

## Темы научно-исследовательских работ государственного задания ДВГИ ДВО РАН на 2022-2024 годы

### Паспорт темы НИР 1.

Наименование научной темы	Описание работы	
<p><b>Тема 1.</b> Геодинамические перестройки в эволюции геологических структур континентального обрамления северо-западной части Тихого океана.</p> <p><b>Руководитель темы:</b> д.г.-м.н. Голозубов В.В.</p>	<b>Коды тематических рубрик ГРНТИ</b>	38.21.00 Региональная геология
	<b>Коды ОЭСР</b>	1.5.7 Геология
	<b>Приоритетные направления фундаментальных и поисковых научных исследований</b>	1.5.2.3. Строение и история формирования глобальных и региональных тектонических структур
	<b>Ключевые слова (5-10)</b>	границы плит, субдукция, трансформные окраины, геодинамические реконструкции, седиментация, магматизм, геохимия, тектонические дислокации, биостратиграфия, палеонтология
	<b>Цель научного исследования</b>	Комплексное геологическое и петрологическое изучение эталонных объектов Сихотэ-Алиня, Камчатки, Курильских островов, Сахалина, с использованием современных методов элементного анализа и обработки информации, компьютерного моделирования, с целью решения спорных вопросов глубинной геодинамики восточной окраины Евразии в позднем мезозое и кайнозое. Расшифровка геобиологических событий мезозоя и кайнозоя Восточной Азии и ее окраинных морей с детализацией биостратиграфических и биоклиматостратиграфических региональных схем. Выявление эпизодов быстрой геодинамической перестройки при формировании современных структур континентального обрамления северо-западной части Тихого океана.
	<b>Актуальность проблемы, предлагаемой к решению</b>	Территория Дальнего Востока России в составе современных островных дуг, окраинных морей и мезозой-кайнозойских активных континентальных окраин, является уникальным, единственным в России, геологическим полигоном, изучение которого позволяет получить информацию о процессах, происходящих в современных и древних субдукционных зонах, решать все еще дискуссионные вопросы, связанные

		<p>с формированием окраинных морей и более древних, расположенных на окраине континента, протяженных рудоносных вулканических поясов. Все выше перечисленные структуры являются объектом длительных, разноплановых исследований, но многие вопросы их формирования все еще дискуссионны. Изучение окраинно-континентальной структуры Восточного Сихотэ-Алиня представляется важным для реконструкции геологической истории формирования всей восточной Евразии в мезозое и кайнозое. В результате многочисленных исследований, в том числе и наших) установлено, что развитие этой территории протекало в режиме неоднократной смены во времени геодинамических обстановок - активных (субдукционных) и трансформных (Р-Т; Т2-Т3; J-K1; K2-P2) окраин, но причины этих изменений недостаточно ясны, в том числе и из за не изученности пространственной локализации этих процессов. Субдукционные этапы развития континентальной структуры обоснованы лишь геологическими данными, тогда как петрологическая изученность вулканогенных образований неудовлетворительна. Происхождение Курило-Камчатской дуги связывают с субдукционными процессами, но в последнее время установлена важную роль в их формировании океанической астеносферы (например, Центрально-Камчатская депрессия). Важной нерешенной проблемой является эволюция субдукционных систем, влияние на нее как внутренних (изменение скорости субдукции, угла наклона субдукционной зоны и др.), так и внешних факторов. В современных представлениях о динамике литосферы и коэволюции геобиологических процессов в зоне перехода континент-океан в последнее время обозначено крупное приоритетное направление – распознавание причин, включающих и тектогенез, возникновение резких изменений природной среды и, следовательно, и фациальных условий формирования осадочных пород. Именно на этой основе планируется скорректировать современные высокоразрешающие биостратиграфические и биоклимато- стратиграфические шкалы, удовлетворяющие потребностям поисковой геологии.</p>
--	--	---

	<p><b>Описание задач, предлагаемых к решению</b></p>	<p>В число основных задач, запланированных научных исследований входит следующее:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. На основании комплексных исследований, включающих анализ характера и возраста магматизма, структурно-стратиграфические и литологические исследования, U-Pb датирование детритовых цирконов, реконструировать геодинамические обстановки формирования и последующей эволюции Лаоэлин-Гродековского и Вознесенского террейнов юга Приморского края. Установить источники сноса терригенного материала.</li> <li>2. На основе изучения вещественного состава малоизученных раннемеловых терригенных пород Северного Сихотэ-Алиня определить области питания исходных осадочных бассейнов и вероятную обстановку седиментации.</li> <li>3. Разработать достоверные модели геодинамической эволюции Северо-Западной Пацифики до открытия Япономорской и Курильской впадин, используя новые данные о возрасте и вещественном составе мел-палеогеновых аккреционных комплексов и магматических пород Восточного Сахалина.</li> <li>4. Выполнить корректировку последовательности геологических и климатических событий, геодинамической эволюции восточной окраины Азии в мезозое и кайнозое на основании новых палеонтологических, биостратиграфических, палеоклиматических данных.</li> <li>5. Детализировать и уточнить границы стратиграфических подразделений региональных стратиграфических схем кайнозоя на событийной основе, обеспечивающих крупномасштабное геологическое картирование.</li> </ol>
	<p><b>Предполагаемые (ожидаемые) результаты и их возможная практическая значимость (применимость)</b></p>	<p>В рамках научно-исследовательских работ по теме в течение 2022-2024 гг. планируется получение следующих основных результатов:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Определены геодинамические обстановки формирования Лаоэлин-Гродековского террейна в пермское и триасовое время, а также состав и возраст пород питающих провинций пермь-триасовых терригенных пород.</li> <li>2. На основе литолого-геохимических исследований выявлен тип и породный состав областей питания, и уточнены геодинамические обстановки формирования Вознесенского террейна Ханкайского массива в течении перми и триаса.</li> <li>3. Реконструированы условия и источники питания нижнемеловых отложений Северного Сихотэ-Алиня.</li> </ol>

		<p>4. На основе изучения терригенных и вулканогенных образований методами палеоботаники и изотопной геохронологии проведено обоснование стратотипов и уточнение границ эоцен-олигоцен, мел-палеоген и неоген-квартерв Приморье, позволяющие уточнить временные рубежи геодинамических перестроек.</p> <p>5. На основе исследования литологии, литохимии и детритовой цирконологии мел-палеогеновых терригенных пород террейнов Восточного Сахалина выполнена реконструкция их формирования и геологической эволюции.</p> <p>6. Проведено изучение пермь-мезозойской фауны ряда ключевых стратонев юга Дальнего Востока с целью воссоздания условий среды обитания и установления связи изменения климата с геодинамическими перестройками. Выполнена корреляция с данными по другим регионам мира.</p>
	<p><b>Научный задел, имеющийся у коллектива, который может быть использован для достижения целей, предлагаемых к разработке научных тем</b></p>	<p>В предшествующий период впервые на основании изотопно-геохимических данных реконструирована важная роль астеносферного диапиризма в происхождении Восточно-Сихотэ-Алинского вулканического ареала, отражающего "несубдукционные" этапы его формирования. Изменение в палеогене состава вулканических продуктов на преимущественно базальтовый, отражает изменение параметров взаимодействия Тихоокеанской и Евразийской плит, завершение субдукции, разрушение океанической плиты и внедрение в субконтинентальную литосферу океанической астеносферы, с изотопными характеристиками PacificMORB-типа. На основании новых минералогических, геохимических и изотопных данных, результатов численного моделирования для Курильской островной дуги впервые установлено влияние на магматическую эволюцию не только субдукции, но и тектонических событий в краевой части континента. Реконструированная плейстоценовая геодинамическая перестройка субдукционной системы подтверждается подъемом территории южных островов выше уровня моря, катастрофическими явлениями эндогенного характера, деформацией и топографической реорганизацией большой площади Японского моря и сопредельной суши, включая Западно-Сахалинские горы. Выполненное геохронологическое и геохимическое изучение мезозойских и кайнозойских умеренно кислых вулканогенных пород Приморья позволило установить два основных этапа проявления</p>

		<p>адакитового вулканизма: поздний мел (132-98 млн лет) и эоцен (46-39 млн лет). Выявленные отличия разновозрастных адакитов позволяют предположить разные механизмы образования - меловые адакиты образовались в результате плавления субдуцирующей океанической плиты, тогда как их эоценовые аналоги, скорее всего, сформировались в результате кристаллизационной дифференциации. В результате совместных с японскими коллегами структурных исследований на о. Цусима установлено, что образующие остров нижнемиоценовые терригенные породы группы Тайшу накапливались в пределах Цусимского присдвигового грабена, прогибание и заполнение осадками которого происходило с исключительно высокой скоростью (около 2700 м/млн л) на фоне северо-восточного направления регионального сжатия и котловине Хонсю Японского моря. По результатам геохимических и биостратиграфических исследований палеоокеанических фрагментов, аккрецированных в юрскую призму Сихотэ-Алиня, а также времени их аккреции в структуру континентальной окраины по данным радиоляриевых анализов, реконструировано местоположение фрагментов первичных разрезов кремневых образований в пределах еще не субдуцированной океанической плиты и рассчитана протяженность последней. В течение юрского периода под восточную окраину Палеоазиатского континента было субдуцировано и частично аккрецировано более 6000 км океанической литосферы. На основе данных по цирконам, полученным из девонских, каменноугольных и пермских песчаников Южного Приморья проведена корреляция средне- и верхнепалеозойских отложений Южного Приморья, Японии и Южного Китая, предложена новая версия взаимоотношений Южно-Китайского блока и Бурея-Цзямусы-Ханкайского супертеррейна. Полученные результаты представлены в многочисленных публикациях руководителя и исполнителей проекта.</p>
--	--	---

## Паспорт темы НИР 2.

Наименование научной темы	Описание работы	
<b>Тема 2.</b> Эндогенные процессы формирования континентальной литосферы восточной окраины Азии  <b>Руководитель:</b> д.г.-м.н. Высоцкий С.В.	<b>Коды тематических рубрик ГРНТИ</b>	38.33.00 Геохимия 38.35.00 Минералогия 38.37.00 Петрография 38.41.00 Методы лабораторных минералого-петрографических и геохимических исследований
	<b>Коды ОЭСР</b>	1.5.7 Геология
	<b>Приоритетные направления фундаментальных и поисковых научных исследований</b>	1.5.3.1. Магматические, метаморфические и минералообразующие системы и их эволюция
	<b>Ключевые слова (5-10)</b>	магматизм, метаморфизм, минералообразование, петрогенезис, рудогенез, флюид, изотопно-геохимические характеристики, Азиатский континент, Тихий океан
	<b>Цель научного исследования</b>	Цель исследований – выяснение эволюции магматических процессов при формировании континентальной литосферы в переходной зоне Азиатский континент–Тихий океан, установление роли флюидных компонентов при метаморфизме, генерации и рудно-петрологической эволюции природных магм, а также определение места магматических и метаморфических комплексов континентальной коры Восточной Азии в процессе ее образования и деструкции. Реализация научных исследований позволит: - выяснить эволюцию процессов метаморфизма и магматизма на отдельных участках взаимодействия континентальной и океанической литосфер в фанерозое; - определить зависимость состава и эволюции магм от состава флюида и пород фундамента, а так же изменения тектонической обстановки; - создать тектоно-термохронологические модели эволюции магматизма и метаморфизма в зоне взаимодействия континентальной и океанической плит; - разработать физико-химические модели условий зарождения и эволюции магм и модели процессов метаморфического изменения пород; - выяснить возможности использования стабильных изотопов в роли индикаторов процессов петро- и рудогенеза.
<b>Актуальность проблемы, предлагаемой к решению</b>	В настоящее время считается, что объектами, позволяющими получить информацию о вещественном составе глубинных горизонтов Земли,	

служат горные породы магматического происхождения. Они являются продуктами глубинного процесса, связанного с потоком горячих глубинных газов - флюидов из недр Земли. Флюиды способствуют разуплотнению и локальному подъему глубинного вещества, которое в результате понижения давления (декомпрессии) начинает частично плавиться, образуя глубинные диапиры – источники магматических расплавов. В зависимости от интенсивности прогрева образование расплавов происходит на разных уровнях мантии и земной коры, на глубинах 300–700 км. Большинство специалистов, изучающих магматические процессы, принято считать, что основной причиной разнообразия магматических расплавов является различие в составах исходного субстрата. Предложены многочисленные геохимические и изотопные «метки» т.н. обогащенной или деплетированной мантии, мафической или сиалической коры. Конечно, для некоторых крупномасштабных магматических событий (траппы, гранитные батолиты, океанические толеиты) эти представления в известных пределах допустимы, поскольку такие магмы связаны с полным плавлением магнообразующего субстрата, а их составы коррелируются с геофизическими моделями коры и мантии в этих областях. Однако более значительная доля магматических проявлений представлена комплексами пестрого состава, в которых наблюдается многократное чередование внедрений контрастного состава и рудоносности, что трудно объяснить существованием многочисленных различных по составу и рудоносности субстратов, генерирующих эти расплавы. С большой долей вероятности эти явления объясняются фракционным механизмом выплавления подобных расплавов. Геологические наблюдения показывают, что контрастные по составу и рудоносности расплавы характеризуются когерентными им летучими элементами, что находит выражение не только в повышенных их валовых концентрациях, но и в присутствии флюидосодержащих минералов и расплавно-флюидных включений в минералах. Экспериментальными работами Г.С. Йодера, К.Э. Тилли, Е. Рёддера, Б. Майсена, А.А. Маракушева, А.А. Кадика, И.Д. Рябчикова и др. показано, что участие в выплавлении силикатных и рудных расплавов  $H_2$ ,  $H_2O$ ,  $CO_2$ , S, F, Cl, B, P резко изменяет состав выплавки из материала одного и того же исходного состава, снижает температуру и вязкость расплава, вызывает отделение рудных фракций и ликвацию расплавов.

		<p>Поэтому решение кардинальной для магматизма проблемы роли флюидных компонентов в выплавлении и рудно-петрологической эволюции природных магм является одной из целей работ по теме. В процессе образования и эволюции континентальной литосферы восточной окраины Азии ранее сформированные магматические и осадочные породы подвергались трансформации под воздействием различных температур и давлений. Следы этих процессов фиксируются повсеместно и служат материалом для реконструкции типовых обстановок их проявления. Типовые обстановки спрединга, субдукции, скольжения литосферных плит и др. несут не только различный магматизм, но и разный метаморфизм обрамляющих и вмещающих пород. Определение места формирования метаморфических комплексов континентальной литосферы восточной окраины Азии в системе образования и эволюции коры является еще одной целью работ по теме. Реконструкция истории развития Земли невозможна без создания моделей типовых обстановок формирования и эволюции континентальной коры. А индикаторами таких обстановок являются магматические и метаморфические комплексы. В этом отношении актуальность предлагаемых исследований не вызывает сомнения.</p>
	<p><b>Описание задач, предлагаемых к решению</b></p>	<p>В число основных задач, запланированных научных исследований входит следующее:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Выявить отличительные и конвергентные петрогенетические характеристики магматических серий разных тектонических обстановок и роль субдукционных и региональных динамических процессов в происхождении лав древних и современных островодужных систем. Оценить применимость петротектонической дискриминации в палеотектонических реконструкциях на основе новых данных об эволюции кислого магматизма Восточного Сихотэ-Алиня.</li> <li>2. Разработать модели процессов мантийного метасоматоза на основе результатов исследования фрагментов древней океанической коры в структурах Сихотэ-Алиня, мантийных и коровых ксенолитов и процессов полибарического фракционирования расплава и взаимодействие «базальт-перидотит» в промежуточных очагах вулканических систем Дальнего Востока России.</li> <li>3. Установить закономерности масс-зависимого и масс-независимого фракционирования стабильных изотопов в природных процессах и</li> </ol>

		<p>разработать геохимические модели и прогнозирование на их основе новых месторождений полезных ископаемых.</p>
	<p><b>Предполагаемые (ожидаемые) результаты и их возможная практическая значимость (применимость)</b></p>	<p>В рамках научно-исследовательских работ по теме в течение 2022-2024 гг. планируется получение следующих основных результатов:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. С использованием новых геохронологических и геохимических данных уточнена эволюция кислого магматизма Центрального и Восточного Сихотэ-Алиня на этапах смены геодинамических обстановок в течение мела-палеогена.</li> <li>2. На основе изучения геохимии и минералогии кайнозойских основных вулканитов Приморья определено влияние коровой контаминации базальтовых магм на их минеральный и химический состав и рудную продуктивность.</li> <li>3. Выполнены петрологические исследования пород фрагментов древней океанической коры в структурах Сихотэ-Алиня и оценена их потенциальная рудоносность. Проведено сопоставление с магматическими породами современных островных дуг Западной Пацифики.</li> <li>4. Описаны процессы полибарического фракционирования расплава и взаимодействие «базальт-перидотит» в промежуточных очагах молодых континентальных рифтогенных вулканических систем Восточной Азии на основе изучения ксенолитов.</li> <li>5. С целью выявления закономерностей масс-зависимого и масс-независимого фракционирования изотопов серы, кислорода и углерода в геологических процессах будет изучен их изотопный состав в архейских осадочных породах Карелии.</li> </ol>

	<p><b>Научный задел, имеющийся у коллектива, который может быть использован для достижения целей, предлагаемых к разработке научных тем</b></p>	<p>За длительную историю изучения различных аспектов геологии восточной окраины Азии у руководителя и исполнителей накоплен большой фактический материал, собранный в течении десятков лет, который позволяет решать поставленные задачи. Имеются наработки по конкретным регионам как континентальной окраины Азии, так и обрамляющих морей и океанов (Авченко и др, 2015, 2018; Бадрединов и др., 2017; Максимов, Сахно, 2018; Сахно и др., 2015, 2016, 2017, 2018; Тарарин, 2015; и мн. др.). Для выяснения эволюции магматизма и метаморфизма пограничных областей Тихого океана и окраины Азии были разработаны и применялись особые подходы с комплексным использованием минералогических, геохимических, геохронологических исследований, а так же созданием физико-химических моделей (Авченко и др., 2007, 2015; Сахно и др., 2015, 2016; Ханчук, Высоцкий, 2016; Игнатъев и др., 2016; и др.). Многоплановость геологических процессов в различных геодинамических обстановках переходной зоны позволяет получить комплексное представление об объекте изучения, сформулировать новые подходы и наметить основные задачи дальнейших исследований океанических, окраинно-континентальных и континентальных структур (например, Высоцкий, Голич, 2017; Полин и др., 2016, 2017; Grebennikov et al., 2016). Использование современных методов исследований и разработка новых методик позволяет решать задачи, связанные с глобальной эволюцией геологических процессов в истории Земли (например, Velivetskaya et al., 2016, 2018). Реализация такого подхода представляет фундаментальный интерес для реконструкции процессов рудообразования, этапов возникновения кислородной атмосферы и получения новых знаний о закономерностях изотопного фракционирования стабильных изотопов в геологических процессах (Высоцкий и др., 2014; Vysotskiy et al., 2015; Nechaev et al., 2018; и др.).</p>
--	---	--

### Паспорт темы НИР 3.

Наименование научной темы	Описание работы	
<p><b>Тема 3. Природа металлогенической зональности орогенных поясов Дальнего Востока России как отражение мезокайнозойской эволюции континентальной литосферы</b></p> <p><b>Руководитель:</b> д.г.-м.н. Раткин В.В.</p>	<b>Коды тематических рубрик ГРНТИ</b>	38.49.00 Геология рудных полезных ископаемых
	<b>Коды ОЭСР</b>	1.5.7 Геология
	<b>Приоритетные направления фундаментальных и поисковых научных исследований</b>	1.5.5.2. Металлогенические провинции, эпохи и рудные месторождения: от генетических моделей к прогнозу минеральных ресурсов
	<b>Ключевые слова (5-10)</b>	металлогения, рудные месторождения, золото, серебро, вольфрам, олово, медь, свинец, цинк, редкие металлы, угли, юг Дальнего Востока России
	<b>Цель научного исследования</b>	Цель исследований - решение фундаментальных и прикладных проблем в области теории рудообразования и металлогении. Разработка научно-методических основ прогнозирования и поисков скрытого оруденения, включая выявление новых критериев оценки продуктивности полиметалльных рудно-магматических систем в разнотипных орогенных поясах Дальнего Востока России и критериев оценки продуктивной металлоносности кайнозойских угольных бассейнов.
	<b>Актуальность проблемы, предлагаемой к решению</b>	Актуальность научной темы определяется необходимостью реализации долгосрочной стратегии ускорения технологического развития РФ на государственном уровне (Указ Президента РФ « О национальных целях и стратегических задачах развития РФ на период до 2024г. ). Развитие базовых отраслей экономики ориентируется на новейшие технологии и требует резкого восстановления ресурсной базы цветной и черной металлургии, включая руды редких, благородных металлов, вольфрама, олова, меди, свинца и цинка. Особое значение приобретает повышение эффективности горнорудного производства в обжитых, обеспеченных инфраструктурой и трудовыми ресурсами районах юга Дальнего Востока РФ, где сконцентрировано более трети стратегически важных рудных месторождений страны, оценка которых остается на уровне 80-тых годов прошлого века. За это время сменились основополагающие представления в геологии и теории рудообразования. Появились принципиально новые

		<p>подходы к исследованию горных пород и руд с широким набором локальных аналитических процедур и использованием изотопных, высокоточных, высокочувствительных геохимических методов. Эти исследования создают условия для реализации заявленной темы НИР с целью разработки современных научно-методических основ прогнозирования и поисков скрытого оруденения, формализованных в виде разномасштабных геолого-генетических моделей рудных месторождений. В конечном итоге это создает условия для выделения и прогнозной оценки перспективных площадей, для выяснения характера распространения руд на глубину, для переоценки запасов месторождений.</p>
	<p><b>Описание задач, предлагаемых к решению</b></p>	<p>1. Выполнить металлогенический анализ основных тектонических структур Сихотэ-Алинского орогенного пояса с учетом этапов его эволюции на основе моделей развития литосферы в рамках концепции тектоники литосферных плит. 2. В фундаментальном системном обобщении данных геологического, петрологического и изотопно-геохимического изучения месторождений золото-серебряных, вольфрамовых, медных, олово-полиметаллических, свинцово-цинковых руд Сихотэ-Алиня сформировать разномасштабные геолого-генетические модели рудно-магматических систем уровня металлогенических поясов, рудных районов и месторождений. 3. В рамках формирования типовых моделей рудно-магматических систем рудных (Au-Ag, W, Sn, Cu, Pb-Zn) и нерудных (бор, камнецветное сырье) месторождений Сихотэ-Алинского орогенного пояса оценить условия образования месторождений и формирования продуктивных минеральных ассоциаций. 4. Провести специальные минералогические, изотопно-геохимические и геохронологические исследования пород и руд золоторудных месторождений для реконструкции источников рудного вещества и рудоносных флюидов, а также уточнения возрастных датировок формирования золотоносных рудно-магматических систем. 5. Оценить роль субсинхронного вулканизма, его специфики, аквагенных (водородных), гидротермальных и других эксфильтрационных процессов в накоплении ценных и токсичных элементов-примесей в углях месторождений юга Дальнего Востока.</p>

	<p><b>Предполагаемые (ожидаемые) результаты и их возможная практическая значимость (применимость)</b></p>	<p>В 2022-2024 годах в рамках научно-исследовательской работы по теме планируется:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Создать геолого-генетическую металлогеническую модель формирования террейнов Сихотэ-Алиня на основе обобщения современных региональных геологических построений, реконструкции бассейнов осадконакопления пород, формирующих террейны, геодинамической типизации магматических комплексов и использования изотопно-геохимических данных. Оценить перспективы и направления развития Au-Ag, W, Sn, Cu, Pb-Zn минерально-сырьевой базы традиционных и новых горнорудных районов юга дальневосточного региона.</li> <li>• Выполнить оценку геологических, геофизических, геохимических, минералогических свидетельств влияния под- и надсубдукционной частей астеносферы на возникновение и формирование особых рудно-магматических систем, которые на востоке Азии продуцировали крупные металлогенические объекты ранга рудных районов, узлов и полей с месторождениями элементов платиновой группы, золота, серебра и др.</li> <li>• В результате привлечения современных исследований активных окраин Северной Пацифики, где сосредоточены в разной степени изученные месторождения золота карлинского и ассоциирующих с ним типоворуденения, последующего синтеза данных об основных геодинамических факторах формирования и размещения крупных золотоносных провинций, установить причины их сходства и различия для обнаружения новых перспективных площадей.</li> <li>• Провести систематику базит-гипербазитовых комплексов Сихотэ-Алиня по источникам магм на основе изотопных (Sm-Nd) и геохимических данных, дать оценку перспектив обнаружения генетически связанных с ними месторождений полезных ископаемых. Определить особенности формирования и закономерности пространственного размещения золото-ильменитовых рудно-россыпных образований в ультраосновных породах Сихотэ-Алиня, что позволит расширить перспективы сырьевой базы стратегических металлов Приморья.</li> <li>• Выполнить типизацию условий формирования редкометалльной минерализации в угленосных отложениях, углях и сопутствующих им аргиллизитах. Сформировать прогнозно-поисковый комплекс критериев, ориентированный на оценку редкометалльного оруденения на юге</li> </ul>
--	---	---

		Дальнего Востока.
	<p><b>Научный задел, имеющийся у коллектива, который может быть использован для достижения целей, предлагаемых к разработке научных тем</b></p>	<p>В предшествующий период показано, что металлогения Сихотэ-Алинского орогенного пояса, по крайней мере в геохимическом цикле бора и свинца, репродуцирует домезозойскую металлогению древних структур Азиатского материка. Репродуцирование связано с процессами формирования новообразованной континентальной литосферы и объединяет интенсивную эрозию металлоносных территорий материка, лавинную седиментацию, складчатость и последующий постаккреционный этап ступенчатой магматической переработки геохимически специализированных осадочных толщ (Раткин, Karas, Golozubov, 2016). Эти представления подтверждаются данными изотопно-геохимического изучения руд, рудовмещающих пород и рудоносных гранитоидов, которые свидетельствуют, что рудно-магматические системы Сихотэ-Алиния формировались в условиях интенсивной контаминации ювенильных расплавов верхнекоровым материалом (Chugaev, Chernyshev, Ratkin, Gonevchuk, Eliseeva, 2020; В-М. Jahn, Valui, Kruk, Gonevchuk, Usuki, Wu, 2015). При этом показано, что эпохи наиболее интенсивного рудообразования соответствуют режиму трансформного скольжения литосферных плит, поступлению на верхнекоровый уровень инъекций астеносферной мантии (Grebennikov, Khanchuk, Gonevchuk, Kovalenko, 2016). Эти представления согласуются с материалами изучения крупнейших полиметалльных месторождений Восточной Азии, где показана их приуроченность к территориям над фронтальной частью слэба, стагнированного в транзитной зоне мантии (Khomich, Boriskina, Santosh, 2016). Все это создает реальные условия для формирования новых металлогенических построений, учитывающих новейшие геологические, геодинамические и петрологические разработки. При этом основой региональных металлогенических построений, заявленных в программных исследованиях, выступает фундаментальная сводка по тектонике, геодинамике, магматизму и полезным ископаемым Дальневосточной окраины России (Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России, 2006). В результате проведенных ранее исследований установлены проявления благородно- и редкометалльной минерализации в угленосных депрессиях (Середин, Чекрыжов, 2011;</p>

		<p>Середин, Чекрыжов, Попов, 2011; Dai, Chekryzhov, Seredin, Nechaev et al., 2016; Nechaev et al., 2018 и др.). При этом в угленосных впадинах Приморья выделен новый тип РЗЭ-руд, связанный с проявлениями кайнозойского магматизма – аргиллизированные туфогенные горизонты, обогащенные РЗЭ, Nb, Ta, Zr и Hf, (Середин, Dai, Чекрыжов, 2012). Показаны предварительные результаты изучения форм нахождения и распределения РЗЭ в углях (Чекрыжов и др., 2017). Материалы исследований представляют достаточную базу для углубленного изучения практически значимой металлоносности угленосных впадин и решения задачи о природе этой металлоносности с позиции синхронизации кайнозойского угленакопления с эндогенной активностью в связи с взаимодействием литосферных плит в режиме трансформного скольжения. Особенности типовых рудных объектов и элементы общих закономерностей формирования РМС и собственно месторождений в структурах юга Дальнего Востока РФ, охарактеризованы в многочисленных публикациях руководителя и исполнителей проекта.</p>
--	--	---

<b>Паспорт темы НИР 4.</b>		
<b>Наименование научной темы</b>	<b>Описание работы</b>	
<b>Тема 4.</b> Особенности геологических процессов и изменения природной среды зоны перехода от Евразийского континента к Тихому океану в антропогене	<b>Коды тематических рубрик ГРНТИ</b>	38.43.00 Антропогенный период 38.61.00 Гидрогеология 38.63.00 Инженерная геология 38.65.00 Мерзлотоведение
	<b>Коды ОЭСР</b>	1.5.7 Геология
<b>Руководитель:</b> к.г.-м.н. Брагин И.В.	<b>Приоритетные направления фундаментальных и поисковых научных исследований</b>	1.5.10.6. Оценка рисков опасных природных процессов и экстремальных природных явлений

	<b>Ключевые слова (5-10)</b>	палеоклимат, подземные воды, техногенные процессы, зона гипергенеза, радон, сейсмособытие, селеопасность, лавины, атмосферные загрязнители
	<b>Цель научного исследования</b>	Целью научно-исследовательской работы является исследование эволюции природной среды зоны перехода от Евразийского континента к Тихому океану, выяснение особенностей проявления геологических процессов и оценки их влияния на жизнедеятельность человека. Выполнение поставленных задач внесет вклад в развитие фундаментальных представлений о формировании, развитии и функционировании геосистем при разработке будущих изменений природной среды с учетом антропогенной нагрузки. Достижение целей предусматривает решение таких вопросов как: выяснение синергетической роли глобальных и региональных факторов в формировании изменений в палеоклиматической ритмике в системе «континент-океан»; выяснении влияния современных эндогенных процессов на физико-химические и изотопно-геохимические параметры подземной гидросферы; качественно-количественной оценки влияния антропогенных загрязнителей воздуха городов их динамики в пространстве и времени; создании временной математической модели разрушения отходов горнорудного производства; выявлении природных факторов миграции человека в палеолите и неолите и закономерностей использования древними людьми обсидиана; разработка моделей активизации лавинных, селевых и нивальных процессов, оценка опасности их воздействия на социально-экономическую сферу; разработка методико-теоретических основ для количественной оценки сейсмической опасности и вторичных экзогенных процессов, вызванных сейсмическими воздействиями.
	<b>Актуальность проблемы, предлагаемой к решению</b>	Запланированные научные исследования лежат в области приоритетных направлений развития науки, технологий и техники Российской Федерации и перечня критических технологий (Указ Президента РФ «О национальных целях и стратегических задачах развития РФ на период до 2024г.): технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения; технологии предупреждения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Актуальность разработки климатических моделей будущего с учётом антропогенной нагрузки продиктована

современными представлениями о формировании палеоклиматов, влиянием их изменений на формирование и функционирование геосистем различного уровня. Важным аспектом взаимодействия древнего человека и природной среды является выяснение путей, способов миграций и обмена сырьем, и здесь выявление источников обсидиана играют приоритетную роль, т.к. является маркером масштабов и времени доисторических миграций в плейстоцен-голоцене. В рамках данных работ происходит встреча двух важнейших направлений – наук о Земле и наук о человеке, что требует проведения междисциплинарных исследований в составе геологов, физиков и археологов. Состав природных вод является индикатором множества факторов, влияющих на формирование различных типов вод. Эти факторы включают и характер глубинных процессов, и состав водовмещающих пород, и антропогенное влияние, и деятельность водных микроценозов и др. Одним из малоизученных и потенциально прорывных направлений является влияние землетрясений на флюидный режим приповерхностных отложений земной коры сейсмоактивных регионов. Изучение качества природных вод, определение техногенных источников загрязнения, оценка степени влияния различных факторов на состав и гидродинамические характеристики водотоков очень важно как для понимания фундаментальных закономерностей формирования и функционирования водных систем, так и для улучшения качества жизни человека. Важный прикладной характер имеет определение источников и процессов миграции токсичных элементов в гидросферу из отходов горнорудной промышленности. Хвосты обогащения, накопленные в районах добычи полезных ископаемых, нужно рассматривать не только как источники загрязнения окружающей природной среды, но и как техногенные месторождения редких элементов. Информация о скорости и пути разрушения горнорудных отходов, позволит оценить экономическую целесообразность их переработки. Также принципиальное практическое значение имеет оценка качественного и количественного состава загрязнителей атмосферы городов с различной антропогенной нагрузкой, в том числе и в условиях существования крупных производств, моногородов, а также крупных объектов промышленности и энергетики с установлением динамики их накопления в пространстве и во времени, что ещё не было проведено для территории Дальнего Востока России

		<p>Физические процессы в селевой и лавинной геосистемах в российской и мировой науке изучены недостаточно. Выполнение исследований в разных климатических и геологических условиях позволит разработать методы дистанционного определения и изменения физических свойств подобных объектов, что имеет важное значение для фундаментальной и прикладной науки. Полученные знания будут востребованы в задачах социально-экономического развития арктических территорий. Современные подходы количественной оценки сейсмической опасности следуют идеологии сбалансированной оценки риска, которая учитывает возможные эпистемические и случайные неопределенности. Установление закономерностей активизации, развития и проявления современной сейсмичности на юге Дальнего Востока России имеет важное фундаментальное значение для реконструкции геодинамической модели, а также дает основу для разработки цифровых карт нового поколения.</p>
	<p><b>Описание задач, предлагаемых к решению</b></p>	<p>Решение основных задач, направлено на сохранение национальных интересов, стратегических национальных приоритетов обеспечение устойчивого развития как страны в целом, так и отдельных территорий, в том числе Дальнего Востока России, на долгосрочную перспективу. Задачами исследований являются: анализ климатических изменений и адекватных им трансгрессивно-регрессивных циклов, запечатлённых в плейстоцен-голоценовых континентальных и морских фациях. Корреляция следов палеоэкосистемных перестроек в структурах восстанавливаемых морских и континентальных палеосообществах организмов. Установление полуторатысячных периодических палеоклиматических циклов в истории климата позднего плейстоцена-голоцена (циклы Бонда). Обобщение полученных данных и причинно-следственный анализ влияния абиотических событий (климат, колебания уровня моря) на развитие и функционирование биотического элемента экосистем. Исследования внесут вклад в развитие фундаментальных представлений о формировании, развитии и функционировании экосистем при разработке будущих изменений природной среды с учетом антропогенной нагрузки; определение условий формирования месторождений минеральных вод, механизмов генерации и трансформации глубинных флюидов в различных геодинамических обстановках, их роли в современных геологических процессах и использовании этих объектов для прогноза опасных явлений</p>

(землетрясений, выбросов радона и т.п.); выделение индикаторных гидрогеохимических характеристик коллизионной и островодужной геодинамических обстановок; обнаружение и обоснование появляющихся геохимических аномалий с глубинными геологическими процессами, сейсмическими событиями, месторождениями полезных ископаемых; определение реакции флюидов на глубинные геологические процессы (землетрясения, извержения грязевых вулканов и пр.); развитие методологии, позволяющей посредством наблюдения временных вариаций широкого ряда компонентов флюидных систем выявлять связь с тектоническими событиями; построение моделей, отражающих связь флюидных и тектонических режимов; создание математической модели разрушения отходов горнорудного производства, которая позволит установить скорость и особенности окисления сульфидных руд и вмещающих оруденение пород, характеристики миграции элементов в водные растворы, оценить экологическую опасность и экономическую целесообразность переработки хвостохранилищ; изучение гранулометрического состава частиц в атмосферном воздухе в различных по населению городах; определение влияния крупных промышленных предприятий на загрязнение атмосферы населённых пунктов; на основании полученных данных получение геоэкологической оценки состояния атмосферы городов Приморского края с оценкой влияния на здоровье населения городов; определение пространственно-временных закономерностей использования обсидиана древним человеком. Результатом станут прямые данные о характере использования источников обсидиана, обмена сырьем и миграций древнего населения современной территории Дальнего Востока России, а также прилегающих территорий; получение новых данных о лавинных, селевых и нивальных процессах и закономерностей их развития, распространения и механизмов активизации в разных климатических и геологических условиях; разработка методик дистанционного определения опасности от лавинных, селевых и нивальных процессов. Разработка карт проявления лавинной и селевой опасности Дальнего Востока России отвечающих современным требованиям социально-экономического развития территории; получение новых знаний об активизации, развитии и проявлении современной сейсмичности на юге Дальнего Востока России; разработка карт сейсмической опасности нового поколения.

	<p><b>Предполагаемые (ожидаемые) результаты и их возможная практическая значимость (применимость)</b></p>	<p>В рамках научно-исследовательской работы по теме в 2022-2024 гг. планируется:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Для континентального обрамления северо-западной части Тихого океана установить климатические изменения и соответствующие им трансгрессивно-регрессивные циклы, запечатленные как в континентальных морских фациях, так и в осадках квартера окраинных морей. Дать характеристику палеоклиматическим событиям позднего плиоцена и квартера в Северо-Восточной Азии. Уточнить положение нижней границы квартера в верхнекайнозойских толщах Приморья и Чукотки.</li><li>2. Разработать предикативные модели развития опасных геологических процессов (лавинных, селевых и нивальных) и явлений (сейсмических) в разных климатических и геологических условиях. Определить вероятностно-стохастический подход для оценки устойчивости склона под сейсмической нагрузкой, который учитывает случайные и эпистемические неопределенности сейсмических источников, характеристик сильных движений грунта и материальных параметров склона.</li><li>3. Определить механизмы генерации и трансформации глубинных флюидов в различных геодинамических обстановках тихоокеанской окраины Евразии и их роль в формировании геохимического облика современных минеральных вод с учетом взаимодействия в системе флюид–горная порода–микроорганизмы. Оценить распределение и численность основных эколого-трофических групп микроорганизмов в углекислых минеральных водах, а также в подземных азотно-метановых водах повышенной солености, принимающих участие в геохимических циклах углерода, азота, серы, железа и марганца. С использованием современных молекулярно-генетических методов оценить таксономическое разнообразие культивируемых бактерий и получить данные по физиолого-биохимическим свойствам наиболее важных микроорганизмов.</li><li>4. Разработать физико-химическую модель гипергенных преобразований отходов горнорудного производства, которая позволит оценить особенности окисления сульфидных руд и экологическую опасность процессов, происходящих в хвостохранилищах, а также целесообразность вторичной переработки лежалых хвостов обогащения.</li><li>5. Определить качественный и количественный состав загрязнителей</li></ol>
--	---	---

		<p>атмосферы городов с различной антропогенной нагрузкой, в том числе и в условиях существования крупных производств. Выполнить численное моделирование распространения частиц атмосферных взвесей в городской среде. Разработать методику прямого сравнения загрязнения атмосферы техногенными частицами малых, средних и крупных населенных пунктов.</p>
	<p><b>Научный задел, имеющийся у коллектива, который может быть использован для достижения целей, предлагаемых к разработке научных тем</b></p>	<p>С началом позднего плейстоцена связаны валькатленская трансгрессия Чукотки и ее аналог на Аляске – пелукская трансгрессия. Комплекс морских осадков этого времени хорошо прослеживается на всей территории Берингии и в пелагических и шельфовых фациях Северной Пацифики. Он содержит умеренную флору диатомей и моллюсков. Трансгрессия имела в своем развитии три теплые и две холодные фазы. Последние сопровождалась небольшими регрессиями. Валькатленское (пелукское) время было, пожалуй, самым теплым на протяжении всего плейстоцена (температуры на 2-3° С выше современных). В отложениях разрезов, где отмечены следы трансгрессий начала позднего плейстоцена как Чукотки, так и Аляски, одним из доминантов являются створки <i>Paralia sulcata</i> (Ehr.) Cl. Если это так, то при абсолютных отметках залегания отложений фазы 5e следует допустить подъем уровня моря в это время до +10м выше современного. Формирование в единых разрезах, по крайней мере, двух трансгрессивных пачек отложений с морскими диатомеями, соответствующих фазам 5e и 5c МИС-5, позволяют сделать вывод о том, что валькатленская (пелукская) трансгрессия скорее всего представлена несколькими фазами и должна соответствовать полному объему МИС-5, а, следовательно, и стратиграфический объем первого межледникового позднего плейстоцена должен соответствовать возрастному объему всей МИС-5. Изучена геохимия редкоземельных элементов в холодных углекислых минеральных вод острова Сахалин. Общими характеристиками исследуемых вод являются гидрохимический тип Na-Cl-HCO<sub>3</sub>, высокая минерализация (6–20 г/л), щелочной pH (6,2–7,4) и восстановительная среда (от -195 до +62 мВ). Нормированные графики показали значительное обогащение РЗЭ и высокие положительные аномалии Eu. В минеральных водах с высоким содержанием CO<sub>2</sub> были обнаружены как положительные, так и отрицательные аномалии Se. Положительная аномалия Eu в водах указывает на процессы взаимодействия вода-порода, а положительная аномалия Se соответствует</p>

восстановительным условиям. Полученные данные по изотопным соотношениям изотопа 2H и изотопа 18O в термальных водах северо-востока Сихотэ-Алиня свидетельствуют об атмосферном генезисе вод. Исследованные воды подтверждают выявленную ранее широтную зависимость, заключающуюся в изотопном облегчении на 10° широты на 4,84 ‰ и 0,59 ‰ соответственно дейтерия и кислорода-18. Термальные воды Анненского, Тумнинского и Ульского месторождений характеризуются наиболее «легкими» изотопными характеристиками среди подземных вод юга Дальнего Востока. Помимо этого, изотопные характеристики отвечают высотным градиентным зависимостям. Полученные данные свидетельствуют об изотопном облегчении вод на каждые 100м высоты на 1,5–4 ‰ и 0,15–0,5 ‰ для изотопа 2H и изотопа 18O соответственно. Выделено небольшое количество экологотрофических групп бактерий в соленых (минерализация 30-50 г/л) подземных водах скважин в прибрежной зоны залива Суходол в долине реки Суходол. Полученные данные показывают, что доминируют тионическая и галофильная формы сапрофитных бактерий, развивающиеся в присутствии 10% NaCl. Среди сапрофитных микроорганизмов палочковидные формы рода *Microbacterium* sp. значительно доминировал. Показано значительное накопление Cu, Co и легких РЗЭ микробными сообществами рассолов. Рассмотрена динамика снегонакопления на полигонах в зимнем сезоне 2017-18 гг. на юге о. Сахалин. Зимний сезон 2017-18 гг. был самым многоснежным за последние шестнадцать лет наблюдений (с 2002 г.). Выпадение большого количества твердых осадков на территории населенных пунктов острова привело к увеличению объема снега, вывозимого на снежные полигоны, увеличению площадей, занимаемых полигонами, а также, к увеличению количества самих полигонов. Наиболее заметные изменения произошли в г. Южно-Сахалинске где за зимний сезон 2017-18 гг. было вывезено около 3 млн.м<sup>3</sup> снега, а площадь занимаемая полигонами увеличилась с 15 га (2016-17 гг.) до 46 га. В г. Корсакове общий объем снега, вывезенного за зимний сезон 2017-18 гг. составил – 271,3 тыс.м<sup>3</sup>, в сравнении с 11 тыс.м<sup>3</sup> вывезенными зимой 2016-17 гг. Моделирование окисления сульфидной составляющей хвостов обогащения в интервале температур от -25 до +45 °С показало, что формирующиеся растворы имеют Eh-pH параметры от 0.6 до 1.2 В и 0.32-13.7. Из них кристаллизуются минералы Fe, Cu, Pb, Zn, Al,

Ca, Mg, K и Na класса оксидов и гидроксидов, сульфатов, карбонатов, арсенатов, фосфатов и силикатов. Главную роль при формировании парагенезиса играет состав руд, вмещающих оруденение пород и их соотношение. А именно, состав гипогенной (первичной) ассоциации, наличие минералов зоны цементации, а также отсутствие одного из сульфидов в системе. Чем выше содержание сульфидов в хвостах обогащения, тем более кислые растворы формируются и более разнообразным будет парагенезис выпавших вторичных минералов. Достигнут значительный прогресс в определении местонахождения источника обсидиановых артефактов, обнаруженных на многочисленных археологических комплексах огромной территории Дальнего Востока России, Корейского полуострова и Манчжурии. Сделать это удалось в результате сочетания нейтронно-активационного анализа с калий-аргоновым датированием и поиска по обширной базе данных по обсидианам Северной Азии. Обнаружено, что обсидиану артефактов идентичен исследованный нами образец коммерческого обсидиана, экспортируемого из г. Чхонджин (Северная Корея). Хотя точное место добычи этого обсидиана неизвестно, геологические, геохимические и геохронологические данные указывают, что источник вероятнее всего расположен к югу от вулкана Пектусан в непосредственной близости от него. Полученные результаты свидетельствуют в пользу транспортировки стратегического каменного сырья эпохи палеолита и бронзового века (3.5–25 тыс. лет) на большие расстояния. Разработана методика районирования интенсивности проявления лавинных, селевых и оползневых процессов на малоизученных территориях. Методика позволяет оценивать на современном уровне степень опасности и риска проявления природных процессов и явлений как на отдельных участках, так и на обширных территориях, что особенно актуально в условиях социально-экономического развития Дальнего Востока России. Разработаны методические основы для детального сейсмического районирования территории Дальнего Востока России, а также оценки полной вероятности возникновения сейсмогенных оползней. На основе полного вероятностного подхода разработана и апробирована методика оценки сценарных землетрясений при геотехническом исследовании оползневых участков.