the Andean orogenic belt, which is the world type locality of tectonic erosion on one hand and the loci of world largest copper-porphyry deposits, tracing the subduction zones of South America, on the other hand.

The scientific significance of the Project is (i) the novelty of our approach implying the study of geological processes resulting not in the formation of new crust, as it has been done before, but in the disappearance of large volumes of crustal material; (ii) involvement of understudied and poorly accessible regions of the CAOB into our work plan; (iii) in the comprehensive multi-disciplinary character of most advantageous methods of research including geological mapping, petrological and isotope geochronological studies of both igneous and sedimentary rocks. The way we are planning to solve the highlighted scientific problems fits the world level of research in Earth Sciences, possibly exceeding it. Our future results will be presented at most popular scientific international (e.g., IGC, EGU, AGU, JpGU, Gondwana to Asia) and Russian (e.g., Isotope Geochemistry and Geochronology, Moscow – St.-Petersburg; “From Ocean to Continent”, Irkutsk; “Altaids-Uralides”, Novosibirsk) conferences and in high-rank international and Russian scientific journals. We evaluate the potential of expected results as very high and suppose to prepare and submit a paper to Nature Geoscience.

Economic importance. Our proposed absolutely new approach to the study of supra-subduction and accretionary complexes may drastically change the methodology of metallogenic research and of search and exploration of mineral resources related to subduction zones. We will use our future new data to revise available and to develop new global tectonic and metallogenic models which could be beneficial for national mining companies and for the formation and maintenance of a positively progressive image of Russian geoscientists in the world geological community.

Social importance of the Project lies in the supervision of under and post-graduate students of the Novosibirsk State University including development of new lecture and training courses on the topics linked to the Project. The implementation of such a well-funded project would allow us to involve young scientists into world top level scientific research activities and to share with them novel breaking through approaches and topics of investigation. The Project participants have developed a wide

network of national and international scientific cooperation and have got a big experience of collaboration with TOP-100 world universities, e.g., University of Tokyo, Tohoku University, University of Hong Kong, Yonsei University, Tokyo Institute of Technology. We will do our best to distribute that experience of our team to the Novosibirsk State University and other Russian universities and to raise their educational and research capacities.

#### **1.6. В состав научного коллектива будут входить:**

Несоответствие состава научного коллектива (в том числе отсутствие информации в соответствующих полях формы) требованиям пункта 17 конкурсной документации является основанием недопуска заявки к конкурсу.

**10** исполнителей проекта (включая руководителя),

В соответствии с требованиями пункта 17 конкурсной документации от 4 до 10 человек. Вне зависимости от того, в трудовых или гражданско-правовых отношениях исполнители состоят с организацией.

в том числе

**5** исполнителей в возрасте до 39 лет включительно,

из них:

**4** очных аспирантов, адъюнктов, интернов, ординаторов, студентов.

#### **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*

1. Сафонова Инна Юрьевна, 56 лет, руководитель проекта, кгмн, зав. лаб. НГУ, снс ИГМ СО РАН, трудовой договор
2. Ханчук Александр Иванович, 69 лет, основной исполнитель, академик РАН, дгмн, научн. рук. ДВГИ ДВО РАН, гражданско-правовой договор
3. Туркина Ольга Михайловна, 63 года, основной исполнитель, дгмн, внс НГУ и ИГМ СО РАН, трудовой договор
4. Конопелько Дмитрий Леонидович, 56 лет, основной исполнитель, кгмн, доцент СПбГУ, трудовой договор
5. Обут Ольга Тимофеевна, 49 лет, исполнитель, кгмн, снс НГУ и ИНГГ СО РАН, трудовой договор
6. Котлер Павел Дмитриевич, 32 года, исполнитель, кгмн, нс НГУ, трудовой договор
7. Гурова Александра Владимировна, 26 лет, исполнитель, мнс НГУ, аспирант ИГМ СО РАН, трудовой договор
8. Перфилова Алина Александровна, 25 лет, исполнитель, мнс НГУ, аспирант ИГМ СО РАН, трудовой договор
9. Крутикова Анастасия Константиновна, 20 лет, исполнитель, студент НГУ, лаборант НГУ, трудовой договор
10. Пенкина Валерия Алексеевна, 19 лет, исполнитель, студент НГУ, лаборант НГУ, трудовой договор

*на английском языке*

1. Safonova Inna Yurievna, 56 years old, project manager, PhD, NSU Lab Chief, senior research scientist at IGM SB RAS, employment contract
2. Khanchuk Alexander Ivanovich, 69 years old, principal participant, Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr.Sc., Scientific Leader of FEGI FEB RAS, employment contract
3. Turkina Olga Mikhailovna, 63 years old, principal participant, Dr.Sc., leading research scientist at NSU and IGM SB RAS, employment contract
4. Konopelko Dmitry Leonidovich, 56 years old, principal participant, PhD, Sankt-Petersburg University, associate professor, employment contract
5. Obut Olga Timofeevna, 49 years old, participant, PhD, senior research scientist at NSU and IPGG SP RAS, employment contract
6. Kotler Pavel Dmitrievich, 32 years old, participant, PhD, research scientist at NSU, employment contract
7. Gurova Alexandra Vladimirovna, 26 years old, participant, junior research scientist at NSU, post-graduate student at IGM SB RAS, employment contract
8. Perfilova Alina Alexandrovna, 25 years old, participant, junior research scientist at NSU, post-graduate student at IGM SB RAS, employment contract
9. Krutikova Anastasia Konstantinovna, 20 years old, participant, bachelor's student at NSU, laboratory assistant, employment contract
10. Penkina Valeria Alexeievna, 19 years old, participant, bachelor's student at NSU, laboratory assistant at NSU, employment contract

#### **Соответствие профессионального уровня членов научного коллектива задачам проекта**

*на русском языке*

Квалификация и трудоспособность всех участников соответствует самому высокому мировому уровню, что гарантирует

успешную реализацию данного мультидисциплинарного проекта. Руководитель проекта (индекс Хирша = 26 по WoS, 28 по Scopus, 30 по РИНЦ) является заведующей Лабораторией эволюции палео-океанов и мантийного магматизма ГГФ НГУ, созданной в рамках мегагранта Правительства РФ «Мультидисциплинарное изучение складчатых поясов тихоокеанского типа и создание согласованной модели эволюции океанов, их активных окраин и мантийного магматизма» (2017-2019), на базе которой будет осуществлен проект. Сафонова И.Ю. - эксперт в области эволюции палео-океанов и их активных окраин (Buslov et al., 1998, 1999, 2001; Сафонова и др., 2008, 2011, 2019; Safonova, Santosh, 2015; Yang et al., 2014; Ge et al., 2015; Safonova et al., 2017, 2018a), внутриплитного магматизма ЦАСП (Сафонова, 2008; Reichow et al., 2009; Buslov et al., 2010; 2015; Krivonogov, Safonova, 2017; Meng et al., 2018), корообразования в ЦАСП (Safonova et al., 2011; Safonova, Maruyama, 2014; Xiao et al., 2014; Safonova, 2017; Zhang et al., 2018; Li et al., 2018; Safonova et al., 2018a), изотопной геохронологии (Сафонова и др., 2010; Safonova et al., 2010; Long et al., 2012; Glorie et al., 2014; Yang et al., 2014; Ge et al., 2015; Safonova et al., 2018b); заявитель и лидер проекта UNESCO-IGCP#592 “Образование континентальной коры центральной Азии (2012-2016)”, ко-лидер проекта UNESCO-IGCP#662 “Архитектура орогенов и корообразование от аккреции в коллизии” (2017-2021). Все основные исполнители проекта имеют огромный многолетний опыт работ как в Центрально-Азиатском складчатом поясе (Обут О.Т., Туркина О.М.), так и в западной Пацифике (Ханчук А.И., Сафонова И.Ю.). Среди них есть представители практически всех основных направлений Наук о Земле: региональная геология и тектоника (Ханчук А.И., Сафонова И.Ю., Конопелько Д.Л.), геохимия и петрология (Туркина О.М., Сафонова И.Ю., Конопелько Д.Л., Котлер П.Д., Гурова А.В.), геохронология (Туркина О.М., Сафонова И.Ю., Конопелько Д.Л., Обут О.Т.), стратиграфия, литология, седиментология (Обут О.Т., Перфилова А.А.), структурная геология (Котлер П.Д.). Все участники проекта, включая молодого кандидата наук (Котлер П.Д.), аспирантов (Перфилова А.А., Гурова А.В.) и студентов, участвовали в проведении предварительного анализа имеющейся геологической информации, изучении состава и возраста пород СОП из аккреционных комплексов и сопряженных с ними надсубдукционных магматических поясов ЦАСП (Алтай, Казахстан, Монголия, Киргизия, Узбекистан) и их аналогов в восточной Азии (Приморье, Япония). Большинство участников проекта уже давно изучают образования орогенов тихоокеанского типа, имеют большой опыт полевых исследований на таких объектах, в том числе и картирования, получения и интерпретации данных по возрасту, составу и источникам магматических и терригенных пород различного геодинамического происхождения (см. раздел 4.7 данной заявки). Результаты этих работ отражены в многочисленных публикациях, большая часть из которых опубликована в высокорейтинговых международных и российских журналах (Q1).

*на английском языке*

The world top level qualification and skills of all participants guarantees successful implementation of this multidisciplinary project. Project leader (H-factor = 26 at WoS, 28 at Scopus, 30 at RISC) is the head of the Laboratory of Evolution of Paleooceans and Mantle Magmatism (LEPOM - [http://lepom.nsu.ru/pages/About\\_rus.php](http://lepom.nsu.ru/pages/About_rus.php)), which was established in the frame of Russian Government megagrant project « A multidisciplinary study of Pacific-type orogenic belts and development of a holistic model linking evolution of oceans, their active margins and mantle magmatism » (2017-2019). The Project will be implemented in LEPOM. Inna Safonova is an expert in evolution of paleo-oceans and their active margins (Buslov et al., 1998, 1999, 2001; Safonova, Santosh, 2015; Yang et al., 2014; Ge et al., 2015; Safonova et al., 2008, 2011a, 2017, 2018a, 2019), intra-plate magmatism of the CAOB (Safonova, 2008; Reichow et al., 2009; Buslov et al., 2010; Krivonogov, Safonova, 2017; Meng et al., 2018), crustal growth in the CAOB (Safonova et al., 2011b; Safonova, Maruyama, 2014; Xiao et al., 2014; Safonova, 2017; Zhang et al., 2018; Li et al., 2018; Safonova et al., 2018), isotope geochronology (Safonova et al., 2015, 2016, 2018; Long et al., 2012; Glorie et al., 2014; Yang et al., 2014; Ge et al., 2015; Safonova et al., 2018); proposer and leader of UNESCO-IGCP Project#592 “Continental construction in central Asia (2012-2016; <http://igcp592.igm.nsc.ru/project-leaders>)”, co-leader of UNESCO-IGCP Project #662 “Architecture of orogenic belts and crustal growth from accretion to collision” (2017-2021; <http://igcp662.org.cn/groupmembers>). All principle investigators have a big experience of research in the CAOB (Turkina O.M., Obut O.T.) and in the western Pacific (Khanchuk A.I., Safonova I.Yu.). The project team includes experts and specialists from almost all fields of geoscience: regional geology and tectonics (Khanchuk A.I., Safonova I.Yu., Konopelko D.L.), geochemistry and petrology (Turkina O.M., Safonova I.Yu., Konopelko D.L., Kotler P.D., Gurova A.V.), geochronology (Turkina O.M., Safonova I.Yu., Konopelko D.L., Obut O.T.), stratigraphy, lithology, sedimentology (Obut O.T., Perfilova A.A.), structural geology (Kotler P.D.). All project participants, including young PhD Kotler P.D., post-graduate students (Perfilova A., Gurova A.) and under-graduate students, participated in preliminary works – analysis of geological information, study of the age and composition of OPS rocks hosted by accretionary complexes and their adjacent supra-subduction igneous belts of central Asia (Russian Altai, Kazakhstan, Mongolia, Kyrgyzstan, Uzbekistan) and eastern Asia (Russian Far East, Japan). Most of the project participants have been long time involved in the study of oceanic and supra-subduction units, have experience of field works at those localities, including geological mapping, sampling, acquisition of data on their age, composition and sources of igneous and terrigenous rocks of diverse geodynamic origins (see Section 4.7).



The results of those studies have been published in many papers, most of those in high-rank international (Q1) and Russian journals.

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

2021 г. - 6000 тыс. рублей,  
2022 г. - 6000 тыс. рублей,  
2023 г. - 6000 тыс. рублей,  
2024 г. - 5000 тыс. рублей.

Несоответствие планируемого объема финансирования проекта (в том числе отсутствие информации в соответствующих полях формы) требованиям пункта 15 конкурсной документации является основанием недопуска заявки к конкурсу.

**Планируемый объем софинансирования проекта по годам (указывается в тыс. рублей):**

2021 г. - 200 тыс. рублей,  
2022 г. - 200 тыс. рублей,  
2023 г. - 200 тыс. рублей,  
2024 г. - 200 тыс. рублей.

Носит информационный характер.

**Сведения об источниках софинансирования и партнерах:**

2021 - Университет геонаук Китая, Пекин  
2022 - Токийский университет, Университет Наук Окаяма  
2023 - Университет Гонконга  
2024 - Университет Тохоку

**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 21.2 конкурсной документации, является основанием недопуска заявки к конкурсу.

12 публикаций,  
из них

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

**Информация о научных изданиях, в которых планируется 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**

Nature Geoscience  
Gondwana Research  
Journal of Asian Earth Sciences  
Geoscience Frontiers  
Lithos  
International Geology Review  
Geology  
Доклады РАН  
Геология и геофизика  
Тихоокеанская геология

**Иные способы обнародования результатов выполнения проекта**

- 1) СМИ (газета "Наука в Сибири", медиа-центр НГУ и др.)
- 2) вэб-сайт лаборатории - <http://lepom.nsu.ru/>
- 3) устные и стендовые доклады на научных конференциях

**1.10. Число публикаций членов научного коллектива, опубликованных в период с 1 января 2016 года до даты подачи заявки,**

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

Музей естественной истории, Великобритания: совместные проекты, гранты, аналитические исследования и публикации

Токийский институт технологий, Япония: совместные гранты, аналитические исследования и публикации

Университет Токио, Япония: совместные проекты, гранты, аналитические исследования и публикации

Университет Тохоку, Япония: совместные научные мероприятия

Университет Гонконга, Китай: совместные проекты, гранты, научные мероприятия, аналитические исследования и публикации

Университет Нанкина, Китай: совместные гранты, аналитические исследования и публикации

Институт геологии и геофизики Китайской академии наук, Пекин: совместные проекты, публикации

Университете Геонаук Китая, Пекин: аналитические исследования, публикации

Институт проблем комплексного освоения недр, Казахстан: меморандум о научном сотрудничестве

Институт геологии Национальной академии наук Кыргызстана: меморандум о научном сотрудничестве

Институт минеральных ресурсов Госкомгеологии, Узбекистан: меморандум о научном сотрудничестве

Центра геологических исследований (Потсдам, Германия): аналитические исследования, публикации

Руководитель проекта подтверждает, что

- он провел предварительные консультации с представителями владельца ОИ по вопросам использования ОИ в случае победы в настоящем конкурсе, ознакомлен с существенными условиями использования ОИ (перечнем оборудования и методик измерений; перечнем выполняемых типовых работ и (или) оказываемых услуг с указанием единицы измерения выполняемой работы и (или) оказываемой услуги и их стоимостью в рублях или порядком определения их стоимости; регламентом доступа к оборудованию ОИ и условиями допуска к работе на оборудовании ОИ), содержащимися на сайте ОИ в сети «Интернет»;
- все члены научного коллектива (в том числе руководитель проекта) удовлетворяют пунктам 11, 12, 18 конкурсной документации;
- на весь период реализации проекта он будет состоять в трудовых отношениях с организацией;
- при обнародовании результатов любой научной работы, выполненной в рамках поддержанного Фондом проекта, он и его научный коллектив будут указывать на получение финансовой поддержки от Фонда и организацию, а также согласны с опубликованием Фондом аннотации и ожидаемых результатов поддержанного проекта, соответствующих отчетов о выполнении проекта, в том числе в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»;
- 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 50 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 \_\_\_\_\_/И.Ю. Сафонова/