

**Проект РНФ № 22-17-00049 на 2022-2024 гг.
Неотектоника и активная тектоника северной части Центральной Азии**

Аннотация проекта

Смысл исследований по предлагаемому проекту состоит в проверке гипотезы, возникшей в результате работ, проведенных участниками проекта в последние годы. Суть гипотезы заключается в том, что новейшая структура севера Центральной Азии (территории от Гобийского Алтая на юге до Саян на севере и от Монгольского Алтая на западе до восточного края Хангайского нагорья и Байкальской рифтовой зоны на востоке) представляет собой продукт сочетания двух структурных парагенезов. Первый парагенез образован овальным сводовым поднятием Хангайского нагорья, наиболее возвышенным в южной части, и С-образным поясом впадин, окружающим поднятие и протягивающимся от Долины Озер через Котловины Больших Озер, впадины Убсу-Нур, Тувинские и Тункинские до Южного Байкала и Баргузинской впадины. Второй парагенез выражен активными разломами региона, возникших в едином поле напряжений. Среди них ведущая роль принадлежит сдвигам и взбросо-сдвигам, и с ними геодинамически связаны структуры растяжения Байкальской рифтовой зоны и сбросо-сдвиги ее северо-восточного продолжения. Под Хангайским нагорьем, его южным и северо-восточным обрамлением предварительно выявлено существование внутримантийного плюма, восходящего с глубины ~1250 км, с ответвляющимся от него на глубинах 700–800 км Хэнтэйским плюмом. Возможность выражения в новейшей структуре региона двух столь различных парагенезов может объясняться по-разному. Можно допустить, что структуры первого парагенеза обусловлены воздействием мантийного плюма, тогда как второй парагенез является отражением коллизионного взаимодействия литосферных блоков, т.е. парагенезы обусловлены геодинамическими процессами, происходящими на разных глубинах. Существенно и то, что элементы первого парагенеза наиболее активно развивались в миоцене, тогда как второй парагенез сформировался в плиоцен-четвертичное время, хотя важные элементы структуры Байкальской рифтовой зоны зародились раньше. Неясным остается, в какой мере каждый из парагенезов обусловил поднятие горных хребтов, усилившееся в плиоцене-квартере. Цель проекта – определить справедливость этой гипотезы и, если она окажется в общих чертах правильной, дать ей более корректное, детальное и разностороннее обоснование. Для достижения указанной цели планируется решение следующих задач.

1. Характеристика новейшей структуры Хангайского и Хэнтэйского нагорий и горных хребтов региона, Гобийского и Монгольского Алтая, Саян и хребтов, служащих перемычками между ячеями С-образной системы впадин.
2. Характеристика новейшей структуры впадин С-образной системы и их ограничений, а также новейших отложений этих впадин с целью восстановления истории их развития с учетом ранее выполненных исследований.
3. Уточнение кинематики и режима голоценового развития известных активных разломов региона; определение соотношений между разломами Тувы и Тункино-Мондинской системы; выявление новых плиоцен-четвертичных разломов, их параметризация и оценка позднечетвертичной активности; пополнение и коррекция базы данных активных разломов региона исследований.
4. Уточнение строения верхней мантии региона; построение 3D модели Хангайского плюма, ее сравнение с 3D моделями Тибетского плюма, Эфиопско-Афарского и Тихоокеанского суперплюмов на основе анализа различных баз сейсмографических данных; сопоставление характеристик вертикальных движений, приведших к новейшему горообразованию, со строением верхней мантии региона с целью оценки ее роли и роли коллизионных взаимодействий как источников новейших поднятий.

5. Изучение структурной позиции новейшего вулканизма – вулканов и областей извержений; их сопоставление со строением верхней мантии и разломами земной коры.
6. Обобщение полученных новых данных и результатов предшествовавших исследований с целью проверки и коррекции предложенной модели неотектоники севера Центральной Азии.

Решение поставленных задач предусматривает проведение ежегодных экспедиционных работ по изучению неотектоники и активных разломов в Центральной и Северной Монголии, Туве и области между Тувинскими и Тункинскими новейшими впадинами.

Актуальность решения поставленных задач и проблемы в целом обусловлена отсутствием внутренне согласованной тектонической модели, охватывающей разнообразные элементы новейшей структуры севера Центральной Азии и их происхождение. Предложенная нами модель новейшей структуры как сочетания двух структурных парагенезов разного происхождения является попыткой объяснить это разнообразие, но требует дополнительного обоснования и усовершенствования. Новизна предлагаемых исследований обусловлена, прежде всего, новизной гипотезы, проверка и коррекция которой составляет суть проекта.

Ожидаемые результаты и их значимость

1. Выявление в регионе ранее неизвестных активных разломов, определение их структурно-кинематических параметров и проявлений палеосейсмичности; систематизация активных разломов региона, как ранее известных, так и вновь установленных, уточнение их параметров и соотношений; оценка напряженно-деформированного состояния региона по данным об активных разломах и источниках их образования.
2. Определение строения верхней мантии региона путем анализа сейсмотомографических данных глобальной сети; характеристика Хангайского внутримантийного плюма и его ответвлений как нового типа мантийных образований, промежуточного между глобальными суперплюмами типа Эфиопско-Афарского и верхнемантийными плюмами.
3. Характеристика новейшей (олигоцен-четвертичной) структуры региона и истории ее формирования.
4. Определение относительной роли коллизионного взаимодействия плит и блоков литосферы и воздействия глубинных мантийных источников в формировании новейшей структуры региона на разных стадиях ее развития.

Достигнутые результаты позволят существенно продвинуться в познании соотношений тектонических проявлений взаимодействия плит и блоков континентальной литосферы и геодинамического воздействия подлитосферных мантийных преобразований. Опыт, полученный на примере выбранного региона, может быть использован при анализе структуры (не только новейшей, но и более древней) других континентальных регионов, по меньшей мере, в Центральной Азии и ее окружении. Результаты изучения позднечетвертичной активности и, прежде всего, активных разломов и их сейсмического потенциала расширят и скорректируют сейсмотектоническое обоснование оценки сейсмической опасности региона, актуальной для юга Сибири.

Планируемый состав научного коллектива

Трифонов Владимир Георгиевич – 85 лет, проф., доктор геол.-мин. наук, главный научный сотрудник ФГБУН Геологический институт РАН (ГИН РАН) – трудовой договор.

Соколов Сергей Юрьевич – 62 года, доктор геол.-мин. наук, руководитель лаборатории ГИН РАН – трудовой договор.

Аржанникова Анастасия Валентиновна – 50 лет, кандидат геол.-мин. наук, старший научный сотрудник ФГБУН Институт земной коры СО РАН (ИЗК СО РАН) – трудовой договор.

Соколов Сергей Александрович – 34 года, кандидат геол.-мин. наук, старший научный сотрудник ГИН РАН – трудовой договор.

Овсяченко Александр Николаевич – 41 год, кандидат геол.-мин. наук, главный научный сотрудник ИФЗ РАН – трудовой договор.

Симакова Александра Николаевна – 60 лет, кандидат геол.-мин. наук, ведущий научный сотрудник ГИН РАН – трудовой договор.

Бутанаев Юрий Владимирович – 34 года, научный сотрудник Тувинского Института комплексного освоения природных ресурсов СО РАН – трудовой договор.

Гарипова Софья Тимуровна – 24 года, младший научный сотрудник ГИН РАН – трудовой договор.

Юшин Кирилл Игоревич – 23 года, аспирант МГРИ им. Серго Орджоникидзе, младший научный сотрудник ГИН РАН – трудовой договор.

Якимова Альбина Александровна – 25 лет, аспирант МГУ им. Ломоносова, лаборант-исследователь ГИН РАН – трудовой договор.

Научная проблема, на решение которой направлен проектна

Проблема, на решение которой направлен проект, является частью более общей научной проблемы определения особенностей и источников формирования новейшей (олигоцен-четвертичной) структуры Центральной Азии, которая находится между восточным окончанием Альпийско-Гималайского орогенического пояса и западным окончанием Алтае-Станового орогенического пояса и охватывает регион от Гималаев и Памиро-Пенджабского синтаксиса на юге до Алтае-Саянской горной системы на севере. Регион отличается повышенной современной и новейшей тектонической активностью и общим поднятием относительно соседних территорий. Эти особенности региона связывают с воздействием Индо-Евразийской коллизии и процессов, происходящих в верхней мантии (см. раздел 4.5).

Всесторонне исследовать весь этот регион невозможно имеющимися у авторов средствами в рамках трехлетнего проекта РНФ. Поэтому мы сузили проблему территориально, ограничив предлагаемую область исследований северной частью Центральной Азией между Гобийским Алтаем на юге и Саянами на севере, Монгольским Алтаем на западе и восточным окончанием Хангайского нагорья на востоке (рис. 1 в Приложении). Более северо-восточные элементы структуры Байкальской рифтовой системы, хорошо изученные другими исследователями, не станут предметом исследования и будут рассматриваться лишь для определения их соотношений со структурой Хангайского и Хэнтэйского нагорий. Западные ограничения севера Центральной Азии также исключены из рассмотрения, поскольку исследуются нами в рамках проекта РФФИ № 20-05-00441.

Анализ работ предшественников и исследование общих закономерностей неотектоники, активной тектоники и строения верхней мантии Центральной Азии, предпринятое в рамках проекта РНФ № 17-17-01073-п (Трифонов и др., 2021,2), позволяют сформулировать принципиально новую гипотезу об особенностях и происхождении новейшей структуры выбранного региона. Согласно этой гипотетической модели, новейшая структура региона образована сочетанием двух структурных мегапарагенезов.

Центральным звеном первого парагенеза является сводовое поднятие Хангайского нагорья, продолжающееся на север до Байкало-Мондинской (Тункино-Мондинской) зоны разломов. Наибольшие гипсометрические высоты (до 4 км) приурочены к южной части свода. Свод обрамлен с юга, запада и севера С-образной системой впадин. Они представлены впадинами Долины Озер на юге, Котловины Больших Озер, включая оз. Убсу-Нур на западе, Кызыльской, Тункинской и более мелкими впадинами на севере. Восточным продолжением северного ряда впадин может быть миоценовая впадина Южного Байкала, существовавшая до формирования Байкальского рифтового грабена (Логачев, 2003). Внешним обрамлением пояса впадин являются новейшие поднятия Гобийского и Монгольского Алтая, Западных и Восточных Саян. Под Хангайским нагорьем и его южным обрамлением по сейсмотомографическим данным выделен Хангайский плюм. Он имеет форму воронки, достигающей наибольшей глубины 1250 км под южной частью Хангайского нагорья. Хэнтэйское нагорье образует свод меньших размеров. Под ним также выделяется внутримантийный плюм. Он прослежен до глубин 700–800 км, где соединяется каналом с Хангайским плюмом, т.е. является его ответвлением. На Хангайском и Хэнтэйском сводах и их обрамлениях проявлен новейший базальтовый вулканизм плюмового типа (см. раздел 4.5).

Второй парагенез образован системой разломов с признаками плиоцен-четвертичных движений; многие из них сохраняют активность до сих пор (см. раздел 4.5). Пространственная ориентировка и структурные сочетания разломов разного кинематического типа отражают их взаимосвязь и формирование в едином поле близгоризонтальных тектонических напряжений, в котором ось относительного сжатия направлена субмеридионально на западе региона и становится северо-восточной (при северо-западном относительном растяжении) на остальной его территории. Элементами этого парагенеза являются также Байкальская рифтовая зона и ее СВ продолжение. Движениям по разломам второго парагенеза соответствуют некоторые складчатые и блоковые новейшие тектонические формы, например, поднятия Гобийского и Монгольского Алтая, хребтов Танну-Ола и других. Однако роль каждого из парагенезов в формировании этих поднятий неясны. Научная проблема, на решение которой направлен проект (цель проекта) – определить справедливость этой гипотезы и, если она окажется в общих чертах правильной, дать ей более корректное, детальное и разностороннее обоснование.

Конкретные задачи в рамках проблемы, на решение которых направлен проект

Предлагаемая гипотеза способна объяснить многие особенности неотектоники севера Центральной Азии, но сохраняет неопределенности и вызывает ряд вопросов, требующих проведения новых исследований.

I. Как могут сосуществовать в одном регионе два новейших структурных мегапарагенеза, различающиеся геодинамически? Первый парагенез связан с доминирующим вертикальным сжатием, а второй – с горизонтальными напряжениями. Этому можно предложить три объяснения.

(1) Парагенезы развивались в разное время, первый – в олигоцене и миоцене, испытывая в дальнейшем лишь постумные инерционные преобразования, а второй – в плиоцен-четвертичное время, хотя его отдельные элементы (например, Байкальский рифт) начали развиваться раньше. Основанием для такого разделения послужили данные о развитии южной части Байкальского рифта (Логачев, 2003, которую можно рассматривать как сегменты С-образного пояса впадин первого парагенеза. В Байкальском грабене выделяют две стадии развития: первая – «медленного рифтинга», вторая – «быстрого рифтинга». Границу между стадиями датируют концом миоцена (Logachev, Florensov, 1978; Logachev, Zorin, 1987; Мац и др., 2001; Логачев, 2003; Petit, Déverchère, 2006). Однако большинство исследователей считают, что Байкальская рифтовая система изначально развивалась в рифтовой режиме и относят его зарождение к концу мела и палеогену (Mats, 1993; Ярмолюк, Иванов, 2000; Логачев, 2003; Цеховский, Леонов, 2007; Jolivet et al., 2009).

(2) Парагенезы отражают тектонические процессы, происходящие на разных уровнях тектоносферы. Первый парагенез определяется внутримантийным Хангайским плюмом и отходящими от него подлитосферными верхнемантийными потоками. Вторым парагенез определяется взаимодействием

плит и блоков литосферы, а местами блоков земной коры. Их взаимодействие может осуществляться как при участии подлитосферных течений, так и при их отсутствии.

(3) Третье объяснение исходит из опыта изучения позднеголоценовой динамики сегмента Эль-Габ Трансформы Мертвого моря, Таласо-Ферганского разлома и изменений механизмов очагов землетрясений Чуйской впадины Алтая после землетрясения 2003 г. (Trifonov et al., 2015). В этих районах поле тектонических напряжений в эпохи относительного тектонического покоя отличается по ориентировке осей от поля напряжений, которые нарастают время от времени, снимаются сильными землетрясениями и реализуются значительными подвижками по сейсмоактивному разлому. В нашем случае стационарное поле напряжений могло бы быть ответственно за развитие первого парагенеза, а изменяющиеся напряжения, приводящие к значительным сейсмогенным подвижкам, могли обеспечивать основную долю смещений по разломам второго парагенеза. Исследования по предлагаемому проекту должны выявить предпочтительность того или иного объяснения или возможность их совмещения.

II. Существует ли связь между структурными элементами двух парагенезов? В этой проблеме следует различать несколько аспектов.

Во-первых, надлежит более точно и всесторонне сопоставить между собой элементы, образующие каждый из парагенезов. В первом парагенезе следует уточнить характеристики Хангайского и Хэнтэйского плюмов, элементов новейшей структуры соответствующих нагорий и обрамлений Хангайского нагорья, структурную позицию новейшего вулканизма, выполнить сопоставление элементов парагенеза. Во втором парагенезе следует уточнить и пополнить сведения о плиоцен-четвертичных разломах, активных в позднечетвертичное время, режиме их развития и кинематических характеристиках, позволяющих оценить изменения поля тектонических напряжений внутри региона.

Во-вторых, надлежит исследовать соотношения между парагенезами. Следует определить особенности разломного ограничения впадин, роль крупных активных разломов, например, Хангайского в изменении морфологии Хангайского нагорья и изменения характеристик крупных активных разломов на пересечении разных элементов первого парагенеза. Особыми аспектами исследования являются определение роли каждого из парагенезов в формировании горных поднятий Гобийского и Монгольского Алтая, Саян и других, а также роли второго парагенеза в локализации новейших вулканов.

В-третьих, необходимо определить соотношения между структурными проявлениями обоих парагенезов в пределах региона исследований, с одной стороны, и в Байкальской рифтовой системе (БРС), с другой. Многочисленные исследования, начиная с работ П. Молнара и П. Таппонье, показали, что БРС является частью системы активных разломов Центральной Азии и может рассматриваться как удаленный результат сближения Индийской плиты с Евразийской (Шерман, Леви, 1978; Petit, Déverchère, 2006; Семинский, 2009; Шерман, 2016). В этом смысле БРС является частью выделяемого нами второго структурного парагенеза. Другие исследователи объясняют образование БРС воздействием астеносферного диапира, или внутримантийного плюма, и связывают его с влиянием притихоокеанских зон субдукции (Пузырев и др., 1975; Рогожина, 1977; Logachev, Zorin, 1987; Zorin et al., 1990; Windley, Allen, 1993; Zhao et al., 2006; Кулаков, 2008; Жао и др., 2010). В рамках предлагаемого проекта необходимо определить соотношения Хэнтэйского и Байкальского плюмов и уточнить структурные соотношения БРС и соседних элементов первого парагенеза.

Для ответов на поставленные вопросы в указанных выше аспектах будет решаться следующий комплекс задач:

1. Изучение новейшей структуры Хангайского и Хэнтэйского нагорий и горных хребтов региона, в первую очередь, Гобийского и Монгольского Алтая, Саян и хребтов, служащих перемычками между ячейками С-образной системы впадин.
2. Изучение новейшей структуры впадин С-образной системы, а также разрезов новейших отложений этих впадин с целью восстановления истории их развития с учетом ранее выполненных исследований.

3. Уточнение кинематики и режима голоценового развития известных активных разломов региона; выявление новых плиоцен-четвертичных разломов, их параметризация и оценка позднечетвертичной активности; пополнение и коррекция базы данных активных разломов региона исследований.
4. Уточнение строения верхней мантии региона; построение 3D модели Хангайского внутримантийного плюма, и его сравнение с 3D моделями Тибетского внутримантийного плюма, Эфиопско-Афарского и Тихоокеанского суперплюмов на основе различных баз сейсмотомографических данных; сопоставление характеристик вертикальных движений, приведших к новейшему горообразованию, с имеющимися данными о строении верхней мантии региона с целью оценки ее роли и роли коллизионных взаимодействий как источников новейших поднятий.
5. Изучение структурной позиции новейшего вулканизма – вулканов и областей извержений; их сопоставление со строением верхней мантии и разломами земной коры.
6. Обобщение полученных новых данных и результатов предшествовавших исследований с целью проверки и коррекции предложенной модели неотектоники севера Центральной Азии.

Научная новизна исследований, обоснование достижимости решения поставленных задач

Новизна предлагаемых исследований обусловлена, прежде всего, новизной гипотезы, проверка и коррекция которой составляет суть проекта. Важным элементом этой гипотезы является положение о том, что значительные перемещения литосферных плит и блоков осуществляются подлитосферными течениями верхней мантии, распространяющимися от глобальных суперплюмов, Эфиопско-Афарского и Тихоокеанского, а также внутримантийных плюмов, типа Тибетского и Хангайского, восходящих со средних глубин мантии (Соколов, Трифонов, 2012; Трифонов, 2016; Трифонов, Соколов, 2017; Трифонов и др., 20212). Элементы новизны содержатся в некоторых методических приемах, которые будут применяться в ходе исследований по проекту. Так, при построении разрезов верхней мантии будет использован программный модуль С.Ю. Соколова, с помощью которого, в отличие от стандартных программных средств, можно строить разрезы вдоль заданных произвольных профилей, состоящих из цепочек координатных пар, не лежащих на линии большого круга. Модель строения верхней мантии будет определяться путем сопоставления результатов анализа различных сейсмотомографических баз данных. Будут построены 3D модели мантийных плюмов.

При оценке достижимости поставленных задач и возможности получения предполагаемых результатов следует иметь в виду, что в значительной мере они опираются на лабораторные работы (анализ и тематическая обработка опубликованных материалов и доступных баз данных), для проведения которых авторы проекта располагают необходимыми техническими и программными средствами. Те же средства будут использованы для обработки результатов экспедиционных работ. Многие аналитические работы (химические анализы, микро-сканирование и др.) будут выполнены на аналитической базе ГИН РАН, а многие необходимые палеонтологические определения будут сделаны специалистами ГИН РАН на основе сложившихся договоренностей. Устойчивые договоренности обеспечат выполнение аналитических работ и определений, не проводимых в ГИН РАН (палеомагнитный анализ, радиоизотопное датирование, некоторые палеонтологические определения). Полевые работы предусмотрены на заранее выбранных и ограниченных по количеству и размерам ключевых участках для проведения структурных неотектонических исследований, параметризации позднекайнозойских, в частности, активных разломов и проявлений палеосейсмичности в их зонах. Для своевременного решения поставленных задач предусмотрено четкое разделение обязанностей с персональной ответственностью исполнителей за решение тех задач, где они наиболее квалифицированы. Поэтому участники проекта полагают, что поставленные задачи будут решены и ожидаемые результаты достигнуты своевременно.

Современное состояние исследований по данной проблеме

Всесторонне исследованы регионы, расположенные непосредственно к СЗ и СВ от региона исследований по проекту – Горный Алтай и Байкальская рифтовая система, частью которой является

Байкальская рифтовая зона (БРЗ). В Горном Алтае выявлены и охарактеризованы главные элементы новейшей структуры (Новиков, 2004; Деев, 2018). Разработана стратиграфия кайнозойских отложений и выяснена история формирования новейших впадин, отражающая историю развития горного сооружения (Девяткин, 1965; Зыкин, Казанский, 1995; Зыкин, 2012). Обнаружены и параметризованы активные разломы (Лукина, 1988, 1996). Интерес к ним существенно повысился после Алтайского (Чуйского) землетрясения 2003 г. и изучения его структурных последствий (Рогожин, 2016; и др.).

Подробно и всесторонне исследована БРЗ как часть Байкальской рифтовой системы. Установлены строение и история формирования БРЗ, в развитии которой выявлены стадии: «медленного рифтинга» и «быстрого рифтинга» (Logachev, Florensov, 1978; Геология и сейсмичность..., 1984; Logachev, Zorin, 1987; Mats, 1993; Мац и др., 2001; Логачев, 2003; Petit, Déverchère, 2006; Jolivet et al., 2009). Границу между стадиями относят к концу миоцена. Особенно многочисленны работы, посвященные активным разломам БРЗ и проявлениям их современной сейсмической активности (Геология и сейсмичность..., 1984; Лукина, 1988; Леви и др., 1995; Лунина и др., 2009; Саньков и др., 2011; Имаева и др., 2015; Карта сеймотектоники..., 2015; и др.). Важное место в этих исследованиях занимает создание баз данных разломов, активных в плиоцен-квартере, в том числе в позднечетвертичное время, и индуцированных ими геологических процессов (Lunina et al., 2014; Лунина, 2016). Исследованы механизмы очагов землетрясений (Мельникова, Радзиминович, 1998; Саньков, Добрынина, 2015) и тектонофизические аспекты новейшей и современной геодинамики региона (Семинский, 2009).

Дискуссионным остается происхождение Байкальской рифтовой системы. Одна из моделей ее происхождения опирается на концепцию П. Молнара и П. Тарпонье (Molnar, Tarronnier, 1975; Tarronnier, Molnar, 1976), согласно которой БРЗ и соседние новейшие грабены связаны с широтными левыми сдвигами Центральной Азии и являются удаленным проявлением Индо-Евразийской коллизии. Эти представления развиваются в работе (Шерман, Леви, 1978), где показано возрастание роли левых сдвигов на ЮЗ и СВ флангах рифтовой системы, и признаются многими современными исследователями активной тектоники БРЗ. Другие исследователи объясняют образование Байкальской рифтовой системы воздействием расположенного под ней мантийного диапира, или плюма, который может быть связан с удаленным воздействием процессов на западной окраине Тихого океана (Пузырев и др., 1975; Рогожина, 1977; Zorin et al., 1990, 2003; Логачев, 2003; Lebedev et al., 2006; Zhao et al., 2006; Жао и др., 2010). По нашему мнению, эти два объяснения не противоречат, а дополняют друг друга.

Особо отметим исследования, выполненные на западном фланге БРЗ, который является частью региона исследований по предлагаемому нами проекту. Это исследования неотектоники и активных разломов Восточного Саяна (Шерман и др., 1973; Аржанникова и др., 2011; Аржанникова, Аржанников, 2014), истории развития Окинского плато (Jolivet et al., 2013); строения Тункинской впадины (Логачев, 1968), активности Тункино-Мондинской зоны разломов (Лукина, 1988, 1989; Arjanikova et al., 2004; Лунина, Гладков, 2004; Гладков и др., 2005; Аржанникова и др., 2007; Ritz et al., 2018).

Изученность остальной части региона исследований по предлагаемому нами проекту хуже, чем БРЗ, хотя и здесь получены важные научные результаты. В последние десятилетия XX в. были выявлены основы неотектоники и активной разломной тектоники Монголии. Выполнены структурно-геоморфологические исследования, определившие тектонический рельеф региона как сочетание сводово-глыбовых поднятий и межгорных впадин (Флоренсов, 1960, 1965; Геоморфология..., 1982; Макаров, Трифонов, 1988; Уфимцев, 1989, 2001, 2008). Определены основные черты кайнозойской стратиграфии и истории развития новейших впадин (Девяткин и др., 1968; Фауна мезозоя и кайнозоя..., 1971; Девяткин, 1981; Поздний кайнозой Монголии, 1989). Определен транспрессивный характер позднекайнозойских деформаций Гобийского Алтая и области его сочленения с Тянь-Шанем (Cunningham et al., 1996, 1997). Параметризованы крупнейшие активные разломы и выявлены их проявления при сильных землетрясениях (Гоби-Алтайское землетрясение, 1963; Tarronnier, Molnar, 1979; Ding Guoyu, 1984; Трифонов, 1985; Хилько и др., 1985; Huang, Chen, 1986; Макаров, Трифонов, 1988; Baljinyam et al., 1993; Трифонов и др., 2002). Фрагментарно исследован тепловой режим недр МНР (1991).

Большинство исследований XXI в. в Тувино-Монгольском регионе было посвящено детализации изучения геологии и режима развития крупнейших активных разломов и механизмов связанных с ними сильнейших землетрясений. Это Хангайский разлом с землетрясением 1905 г. (Schupp, Cisternas, 2007; Walker et al., 2008; Rizza et al., 2015; Choi et al., 2018), Эртайский разлом с Фуюнским землетрясением 1927 г. (Klinger et al., 2011), зона Долиноозерского разлома (Bogd fault) с землетрясением 1957 г. (Kurtz et al., 2018; Van der Wal et al., 2020), разломы эпицентральной области Могодского землетрясения 1967 г. (Рогожин и др., 2008) и Тувинских землетрясений 2011–2012 гг. (Овсяченко и др., 2016, 2019; Овсяченко, Бутанаев, 2017), а также разломы Гурван-Булаг в Гобийском Алтае (Prentice et al., 2002; Ritz et al., 2003), Хубсугульского грабена (Аржанникова и др., 2003), Хустайский (Смекалин и др., 2013) и окрестностей г. Улан-Батора (Имаев и др., 2012). Проанализирована сейсмогенерирующая роль крупных разломов (Liu et al., 2007; Демьянович и др., 2008). Восточный край региона исследований по предлагаемому нами проекту является, по мнению С.И. Шермана (2016), восточной границей области геодинамического воздействия Индо-Евразийской коллизии. Важным шагом в обобщении данных о разломах региона стали создание Базы данных активных разломов Евразии (2017) и геодинамический анализ данных об активных разломах региона в сопоставлении со строением верхней мантии (Трифонов и др., 2021). Существенное значение для понимания современной геодинамики имеет анализ данных о современных движениях, полученных в результате GPS-измерений (Wang et al., 2001; Calais et al., 2003; Vergnolle et al., 2007; Лухнев и др., 2010). В работах (Pruner, 1987; Thomas et al., 2002; Лухнев и др., 2010) отмечено новейшее вращение блоков по палеомагнитным и GPS данным.

В работе (Уфимцев, 2008) неотектоническое развитие региона разделено на ранний этап (поздний олигоцен – ранний плиоцен) слабых движений и низкогорного рельефа и поздний этап (с позднего плиоцена) более контрастных вертикальных движений. Неотектонические деформации развиваются на поверхности эрозионного пенеплена, который покрыт корой выветривания и начал формироваться в Гобийском и Монгольском Алтае с юры (Jelivet et al., 2007), а в Горном Алтае (De Grave et al., 2007) – с мела.

Сейсмологические исследования привели к выделению мантийного плюма в районе Хангайского нагорья (Wingley, Allen, 1993; Yuang, Zhao, 2006; Кулаков, 2008; Трифонов и др., 2021). В связи с этим важное геодинамическое значение приобретает локализация новейшего базальтового вулканизма (Кепежинская, 1979; Салтыковский, Генштафт, 1983; Ярмолук и др., 1991; Рассказов и др., 2005, где цитируются более ранние работы того же автора). Установлено, что вулканизм продолжается с конца мезозоя и имеет петролого-геохимические черты плюмового вулканизма (Yarmolyuk et al., 2015; Ярмолук и др., 2018). В Забайкалье описаны параллельные современной БРЗ грабены, развивавшиеся в конце мела и палеогене (Цеховский, Леонов, 2007). Эти грабены и одновозрастный им вулканизм послужили основанием для заключения о зарождении Байкальской рифтовой системы в конце мезозоя и ее продолжении на ЮЗ. Соглашаясь с возможностью столь раннего зарождения рифтовой системы, мы не можем согласиться с ее продолжением на ЮЗ, поскольку происходивший здесь вулканизм отражает не рифтогенный режим развития, а воздействие мантийного плюма.

Завершая обзор, заметим, что здесь имеет место не конкуренция различных научных школ, а, скорее, объединение усилий ученых разных стран и школ для решения общей проблемы. Несмотря на обилие публикаций по проблеме, ряд ее аспектов остался неосвещенным или недостаточно изученным. В области изучения новейшей структуры региона требуют исследования морфология новейших поднятий разного типа, структурные границы новейших впадин, типизация поднятий и впадин. Следует уточнить время и этапность развития впадин обрамления Хангайского нагорья. В области изучения глубинной структуры необходимо построить 3D модель Хангайского и ответвляющегося от него Хэнтэйского плюмов, исследовать их соотношения с плюмом под Байкальской рифтовой системой. В области изучения структурной позиции новейшего вулканизма требуется уточнить его соотношения с контурами указанных плюмов, определить, существует ли связь новейших вулканов с коровыми разломами. В области изучения активной тектоники следует уточнить параметры некоторых разломов, обойденных вниманием предшествовавших исследователей, например, Цэцэрлэгского разлома, разломов Тувы, а также выяснить соотношения разломов Тувы с разломами Тункино-Мондинской зоны. Это станет предметом исследований по предлагаемому проекту.

Предлагаемые методы и подходы, план работы на весь срок проекта и ожидаемые результаты

Разнообразные задачи проекта требуют применения разнообразных методов исследования. При изучении выражения новейшей структуры в рельефе большое значение будет иметь анализ детальных моделей рельефа и космических изображений. Это относится, прежде всего, к изучению морфологии поднятий, выявлению относительной роли изгибных деформаций и движения блоков в формировании их поверхности, тогда как морфология поверхности впадин в меньшей степени отражает их структуру, замаскированную новейшими отложениями. В ходе такого анализа будут выбраны участки детальных работ, где помимо наземных наблюдений будет проводиться съемка с управляемых летательных аппаратов (дронов) с последующей количественной обработкой результатов съемки. Дроны будут применены также для картирования и параметризации активных разломов и новейших вулканов. Детальная топографическая съемка с помощью комплекта ГНСС приемников EFT будет проводиться для измерения молодых смещений форм рельефа. Для изучения новейших отложений будут выбраны разрезы тех впадин и временных интервалов, которые оказались недостаточно охарактеризованы предшественниками, но необходимы для воссоздания общей картины неотектонического развития региона. В ходе полевых работ будет проводиться описание литолого-фациального состава и условий залегания новейших отложений, поиск и отбор палеонтологического материала, включая спорово-пыльцевые пробы, петрографических и палеомагнитных образцов и (при необходимости и возможности) образцов для радиоизотопного датирования. Аналитическая обработка образцов будет проводиться участниками проекта, а также иными сотрудниками ГИН РАН и других организаций. Договоренности о такой кооперации сложились в ходе многолетних совместных работ.

При изучении активных разломов будут учтены результаты предшествовавших работ как авторов проекта, так и других исследователей. Поэтому исследования будут сосредоточены на недостаточно изученных объектах. К ним относятся, прежде всего, восточное и западное окончания Хангайского разлома и его соотношения с активными разломами Монгольского Алтая, северо-восточная часть Цэцэрлэгского разлома, разломы Тувы субширотного и ВСВ-ного направлений, их соотношения с субмеридиональными разломами, а также с разломами Алтая на западе и Тункино-Мондинской зоной разломов на востоке. При полевом изучении активных разломов, помимо определения или уточнения их геометрии и кинематики, большое внимание будет уделено режиму развития разлома, т.е. характеристикам палеосейсмических проявлений в его зоне. Для этого будет применен тренчинг, а для сдвигов также метод определения дискретности амплитуд горизонтальных смещений, удачно применявшийся в Монголии ранее (Трифонов, 1985). Помимо радиоизотопных методов датирования деформированных отложений и сейсмогенных подвижек авторы рассчитывают использовать археосейсмологический, историко-сейсмологический и топонимический подходы, успешно зарекомендовавшие себя на территории Тувы и Монголии (Хилько и др., 1985; Панин, 2011; Бутанаев и др., 2018; Овсяченко и др., 2019б).

Для изучения скоростной структуры верхней мантии будет выполнен анализ баз сейсмотомографических данных мировой сети, будут выявлены и зарегистрированы отличия скоростей сейсмических волн в определенных объемах мантии от средних для соответствующих глубин значений. Эти отклонения будут представлены на многочисленных скоростных разрезах мантии. При их построении будет использован программный модуль С.Ю. Соколова, с помощью которого, в отличие от стандартных программных средств, разрезы строятся вдоль заданных произвольных профилей, состоящих из цепочек координатных пар, не лежащих на линии большого круга. В отличие от прежних подобных работ участников проекта, методика которых изложена в публикациях, например (Соколов, Трифонов, 2012; Трифонов, Соколов, 2017, 2018; Трифонов и др., 2021), в данном проекте будут сопоставлены результаты анализа различных баз сейсмотомографических данных, что повысит достоверность сопоставления строения верхней мантии с новейшей структурой земной поверхности. Будет построена 3D модель Хангайского плюма и сопоставлена с аналогичными моделями Тибетского плюма и Эфиопско-Афарского и Тихоокеанского суперплюмов.

В первый год реализации проекта (2022 г.) будут проанализированы все опубликованные материалы по тематике проекта; будет исследована структура новейших поднятий и их ограничений методами

структурной геоморфологии; более детально изучена мантийная скоростная структура Хангайского плюма и его Хэнтэйского ответвления, построена их 3D модель и выяснены соотношения со строением мантии Забайкалья. Планируется проведение полевых работ в Монголии, где будут исследованы разрезы новейших отложений впадин, примыкающих к Хангайскому нагорью с запада, новейшая структура Хангайского нагорья и поднятых обрамлений указанных впадин на ключевых участках, а также активные разломы восточного окончания Хангайской зоны, зоны Цэцэрлэгского разлома и обрамлений Хубсугульского (в том числе, проявления землетрясения 2021 г. с магнитудой $M_w=7$), Дархатского и Бусийнгольского грабенов. Планируется также исследовать Мондинский разлом и активные разломы Центрально-Тувинской системы межгорных впадин.

Во второй год реализации проекта (2023 г.) планируется исследовать (с проведением полевых работ в Монголии) новейшую структуру Гобийского и Монгольского Алтая, новейшие отложения Долины Озер, примыкающей к Гобийскому Алтаю с севера, и впадин предгорий Монгольского Алтая, активные разломы западных частей Гоби-Алтайской и Хангайской зон. В Туве планируется исследовать соотношения субмеридиональных активных разломов Монгольского Алтая (в первую очередь Кобдинского и Цаган-Шибетинского) с субширотными активными разломами Западного Танну-Ола. Будет проанализирована скоростная структура верхней мантии региона к западу и северу от Хангайского плюма.

В третий год реализации проекта (2024 г.) будут исследованы (с проведением полевых работ в Туве и соседних районах юга Сибири) новейшая структура Тувы, ее соотношения с новейшими поднятиями Горного Алтая и Западного Саяна, простирающиеся на ВСВ активные разломы Тувы, их соотношения с субширотными разломами Тункино-Мондинской зоны и субмеридиональными разломами Восточной Тувы в пределах Билино-Бусингольской и Кунгуртутгской впадин. Будут проанализированы структурная позиция Тункинской впадины в системе впадин, обрамляющих Хангайское нагорье, и Байкальской рифтовой системе, а также соотношения главных элементов новейшей структуры со строением верхней мантии региона. Будет выполнено обобщение результатов работ по проекту.

Планируя полевые работы 2022–2024 гг., приходится иметь в виду возможные эпидемиологические ограничения. Поэтому приведенный выше план проведения полевых работ следует рассматривать как оптимальный, который допускает замену полевых работ одного года работами, планируемыми на другой год, а в наиболее неблагоприятной ситуации расширение полевых работ на юге Сибири в ущерб работам в Монголии. Попытка предусмотреть такую замену представлена ниже для первого года работ по проекту (см. раздел 4.9). Вместе с тем, в случае открытия Монголии для посещения предполагается максимально увеличить продолжительность полевых работ, чтобы решить их главные задачи и уменьшить ущерб от возможных последующих запретов посещения.

В ходе исследований ожидается получение следующих научных результатов:

2022 г. – характеристика активных разломов широтного и северо-восточного простирания Тувы в районе Центрально-Тувинской системы межгорных впадин (Кызыльской, Улугхемской, Хемчикской) и хр. Тунну-Ола и их соотношения с новейшей структурой горных поднятий и межгорных впадин региона (две подготовленные к печати статьи); новые данные о стратиграфии северного борта впадины Убсу-Нур, Северо-Западная Монголия и Тува (подготовленная статья); характеристика позднеплейстоцен-голоценовой кинематики и палеосейсмичности Мондинского разлома Тункинской системы впадин (подготовленная статья); строение Хангайского плюма, Монголия, по результатам анализа сейсмотомографических данных глобальной сети (подготовленная статья).

2023 г. – соотношения субмеридиональных активных разломов Монгольского Алтая (в первую очередь Кобдинского и Цаган-Шибетинского) с субширотными активными разломами Западного Танну-Ола (подготовленная статья); характеристика новейших поднятий Западной и Центральной Монголии по геологическим и структурно-геоморфологическим данным (подготовленная статья); геодинамические проявления Хангайского плюма, Монголия (подготовленная статья).

2024 г. – соотношения активных разломов восток-северо-восточного и близмеридионального простираний в Туве, Южная Сибирь (подготовленная статья); активная тектоника Билино-Бусингольской и Кунгуртутгской впадин (подготовленная статья); соотношения активных разломов

северо-восточного и широтного простираний в Туве с разломами Тункино-Мондинской зоны (подготовленная статья); неотектоническая позиция Тункинской впадины (подготовленная статья); характеристика структурного парагенеза Хангайского нагорья и пояса обрамляющих его новейших впадин и его соотношения с активными разломами региона (подготовленная статья).

В ходе реализации проекта его участники планируют опубликовать 8 статей в журналах, индексируемых в системах Web of Science и/или Scopus: Геотектоника, Геология и Геофизика, Геоморфология, Геодинамика и Тектонофизика, Физика Земли, Journal of Asian Earth Sciences, Quaternary International, Geomorphology, Tectonophysics.

Имеющийся у научного коллектива научный задел по проекту

Обсуждая имеющийся у участников проекта научный задел, следует различать научные и научно-методические разработки, сделанные участниками проекта в ходе работ в различных регионах и послужившие основой для постановки задач предлагаемого проекта и методики его реализации, и результаты, полученные в регионе исследований.

В ходе многолетних работ участников проекта разработаны методические подходы к анализу новейшей структуры подвижных поясов, истории и источников ее формирования; обосновано усиление вертикальных тектонических движений в плиоцен-квартере, приведшее к современному горообразованию (Трифонов, 1999, 2016, 2017; Трифонов и др., 2008, 2012; Trifonov et al., 2020). Выявлена роль плиоцен-четвертичных деформаций в развитии юго-западной части БРЗ (Аржанникова и др., 2011, 2013; Arzhannikova et al., 2011). Разработаны приемы анализа сейсмотомографических баз данных мировой сети для определения скоростного строения мантии и роли происходящих там процессов в формировании новейшей структуры подвижных поясов и современных горных систем (Соколов, Трифонов, 2012; Трифонов, Соколов, 2017, 2018; Трифонов и др., 2020). Участники проекта внесли важный вклад в развитие теоретических и методических аспектов изучения активных разломов (Трифонов, 1983, 1985; Трифонов, Кожурин, 2010; Trifonov et al., 2015; Arzhannikova, Arzhannikov, 2019; Arzhannikova et al., 2021). Исследования современных сильных землетрясений (Рачинского 1991 г., Олюторского 2006, Алтайского 2003 г. и Тувинских 2011-2012 гг.) позволили определить сейсмотектонические условия расположения очагов сильных землетрясений, породившие их геологические структуры и, в конечном счете, отражение на земной поверхности активных разломов и потенциальных очагов землетрясений (Рогожин и др., 2021; Овсяченко и др., 2013, 2020, 2021; Ovsyuchenko et al., 2017).

Непосредственно в регионе планируемых исследований изучались основные элементы новейшей структуры северной части Западной и Центральной Монголии (Макаров, Трифонов, 1988). Получены новые данные о скоростном строении верхней мантии и соотношениях ее неоднородностей с новейшей структурой региона (Трифонов и др., 2021, 2022). Охарактеризованы крупнейшие активные разломы Монголии (Трифонов, 1985; Макаров, Трифонов, 1988) и Алтае-Саянской горной области (Аржанникова, Аржанников, 2014). Получены новые сведения об активных разломах Тункино-Мондинской зоны и структурных обрамлений Тункинской впадины (Аржанникова, Аржанников, 1999, 2003, 2007; Arzhannikova et al., 2004; Arzhannikova et al., 2005), Хубсугульского грабена (Arzhannikova et al., 2003), Шапшальского хребта и горного массива Монгун-тайга в юго-западной Туве (Овсяченко и др., 2016), южного склона хребта Танну-Ола (Овсяченко и др., 2019) и Каахемской системы субмеридиональных разломов Тувы, с которыми связаны сильные Тувинские землетрясения 2011–2012 гг. (Овсяченко, Бутанаев, 2017; Овсяченко и др., 2016, 2019а). Важное значение для параметризации и понимания соотношений между активными разломами региона имеет База данных активных разломов Евразии (2017; Бачманов и др., 2017), в создании которой принимал участие В.Г. Трифонов.

Опыт совместных работ участников проекта В.Г. Трифонова, С.А. Соколова, С.Ю. Соколова и А.Н. Симаковой накоплен в ходе исследований по проекту РФФ № 17-17-01073 и проектам РФФИ. К ним в последние годы присоединились, участвуя, в том числе, в совместных полевых работах, Ю.В. Бутанаев, С.Т. Гарипова, К.И. Юшин и А.А. Якимова. А.В. Аржанникова и А.Н. Овсяченко связаны с указанными участниками проекта обменом информацией при решении общих задач, а А.Н. Овсяченко также совместными работами с Ю.В. Бутанаевым.

План работы на первый год выполнения проекта

В первый (2022) год реализации проекта будут проанализированы все опубликованные материалы по тематике проекта; предварительно исследована структура новейших поднятий и их ограничений методами структурной геоморфологии с применением дистанционных данных (моделей рельефа, созданных на базе SRTM с 3" разрешением на местности, и детальных космических изображений). Будут обработаны материалы полевых работ предыдущих двух лет по неотектонике и активным разломам хребта Танну-Ола, бортов Тувинской и Тункинской впадин и северного борта впадины Убсу-Нур. Будет изучена скоростная структура Хангайского внутримантийного плюма и его Хэнтэйского ответвления на основе различных баз сейсмотомографических данных глобальной сети. Будет построена 3D модель этого плюма, которая будет сопоставлена с 3D моделями Тибетского внутримантийного плюма, Эфиопско-Афарского и Тихоокеанского суперплюмов, построенными по тем же данным. Будут выяснены соотношения Хангайского плюма со строением мантии Забайкалья. Планируется изучение кинематики и палеосейсмичности Мондинского разлома Тункинской системы впадин. Планируется также проведение полевых работ в Монголии, где будут исследованы разрезы новейших отложений впадин, примыкающих к Хангайскому нагорью с запада, новейшая структура Хангайского нагорья и поднятых обрамлений указанных впадин на ключевых участках, а также активные разломы восточного окончания Хангайской зоны, зоны Цэцэрлэгского разлома и ограничений Хубсугульского (в том числе, проявления землетрясения 2021 г. с магнитудой $M_w=7$), Дархатского и Бусийнгольского грабенов. В Туве планируется исследовать активные разломы Центрально-Тувинской системы межгорных впадин (Кызыльской, Улугхемской, Хемчикской). В случае, если территория Монголии будет закрыта из-за эпидемиологических ограничений, полевые работы будут полностью перенесены в Туву и соседние территории, где будут исследоваться элементы новейшей структуры Тувы, активные разломы Тувы широтного и СВ простираний, их соотношения с субширотными разломами Байкало-Мондинской и Тункинской зон и субмеридиональными активными разломами.

Планируемое на первый год содержание работы каждого основного исполнителя проекта

В.Г. Трифонов – руководство проектом; участие в анализе геологических и структурно-геоморфологических данных о новейшей структуре региона; интерпретация соотношений мантийной структуры области Хангайского плюма и его Хэнтэйского ответвления с новейшей структурой региона.

С.А. Соколов – руководство полевыми работами в исследуемом регионе; ведущее участие в изучении новейшей структуры Хангайского нагорья и соседних поднятий и новейших отложений в примыкающих к нагорью межгорных впадинах; участие в изучении активных разломов, указанных в 4.9. В случае перенесения полевых работ в районы юга Сибири, указанные в 4.9, сохраняется та же их тематическая направленность. Кроме того, будут обработаны материалы полевых работ предыдущих лет по изучению новейших отложений и строения северного борта впадины Убсу-Нур и соотношений активных разломов Центральной Тувы с новейшей структурой региона и подготовлены соответствующие публикации.

С.Ю. Соколов – анализ сейсмотомографических баз данных глобальной сети с целью определения скоростной структуры Хангайского внутримантийного плюма и его Хэнтэйского ответвления; построение 3D модели этого плюма и ее сопоставление с 3D моделями Тибетского внутримантийного плюма, Эфиопско-Афарского и Тихоокеанского суперплюмов, которые будут построены по тем же данным; участие с сопоставлением Хангайского плюма с новейшей структурой региона.

А.В. Аржанникова – руководство работами по изучению Мондинского разлома Тункинской системы впадин, его позднеплейстоцен-голоценовой кинематики и палеосейсмичности; участие в полевых работах по изучению активных разломов Монголии, указанных в 4.9. В случае переноса полевых работ в районы юга Сибири, указанные в 4.9, сохраняется та же их тематическая направленность. Участие в работах по стыковке активных разломов Тунки и Восточного Саяна с активными разломами Тувы и геодинамическом осмыслении их соотношений. Кроме того, будут обработаны

материалы полевых работ предыдущих лет по изучению активных разломов Тункинской системы впадин.

А.Н. Овсяченко – ведущее участие в полевом изучении активных разломов района Хангайского нагорья, Хубсугульского, Дархатского и Бусийнгольского грабенов Северной Монголии, а также Центрально-Тувинской системы межгорных впадин в Туве. В случае переноса полевых работ в районы юга Сибири, указанные в 4.9, сохраняется та же их тематическая направленность. Кроме того, будут обработаны материалы полевых работ предыдущих лет по изучению активных разломов Восточной Тувы и подготовлена соответствующая публикация.

А.Н. Симакова – спорово-пыльцевой анализ проб, собранных в новейших отложениях региона; участие в уточнении стратиграфии новейших отложений межгорных впадин с целью восстановления истории их формирования.

Ю.В. Бутанаев – историко-сейсмологические и топонимические исследования, участие в полевых работах и обработке материалов по изучению активных разломов, а также новейших отложений межгорных впадин (с отбором палеомагнитных проб) и новейшей структуры региона.

С.Т. Гарипова – участие в полевых работах и обработке материалов по изучению новейших отложений межгорных впадин и новейшей структуры региона.

К.И. Юшин – участие в полевых работах и обработке материалов по изучению новейших отложений межгорных впадин (с отбором палеомагнитных проб) и новейшей структуры региона, включая оценку структурного положения проявлений новейшего вулканизма и изучение внутренней структуры разломных зон.

А.А. Якимова – участие в полевых работах и обработке материалов по изучению новейших отложений с поиском и анализом данных для палеонтологического обоснования их возраста и стратиграфии.

Ожидаемые в конце первого года конкретные научные результаты

1. Сданная в журнал для публикации статья Овсяченко А.Н., Бутанаева Ю.В. и др. «Локализация очага сильного исторического землетрясения в Центральной Туве с использованием фольклорно-исторических и палеосейсмологических данных».
2. Сданная в журнал для публикации статья Соколова С.А., Зеленина Е.А., Бутанаева Ю.В., Юшина К.И. и Гариповой С.Т. о Южно-Таннуолинском активном разломе и его соотношениях с новейшей структурой хребта Танну-Ола и северного борта впадины Убсу-Нур, Южная Сибирь
3. Сданная в журнал для публикации статья Соколова С.Ю. и Трифонова В.Г. о строении Хангайского мантийного плюма – нового типа мантийных плюмовых образований.
4. Сданная в журнал для публикации статья Тесакова А.С., Фролова П.Д., Якимовой А.А., Соколова С.А. и др., содержащая новые палеонтологические обоснования стратиграфии новейших отложений северного борта впадины Убсу-Нур.
5. Сданная в журнал для публикации статья Аржанниковой А.В., Аржанникова С.Г., Ritz J.-F., Чеботарева А.А., Яхненко А.С. по результатам исследований позднеплейстоцен-голоценовой кинематики и палеосейсмичности Мондинского разлома Тункинской системы впадин.

Подпись руководителя проекта _____ /В.Г. Трифонов/