

Сведения о проекте

1.1 Название проекта

Неотектоника и активная тектоника северной части Центральной Азии

1.2. Аннотация проекта

Предлагаемые исследования являются продолжением работ 2022–2024 гг. по проекту РФФИ № 22-17-00049. Продление проекта направлено на достижение двух целей.

Первая цель – завершающие полевые работы и обработка материалов исследований 2022–2026 гг., публикация их результатов. Будут проведены полевые работы: (а) на юго-востоке хр. Хамар-Дабан (Хамбинский разлом) для оценки параметров и сейсмического потенциала активных разломов области перехода от режима транспрессии в Монголии и Туве к режиму транстенсии и растяжения в Байкальском рифте и Забайкалье; (б) на субширотных разломах Тувы (Центрально-Тувинская и Шуйская зоны разломов, Хемчикская впадина) и в области их сочленения с разломами Монгольского Алтая (смыкание хребтов Танну-Ола, Шапшальского и Монгольского Алтая) для оценки их структурных соотношений, параметров активности и роли офиолитового субстрата в их геодинамике и сейсмическом потенциале; (в) на Хангайском нагорье для определения стратиграфического и структурного положения неоген-четвертичных базальтов и отбора палеомагнитных образцов и во впадинах западного обрамления Хангайского нагорья для стратиграфического обоснования истории их развития и палеогеографии. Эти работы являются вкладом в изучение активной тектоники, неотектоники, новейшей и современной геодинамики и оценку сейсмической опасности региона.

Вторая цель – развитие новых направлений решения задач проекта. Первое направление – определение роли офиолитового субстрата в локализации активных разломов и интенсивности перемещений по ним. Выполненные исследования показали приуроченность активных разломов к офиолитовым зонам и возрастание протяженности сейсмогенных разрывов и смещений сильных коровых землетрясений, если они приурочены к офиолитовым зонам. Исследование соотношений офиолитов и активных разломов будут начаты с мезозойско-палеогеновых офиолитов Альпийско-Гималайского пояса, где офиолиты подверглись минимальным последующим воздействиям. Затем подобные работы будут проведены на севере Центральной Азии в разломных зонах областей распространения палеозойских офиолитов. Эти исследования, которые отчасти будут проводиться в ходе указанных выше полевых работ, сопряжены с изучением соотношений активных разломов с дизъюнктивными границами протерозойских и палеозойских террейнов региона. Значение изучения соотношений активных разломов и офиолитов выходит за региональные рамки и важны для определения геодинамики и оценки масштабов и интенсивности воздействий сильных коровых землетрясений в сейсмоактивных регионах.

Второе новое направление – определение вращения блоков континентальной коры по палеомагнитным данным. Данные, полученные в ходе реализации проекта, указывают на возможность вращения. Предполагается выполнить палеомагнитный анализ (определение угловых характеристик остаточной намагниченности) неоген-четвертичных базальтов Хангайского нагорья, подходящих для таких определений. Решение этой задачи важно для определения происхождения новейших сдвигов тектонически активных регионов.

По результатам исследований планируется опубликовать не менее 8 статей.

1.3. Ожидаемые результаты и их значимость

Ожидаемые результаты будут представлены в следующих опубликованных статьях;

- (1) Аржанникова А.В. и др. Морфотектонические и палеосейсмогеологические исследования в зоне Темникского разлома (южное ограничение хребта Хамар-Дабан) // Геотектоника.
- (2) Овсяченко А.Н. и др. Повторяемость сильных землетрясений в очаге Цэцэрлэгского землетрясения 9.07.1905 в Северной Монголии // Доклады РАН. Науки о Земле.
- (3) Овсяченко А.Н. и др. Морфоструктура Ужепского тектонического узла в восточной Туве (долина р. Малый Енисей) // Геосферные исследования.
- (4) Овсяченко А.Н. и др. Очаг сильных землетрясений в Хемчикской впадине (Западная Тува): исследования методами палео- и археосейсмологии // Геотектоника.
- (5) Овсяченко А.Н. и др. Хубсугульское землетрясение 12.01.2021 с $M_w=6.7$ в Северной Монголии и сеймотектонический режим рифтовых впадин юго-западного фланга Байкальской рифтовой зоны // Вопросы инженерной сейсмологии.
- (6) Соколов С.А. и др. Четверичные надвиги на южном склоне хребта Хан-Хухэй, Центральная Монголия // Доклады РАН. Науки о Земле.
- (7) Сизов А.В. и др. Новые данные о местонахождении неогеновых позвоночных Хиргис-Нур-2 и палеогеография Котловины Больших Озер и впадины Убсу-Нур в позднем миоцене и плиоцене (северо-запад Монголии и юг Тувы) // Стратиграфия. Геологическая корреляция или Paleogeography, Paleoclimatology, Paleogeology.
- (8) Юшин К.И. и др. Новые данные о неоген-четвертичном вулканизме Хангайского нагорья, Монголия // Доклады РАН. Науки о Земле или Геотектоника.
- (9) Трифонов В.Г., Бачманов Д.М. Тектоническая позиция и возраст мезозойско-палеогеновых офиолитовых зон азиатской части Альпийско-Гималайского пояса // Геотектоника.
- (10) Трифонов В.Г., Бачманов Д.М. Соотношение активных разломов и офиолитов в азиатской части Альпийско-Гималайского орогенического пояса // Геотектоника.

Кроме того, будут подготовлены статьи (без уверенности в их издании до конца 2026г.) А.В. Аржанниковой и др. об активных разломах сочленения Монгольского и Гобийского Алтая и С.Ю. Соколова о пространственно-временных особенностях сейсмического цикла и его сравнении с вариациями силы тяжести по данным спутниковой миссии GRACE в области проявлений офиолитового субстрата и современной тектонической активности.

Публикации 1–8 явятся вкладом в изучение активной тектоники, неотектоники и геодинамики севера Центральной Азии, а публикации 1–5, как и статья А.В. Аржанниковой и др., также в оценку сейсмической опасности региона.

Исследование соотношений активных разломов и офиолитов в публикациях 9 и 10, как и исследование С.Ю. Соколовым соотношений активных разломов и офиолитов с сейсмическим циклом и вариациями силы тяжести, представляют новый подход к решению задач геодинамики и оценке масштабов и интенсивности сейсмических воздействий сильных коровых землетрясений и поэтому имеют трансрегиональное значение для изучения сейсмоактивных регионов. В исследуемом регионе этот подход будет использован в решении сеймотектонических и структурно-геоморфологических задач на примерах Тувинской системы впадин и Восточно-Тувинского нагорья, развивавшихся в условиях транспрессии (статьи 3, 4) и юго-западного фланга Байкальской рифтовой зоны – в условиях транстенсии (статья 4).

1.5. Планируемый состав научного коллектива

Научный коллектив:

Трифонов Владимир Георгиевич – руководитель проекта, 88 лет, профессор, доктор геол.-мин. наук, главный научный сотрудник ФГБУН Геологического института РАН, трудовой договор.

Аржанникова Анастасия Валентиновна – 53 года, доктор геол.-мин. наук, ведущий научный сотрудник ФГБУН Института земной коры СО РАН, трудовой договор.

Соколов Сергей Александрович – 37 лет, кандидат геол.-мин. наук, старший научный сотрудник ФГБУН Геологического института РАН, трудовой договор.

Соколов Сергей Юрьевич – 65 лет, доктор геол.-мин. наук, руководитель лаборатории ФГБУН Геологического института РАН, трудовой договор.

Овсяченко Александр Николаевич – 44 года, кандидат геол.-мин. наук, руководитель лаборатории ФГБУН Института физики Земли РАН имени О.Ю. Шмидта, трудовой договор.

Сизов Александр Васильевич – 45 лет, кандидат геол.-мин. наук, старший научный сотрудник ФГБУН Геологического института РАН, трудовой договор.

Бутанаев Юрий Владимирович – 37 лет, заместитель директора ФГБУН Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, трудовой договор.

Кошевой Николай Георгиевич – 27 лет, аспирант, младший научный сотрудник ФГБУН Института физики Земли РАН имени О.Ю. Шмидта, трудовой договор.

Юшин Кирилл Игоревич – 26 лет, научный сотрудник ФГБУН Геологического института РАН, трудовой договор.

Якимова Альбина Александровна – 29 лет, аспирант, младший научный сотрудник ФГБУН Геологического института РАН, трудовой договор.

Вспомогательный персонал:

Осколкова Светлана Викторовна – 71 год, ведущий инженер ФГБУН Геологического института РАН, трудовой договор.

Симакова Александра Николаевна – 63 года, кандидат геол.-мин. наук, ведущий научный сотрудник ФГБУН Геологического института РАН, трудовой договор.

Бачманов Дмитрий Михайлович – 56 лет, кандидат геол.-мин. наук, старший научный сотрудник ФГБУН Геологического института РАН, трудовой договор.

Соответствие профессионального уровня членов научного коллектива задачам проекта на русском языке

Все члены научного коллектива профессионально соответствуют задачам проекта. Это доказали их предыдущие работы по данному проекту.

Содержание проекта

4.1. Основные результаты выполнения Проекта 2022.

При изучении активных разломов и палеосейсмичности доказана позднечетвертичная активность ряда разломов Тувы и Монголии, которые ранее не считались активными. Определена их кинематика, выявлены связанные с ними землетрясения. Описаны структурные проявления Хубсугульского землетрясения 12.01.2021 с $M_w = 6.7$ в Северной Монголии. Определены или уточнены скорости перемещений по крупнейшим активным разломам региона. Для них установлены интервалы повторяемости сильных землетрясений определенной магнитуды. Показано, что эти интервалы в зоне Мондинского разлома (~4 тыс. лет) совпадают в пределах точности расчетов с таковыми в зонах Тункинского и юго-восточной части Главного Саянского разломов, продолжающих Мондинский разлом на восток. По-видимому, в течение последних 13–14 тыс. лет вся Тункино-Мондинская зона активизировалась в эпохи общих сейсмических кластеров. В зоне Северо-Хубсугульского разлома землетрясения имели меньшую магнитуду и повторялись чаще, что связано с воздействием Хангайского плюма. Полученные данные об активных разломах наращивают знания о проявлениях активной тектоники и современной геодинамики и являются важным вкладом в оценку сейсмической опасности региона.

При изучении новейшей структуры и ее соотношений с глубинным строением региона выделены два новейших структурных парагенеза. Первый парагенез образован активными разломами. Крупнейшие из них составляют единую систему нарушений, сформированных в условиях СВ–ЮЗ относительного сжатия и СЗ–ЮВ растяжения. При этом на западе и в центре региона доминирует транспрессия, а на северо-востоке (Байкал и Забайкалье) – транстенсия и растяжение. Между субширотными Хангайским разломом и Тункино-Мондинской зоной разломов с доминирующими левосдвиговыми смещениями развивается парагенез активных разломов II порядка. Он образован Цэцэрлегским и Эрзин-Агардагским левыми сдвигами СВ простирания и зоной левосдвиговых деформаций (субмеридиональные грабены и субширотные структуры надвигания) между Эрзин-Агардагским разломом и Тункино-Мондинской зоной. Этот парагенез сформирован в условиях субмеридионального сжатия и субширотного растяжения. Отклонение напряжений от главного парагенеза может быть связано с вращением блока.

Второй, Хангайский, структурный парагенез образован сводовыми поднятиями Хангайского и Хэнтэйского нагорий, поясом впадин, обрамляющим своды с юго-востока, и С-образным поясом впадин, окружающим Хангайский свод с севера (Южно-Байкальская, Тункинские и Тувинские впадины), запада (Убсунурская впадина и Котловина Больших Озер) и юга (Долина Озер), а также крупными разломами, ограничивающими С-образный пояс впадин с внешней стороны. Выполненные стратиграфические и палеонтологические исследования уточнили историю развития Убсунурской впадины и Котловины Больших Озер в миоцене и плиоцене. Анализ сейсмотомографических данных модели М1ТР08 выявил местоположение и строение Хангайского внутримантийного плюма, восходящего с глубин 1250–1300 км. Его самая глубокая часть находится под наиболее поднятой южной частью Хангайского свода. Проекция плюма охватывает структуры Хангайского парагенеза. Здесь сосредоточен меловой и кайнозойский базальтовый вулканизм мантийного происхождения. Показано, что его проявления принадлежат к тефритам, фонолитовым тефритам и трахиандезибазальтам и на диаграммах располагаются в поле внутриплитных щелочных базальтов. Полагаем, что

Хангайский парагенез образован воздействием плюма. Исследовано соотношение Хангайского парагенеза с парагенезом активных разломов, который является продуктом интерференции воздействия Сибирской платформы, удаленных воздействий Индийской плиты и процессов на восточной окраине Азии. Активные разломы являются элементами современной тектоники. Для крупнейших из них доказано унаследованное развитие с начала плейстоцена или плиоцена. На северном борту Убсунурской впадины и в Тункино-Мондинской зоне выявлено наложение активных разломом на длительно развивавшиеся структуры Хангайского парагенеза. Вместе с тем, крупные структуры Хангайского парагенеза, возникшие не позднее позднего олигоцена, развиваются до сих пор. Грабены, сходные с грабенами парагенеза активных разломов, формировались в Забайкалье с мелового времени. Активные разломы являются структурообразующими элементами неотектоники Монгольского и Гобийского Алтая. Таким образом, парагенезы развивались одновременно. Их сосуществование оказалось возможным, поскольку они связаны с геодинамическими воздействиями разных уровней тектоносферы: литосферы для парагенеза активных разломов и подлитосферной мантии для Хангайского парагенеза.

Внутримантийные плюмы Хангайский, Тибетский и Мьянма-Юннань образуют субмеридиональный ряд плюмовых образований, восходящих из верхов нижней мантии (1250–1550 км) и этим отличающихся от верхнемантийных плюмов и суперплюмов. Внутримантийные плюмы занимают определенное положение в глобальной структуре мантии и оказывают воздействие на кайнозойскую структуру земной коры и магматизм. Надвигание Гималайской дуги навстречу пододвиганию Индийской плиты связано с растяжением над Тибетским плюмом подобно тому, как встречное поддвигу надвигание Зондской дуги связано с растяжением Андаманского задугового моря

Обоснование сохранения актуальности изучаемой в рамках Проекта 2022 научной проблемы.

Результаты работ 2022-2024 являются важным вкладом в познание неотектоники, новейшей геодинамики и сейсмической опасности Центральной Азии, имеющее важное значение для решения аналогичных задач во всей Евразии и сохраняющее актуальность.

4.2. Новые задачи, которые предполагается решить в рамках Проекта 2025, их научная значимость, масштабность и новизна. Взаимосвязь Проекта 2025 с Проектом 2022, обоснование их научного единства.

Предлагаемые исследования являются логичным продолжением работ 2022–2024 гг. по проекту РФФ № 22-17-00049. Продление проекта направлено на достижение двух целей, т.е. решение двух групп задач.

Первая цель – решение задач проекта, которые не нашли окончательного ответа в ходе работ 2022–2024 гг. Для достижения этой цели предполагается проведение дополнительных полевых работ на принципиально важных объектах и окончательная обработка материалов исследований 2022–2024 гг., не доведенных до стадии публикации результатов, а также полученных в ходе полевых работ 2025–2026 гг. Такими принципиально важными представляются: (1) активные разломы Хамар-Дабана как области перехода от режима транспрессии в Монголии и Туве к режиму транстенсии и растяжения в Байкальском рифте и Забайкалье; (2) области сочленения активных правых сдвигов ССЗ простирания в Монгольском Алтае (Кобдинский, Ачит-Нурский и Цаган-Шибэтинский разломы) и на юго-востоке Каахемской зоны разломов Тувы с активными субширотными левыми сдвигами

(Шапшальский, Южно-Таннуольский, Центрально-Тувинский и др.) в Северной Монголии и ЮЗ Туве для выяснения их структурных соотношений, оценки параметров и сейсмического потенциала; предполагается более углубленное изучение этих разломов, обследованных нами в 2022–2024 гг., особенно в узлах их непосредственного сочленения как предполагаемых очагов сильнейших землетрясений (3) недостаточно изученные субширотные разломы Тувы (Центрально-Тувинская и Шуйская зоны разломов, разломы Хемчикской впадины) для оценки их параметров и сейсмического потенциала; (4) недостаточно изученные стратотипические разрезы и местонахождения фауны Котловины Больших Озер и соседних впадин обрамления Хангайского нагорья для определения их палеогеографии и тектонической эволюции; (5) проявления вулканизма на Хангайском нагорье, где необходимо завершить аналитические работы по петро-геохимическому изучению базальтов и определению их радиоизотопного возраста. Эти работы закроют пробелы в исследованиях 2022–2024 гг. и явятся новым вкладом в изучение сейсмотектоники, неотектоники и новейшей геодинамики региона.

Вторая цель – развитие новых направлений решения задач проекта. Первое направление – определение роли офиолитового субстрата в локализации активных разломов и интенсивности перемещений по ним. Насколько нам известно, такая постановка задачи предлагается впервые. Выполненные исследования показали, что активные разломы подвижных поясов нередко приурочены к офиолитовым зонам, и в них протяженность сейсмогенных разрывов и величины смещений при сильных коровых землетрясениях возрастают. Исследование соотношений офиолитов и активных разломов предполагается начать с мезозойско-палеогеновых офиолитов Альпийско-Гималайского пояса, где офиолиты подверглись минимальным последующим воздействиям. Затем подобные работы будут проведены на севере Центральной Азии в разломных зонах областей распространения палеозойских офиолитов. Будет изучена наметившаяся связь с офиолитами параметров Эрзин-Агардагской, Каахемской, Саяно-Тувинской, Саяно-Минусинской, Белино-Бусийнгольской и Тайрисингольской зон активных разломов, а также Шапшальского и Кобдинского разломов, где такая связь выражена менее отчетливо, и Шуйского разлома, активность которого не очевидна. Эти исследования, которые отчасти будут проводиться в ходе указанных выше полевых работ, сопряжены с изучением соотношений активных разломов и дизъюнктивных границ протерозойских и палеозойских террейнов региона. Значение изучения соотношений активных разломов и офиолитов выходит за региональные рамки и важны для определения геодинамики и оценки масштабов и интенсивности воздействий сильных коровых землетрясений в других сейсмоактивных регионах.

Второе новое направление – определение вращения блоков континентальной коры по палеомагнитным данным (угловым характеристикам остаточной намагниченности). Подобные исследования известны в разных подвижных поясах, но в регионе наших работ будут проводиться впервые. Данные, полученные в ходе реализации проекта, указывают на возможность вращения межразломных блоков. Предполагается продолжить изучение неоген-четвертичных базальтов Хангайского нагорья с отбором необходимых образцов и определением угловых характеристик остаточной намагниченности базальтов. Решение задачи вращения блоков важно для определения происхождения новейших сдвигов в тектонически активных регионах.

4.3. Предлагаемые методы и подходы, общий план работы на весь срок выполнения Проекта 2025 и ожидаемые результаты (в том числе указываются ожидаемые)

В изучении активных разломов, палеосейсмичности, новейшей структуры, истории ее развития, проявлений новейшего вулканизма и глубинного строения региона будут использованы, в основном, те же методы и подходы, какие применялись в проекте 2022–2024 гг. Выявление и диагностика активных разломов и проявлений палеосейсмичности в их зонах, определение скоростей позднечетвертичных перемещения и возраста сейсмических событий будут производиться путем анализа дистанционных материалов высокого разрешения, получаемых с помощью квадрокоптера, использования структурно-геоморфологических и структурно-геологических методов, геоморфологического профилирования и картирования, тренчинга, OSL датирования геоморфологических уровней и ¹⁴C датирования материалов тренчинга. Новым в этом направлении исследований станет более углубленный анализ структурных рисунков, образуемых активными разломами для определения геодинамических условий их формирования и более широкое использование археологических методов определения кинематики разломов и возраста палеоземлетрясений.

Для выяснения структуры и истории формирования новейших впадин как отражения неотектонической эволюции региона будут проведены структурно-геологические исследования, поиски и анализ местонахождений биоты в изучаемых разрезах более широкого стратиграфического диапазона, чем это делалось прежде, и с привлечением данных по группам ископаемой фауны, которым прежде не придавалось стратиграфического значения. При изучении новейшего вулканизма Хангайского нагорья будут определены его положение в новейшей структуре, соотношения с разновозрастными формами рельефа, выполнено K-Ar датирование и применен широкий спектр петрографических, минералогических и геохимических методов для определения вещественного состава и характеристики магматических очагов.

Принципиально новым подходом к изучению новейшей геодинамики и оценке последствий сильных землетрясений является исследование соотношений активных разломов и офиолитов. Исследования, выполненные при участии авторов проекта, показали, что в офиолитовых зонах увеличивается интенсивность перемещений по активным разломам, а при сильных землетрясениях возрастают длина сейсмогенных разрывов и амплитуды перемещений по ним при том, что очаги таких землетрясений не выходят за пределы верхней части земной коры. Исследования соотношений активных разломов и офиолитов направлены на определение структурного положения и геометрии активных разломов и офиолитовых тел и опираются на опубликованные материалы и геологические карты, а также результаты работ авторов проекта. Полевые наблюдения будут проведены в Монголии и Туве в зонах активных разломов, нарушающих палеозойский офиолитовый субстрат, например, на некоторых субширотных разломах Тувы и на юго-востоке Каахемской зоны разломов.

Палеомагнитные исследования с целью определения возможности вращения межразломных блоков опираются на структурно-геологические данные изучения активных сдвигов, полученные в 2022–2024 гг. и показавшие возможность вращения таких блоков. Палеомагнитные исследования предполагают отбор ориентированных образцов и определение угловых характеристик остаточной намагниченности неоген-четвертичных базальтов, обладающих высокой интенсивностью магнитного сигнала, достаточной для анализа такого рода. Предлагается следующий план выполнения проекта.

2025 г. Целью полевых работ А.В. Аржанниковой будет изучение активной

тектоники хр. Хамар-Дабан как области перехода от геодинамического режима транспрессии в Туве, Западной и Центральной Монголии к режиму транстенсии и растяжения в Байкальском рифте и Забайкалье. Объектом полевых работ будет исследование ограничивающего Хамар-Дабан с юго-востока Хамбинского разлома – его кинематики на разных стадиях развития и сейсмического потенциала. Имеющиеся данные о кинематике разлома противоречивы. Будет также продолжена обработка полученных в 2024 г. полевых материалов об активных разломах Хараус-Нуруу и Дарвийн Нуруу, представляющих активную тектонику области сочленения Монгольского и Гобийского Алтая.

А.Н. Овсученко, Ю.В. Бутанаев и Н.Г. Кошевой выполнят полевые работы на северо-западе Монголии и Туве с целью охарактеризовать субширотные активные разломы Тувы (Центрально-Тувинская и Шуйская зоны разломов, Хемчикская впадина) и области их сочленения с разломами Монгольского Алтая (смыкание хребтов Танну-Ола, Шапшальского и Монгольского Алтая) для оценки их структурных соотношений, параметров активности и роли офиолитового субстрата в их геодинамике и сейсмическом потенциале.

С.А. Соколов, А.В. Сизов, К.И. Юшин и А.А. Якимова проведут экспедиционные работы на северном склоне Хангайского нагорья, в области распространения кайнозойских щелочных базальтов, как в долине реки Чулуут-Гол, к югу от субширотного Хангайского разлома, так и к северу от него. Разновозрастные неоген-четвертичные базальты будут опробованы палеомагнитным методом с целью восстановления параметров вращения блоков земной коры, разделенных крупными новейшими разломами. Для проведения этих исследований будут получены датировки К-Аг методом опробованных пород, а также изучены их геохимические, петрографические и минералогические особенности с целью продолжения изучения геодинамических параметров новейшего вулканизма севера Монголии.

Будут продолжены стратиграфические и палеогеографические исследования Котловины Больших Озер, в частности на обнажениях Чоно-Хариах. Будут уточнены возрастные границы свит хиргис-нур и алтын-тели, а также особенности их геологического строения и его связь с ростом соседних новейших поднятий. Будут собраны материалы на термохронологию трековым методом по апатиту и циркону для восстановления истории тектонической эволюции региона в кайнозое, а также изучены активные разломы этой территории. Будет составлена схема соотношения офиолитовых комплексов Тувино-Монгольского региона, границ крупных палеозойских тектонических блоков и активных разломов и их параметров, что послужит основой для дальнейшего анализа соотношений между этими структурными образованиями.

С.Ю. Соколов исследует пространственно-временные особенности сейсмического цикла в сравнении с вариациями силы тяжести по данным спутниковой миссии GRACE в областях проявлений офиолитового субстрата и современной тектонической активности.

В.Г. Трифионов и Д.М. Бачманов исследуют распространение и условия залегания мезозойско-палеогеновых офиолитов в азиатской части Альпийско-Гималайского пояса, их соотношения с расположением и параметрами активных разломов и особенности очагов сильнейших коровых землетрясений в офиолитовых зонах. Будут подготовлены к опубликованию две статьи на эту тему.

2026 г. А.В. Аржанникова проводит экспедиционные работы вдоль древнего Джидино-Витимского структурного шва, который протягивается на сотни км параллельно Байкальскому рифту и несет следы позднечетвертичной активизации. Упомянутый выше Хамбинский разлом является частью этой зоны. Будет выполнено ее морфотектоническое и палеосейсмогеологическое изучение с целью определения

ее сейсмического потенциала, поскольку она может представлять опасность для г. Улан-Удэ и других населенных пунктов, расположенных непосредственно вдоль этой зоны.

Планируется также изучить неотектоническое развитие ЮЗ фланга Байкальского рифта. Многочисленные модели предполагают двухэтапную историю его формирования: фазу «медленного рифтогенеза», характеризовавшуюся палеоцен-миоценовым накоплением мелкозернистых отложений, и последующую фазу «быстрого рифтогенеза», начавшуюся около 7–5 млн лет назад, и соответствующую позднемиоцен-четвертичным гораздо более грубым отложениям (e.g. Logatchev and Florensov, 1978; Logatchev and Zorin, 1987; Logatchev et al., 1996; Logatchev, 2003; Petit and Déverchère, 2006). Предполагается, что древние бассейны Байкальского рифта имели более широкие площади, чем современные, и только с началом стадии «быстрого рифтинга» сформировались их современные границы. Вопрос о том, насколько широки были эти бассейны, как менялись их источники сноса, и в какой момент впадины начали развиваться по разломо-контролируемой системе грабен/горст, до сих пор остается открытым. Мы предлагаем восполнить этот пробел путем изучения эволюции источников сноса неоген-четвертичных осадков Тункинской системы впадин с помощью U-Pb датирования детритовых цирконов. В рамках проекта 2022–2024 гг. были отобраны образцы из выходов неогеновых отложений, соответствующих обеим стадиям Байкальского рифтогенеза, и проведена их пробоподготовка. В рамках продленного проекта планируется датирование детритовых цирконов, что даст возможность провести изучение эволюции источников сноса и определить, менялись ли бассейны седиментации на разных фазах рифтогенеза.

Группа А.Н. Овсяченко планирует изучить крупнейшие активные разломы тектонического узла на северо-западе Монголии и юго-западе Тувы в районе смыкания хребтов Танну-Ола, Шапшальского и Монгольского Алтая (Кобдинский, Шапшальский, Южно-Таннуольский, Ачит-Нурский, Цаган-Шибэтинский разломы) для оценки их структурных соотношений, параметров активности и роли офиолитового субстрата в их геодинамике и сейсмическом потенциале.

Группа С.А. Соколова продолжит палеомагнитные и петролого-геохимические исследования неоген-четвертичных базальтов. Работы будут сконцентрированы в северных областях Хангайского нагорья, к северу от Хангайского разлома. На примере Хангайского и Цэцэрлэгского разломов, а также разломов субмеридианальных грабенообразных впадин (Бусингольской, Дархатской и Хубсугульской), будут исследованы локальные примеры соотношения офиолитовых комплексов и палеозойских тектонических структур с активными разломами. Альтернативным районом таких исследований может стать зона Эрзин-Агордагского разлома на территории Тувы. Будут продолжены стратиграфические исследования Котловины Больших Озер, а также позднекайнозойской тектонической истории ее обрамления на основе трекового анализа.

По результатам работ будут подготовлены статьи.

С.Ю. Соколов завершит исследования 2025 г. подготовкой соответствующей статьи.

В.Г. Трифионов совместно с другими участниками проекта обобщит результаты изучения соотношений активных разломов с палеозойскими офиолитами и границами протерозойских и палеозойских террейнов региона

4.4. Обоснование достижимости решения поставленной задачи (задач) и возможности получения запланированных результатов.

Достижимость решения поставленных задач и получения запланированных результатов обеспечена: (1) методической подготовленностью и опытом исполнителей; (2) концентрацией запланированных работ на ограниченном количестве узловых задач и объектов; (3) большим задельем в виде материалов 2022–2024 г., которые будут обработаны и опубликованы в 2025–2025 гг. в качестве результатов работ по проекту; (3) обеспеченностью получения необходимых аналитических данных наличием собственных материально-технических ресурсов и отработанной системы услуг сторонних организаций.

4.5. Перечень оборудования, материалов, информационных и других ресурсов, имеющихся у научного коллектива для выполнения проекта

Все исполнители проекта оснащены персональными компьютерами и ноутбуками, необходимыми для выполнения работ. В распоряжении коллектива имеется следующее оборудование для осуществления проекта: (1) квадрокоптер DJI mini SE; (2) квадрокоптер DJI mavic 2; (3) микроскоп поляризационный Motic Polarizing Microscope BA310 Pol; (4) камера для поляризационного микроскопа Motic Moticom 5+; (5) бинокляр Микромед MC-4 Zoom LED; (6) камера для бинокляра TOUPCAM UA1000CA; (7) окулярный адаптер FMA050 с фиксированным фокусным расстоянием и увеличением 0,5x для подключения цифровых и аналоговых камер.

Отлажены и реализуются связи с другими сотрудниками Геологического института РАН и Института земной коры СО РАН, которые при необходимости участвуют в полевых работах, обеспечивают выполнение химических анализов, палеонтологических определений и некоторых других аналитических работ. Отлажены связи с другими организациями и сотрудниками, которые на коммерческих началах обеспечивают выполнение прочих аналитических работ. Подготовлен и предусмотрен сметой перечень оборудования, которое надо приобрести в 2025 г. для выполнения проекта.

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

Для реализации задач проекта планируется проведение экспедиционных работ сроком до 30–40 дней в Монголии, Туве и Бурятии.

Целью полевых работ А.В. Аржанниковой будет изучение активной тектоники хр. Хамар-Дабан как области перехода от геодинамического режима транспрессии в Туве, Западной и Центральной Монголии к режиму транстенсии и растяжения в Байкальском рифте и Забайкалье. Объектом полевых работ будет ограничивающий Хамар-Дабан с юго-востока Хамбинский разлом – его кинематика на разных стадиях развития и сейсмический потенциал. Имеющиеся данные о кинематике разлома противоречивы. Будет начата обработка полевых материалов 2025 г. и продолжена обработка полевых материалов 2024 г. по активным разломам Хараус-Нуруу и Дарвийн Нуруу, представляющим активную тектонику области сочленения Монгольского и Гобийского Алтая.

А.Н. Овсяченко, Ю.В. Бутанаев и Н.Г. Кошевой выполнят полевые работы на северо-западе Монголии и в Туве с целью охарактеризовать субширотные активные разломы Тувы (Центрально-Тувинская и Шуйская зоны разломов, разломы Хемчикской впадины) и области их сочленения с разломами Монгольского Алтая (смыкание хребтов Танну-Ола, Шапшальского и Монгольского Алтая) для оценки их

структурных соотношений, параметров активности и роли офиолитового субстрата в их геодинамике и сейсмическом потенциале.

С.А. Соколов, А.Н. Сизив, К.И. Юшин и А.А. Якимова проведут экспедиционные работы на северном склоне Хангайского нагорья, в области распространения кайнозойских щелочных базальтов, как в долине реки Чулуут-Гол, к югу от субширотного Хангайского разлома, так и к северу от него. Разновозрастные неоген-четвертичные базальты будут опробованы палеомагнитным методом с целью восстановления параметров вращения блоков земной коры, разделенных крупными новейшими разломами. Для проведения этих исследований будут получены датировки К-Аг методом опробованных пород, а также изучены их геохимические, петрографические и минералогические особенности с целью продолжения изучения геодинамических параметров новейшего вулканизма севера Монголии.

Будут продолжены стратиграфические и палеогеографические исследования Котловины Больших Озер, в частности на обнажениях Чоно-Хариах. Будут уточнены возрастные границы свит хиргис-нур и алтын-тели, а также особенности их геологического строения и его связь с ростом соседних новейших поднятий. Будут собраны материалы на термохронологию трековым методом по апатиту и циркону для восстановления истории тектонической эволюции региона в кайнозое, а также изучены активные разломы этой территории. Будет составлена схема соотношения офиолитовых комплексов Тувино-Монгольского региона, границ крупных палеозойских тектонических блоков и активных разломов и их параметров, что послужит основой для дальнейшего анализа соотношений между этими структурными образованиями.

С.Ю. Соколов исследует пространственно-временные особенности сейсмического цикла в сравнении с вариациями силы тяжести по данным спутниковой миссии GRACE в областях проявлений офиолитового субстрата и современной тектонической активности.

В.Г. Трифонов и Д.М. Бачманов исследуют распространение и условия залегания мезозойско-палеогеновых офиолитов в азиатской части Альпийско-Гималайского пояса, их соотношения с расположением и параметрами активных разломов и особенности очагов сильнейших коровых землетрясений в офиолитовых зонах. Будут подготовлены к опубликованию две статьи на эту тему.

4.7. Планируемое на первый год содержание работы каждого основного исполнителя проекта

А.В. Аржанникова – структурно-геоморфологические и палеосейсмологические работы на юго-востоке Хамар-Дабана (Хамбинский разлом); обработка материалов по разломах Хараус-Нуруу и Дарвийн Нуруу в области сочленения Монгольского и Гобийского Алтая; подготовка статьи по тематике проекта.

Ю.В. Бутанаев – участие в полевых работах и обработке материалов по параметризации субширотных активных разломов Тувы и области их сочленения с активными разломами Монгольского Алтая, оценке их структурных соотношений и роли офиолитового субстрата в их геодинамике и сейсмическом потенциале.

Н.Г. Кошевой – участие в полевых работах и обработке материалов по параметризации субширотных активных разломов Тувы и области их сочленения с активными разломами Монгольского Алтая, оценке их структурных соотношений и роли офиолитового субстрата в их геодинамике и сейсмическом потенциале.

А.Н. Овсяченко – ведущее участие в полевых работах и обработке материалов по параметризации субширотных активных разломов Тувы и области их сочленения с активными разломами Монгольского Алтая, оценке их структурных соотношений и роли офиолитового субстрата в их геодинамике и сейсмическом потенциале;

подготовка к публикации и издание статей по тематике проекта.

А.В. Сизов – ведущее участие в стратиграфическом, палеонтологическом и палеогеографическом изучении Котловины Больших Озер, в частности на обнажениях Чоно-Хариах, уточнении возрастных границ свит хиргис-нур и алтын-тели и изменении их вещественного состава и строения в связи с ростом соседних новейших поднятий; участие в изучении вулканизма и палеомагнетизма базальтов Хангайского нагорья.

С.А. Соколов – ведущее участие в изучении палеомагнетизма неоген-четвертичных базальтов Хангайского нагорья с целью определения угловых характеристик их остаточной намагниченности для оценки возможности вращения межразломных блоков, участие в изучении строения новейших отложений Котловины Больших Озер и роли офиолитов в локализации и изменении параметров активных разломов.

С.Ю. Соколов - исследование пространственно-временных особенностей сейсмического цикла в сравнении с вариациями силы тяжести по данным спутниковой миссии GRACE в областях проявлений офиолитового субстрата и современной тектонической активности.

В.Г. Трифонов – исследование соотношений офиолитов и активных разломов; подготовка к опубликованию двух статей по этой теме.

К.И. Юшин – ведущее участие в К-Аг датировании и петро-геохимическом изучении базальтов Хангайского нагорья; участие в их палеомагнитном изучении и изучении стратиграфии Котловины Больших Озер.

А.А. Якимова – определение фауны мелких млекопитающих, участие в изучении неоген-четвертичной стратиграфии и палеогеографии Котловины Больших Озер.

4.8. Ожидаемые в конце первого года конкретные научные результаты

Ожидаемые к концу 2025 г. результаты будут представлены в опубликованных статьях:

1. Овсяченко А.Н. и др. Повторяемость сильных землетрясений в очаге Цэцэрлэгского землетрясения 9.07.1905 в Северной Монголии // Доклады РАН. Науки о Земле.

2. Овсяченко А.Н. и др. Морфоструктура Ужепского тектонического узла в восточной Туве (долина р. Малый Енисей) // Геосферные исследования.

3. Соколов С.А. и др. Четверичные надвиги на южном склоне хребта Хан-Хухэй, Центральная Монголия // Доклады РАН. Науки о Земле.

Кроме того, будут подготовлены к сдаче в печать следующие статьи:

(1) Аржанникова А.В. и др. Морфотектонические и палеосейсмогеологические исследования в зоне Темникского разлома (южное ограничение хребта Хамар-Дабан) // Геотектоника.

(2) Овсяченко А.Н. и др. Очаг сильных землетрясений в Хемчикской впадине (Западная Тува): исследования методами палео- и археосейсмологии // Геотектоника.

(3) Овсяченко А.Н. и др. Хубсугульское землетрясение 12.01.2021 с $M_w=6.7$ в Северной Монголии и сеймотектонический режим рифтовых впадин юго-западного фланга Байкальской рифтовой зоны // Вопросы инженерной сейсмологии.

(4) Сизов А.В. и др. Новые данные о местонахождении неогеновых позвоночных Хиргис-Нур-2 и палеогеография Котловины Больших Озер и впадины Убсу-Нур в позднем миоцене и плиоцене (северо-запад Монголии и юг Тувы) // Стратиграфия. Геологическая корреляция или Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology.

(5) Трифонов В.Г., Бачманов Д.М. Тектоническая позиция и возраст мезозойско-палеогеновых офиолитовых зон азиатской части Альпийско-Гималайского пояса // Геотектоника.

(6) Трифонов В.Г., Бачманов Д.М. Соотношение активных разломов и офиолитов в азиатской части Альпийско-Гималайского орогенического пояса // Геотектоника.