

Проект РФФИ 20-55-44026 на 2020-2022 гг.

Главные структурные швы Западной, Центральной и Южной Монголии как зоны сопряжения литосферно-коровых блоков: строение, эволюция, сейсмический потенциал

Фундаментальной научной задачей исследования является изучение тектонической структуры, новейших деформаций, геодинамики и эволюции шовных структур сочленения литосферно-коровых блоков, выявление основы для оценки сейсмических опасностей, связанных со структурами такого рода. Для решения данной задачи необходимо: (1) комплексное структурно-геологическое изучение зон сочленения литосферно-коровых блоков; (2) выявление позднекайнозойских тектонических деформаций, как пликативных так и дизъюнктивных, их кинематики и амплитуды, выявление их природы, связи с взаимодействием тектонических плит и блоков; (3) определение возраста смещений, деформаций, магматических проявлений и тектонической эволюции региона в позднем кайнозое; (4) выявление структурных форм разного возраста и порядка и сопоставление их с современным рельефом и глубинным строением земной коры и верхней мантии для определения движущих сил рельефообразования и, в частности, горообразования; (5) построение тектонической модели и определение источников структурообразования, согласующейся с результатами исследований 1–4.

Актуальность исследования

Актуальность исследований определяется важностью фундаментальных целей и задач, сформулированных выше, а также большим значением объектов исследования, изучение которых позволит углубить не только знание о региональном строении территории исследования, но и понимание принципов развития крупных структурных швов и оценку сейсмической опасности региона.

Далее мы пользуемся термином Высокая Азия, под которым понимается территория Гималаев, Тибета, Памира, Куньлуня, Тарима, Тянь-Шаня, Монгольского и Гобийского Алтая до Алтая и Саян на севере. Северная часть Высокой Азии охватывает часть этой территории севернее Памира и Куньлуня. Ее восточная граница, названная зоной 105°, следует от южной оконечности Байкальского рифта на юг до восточных окончаний Тибета и Ассамских Гималаев [Ли Сыгуан, 1952; Din Guoyu, 1984]. В Монголии эта граница проходит западнее Улан-Батора, по восточным окончаниям Хангайского нагорья и Гобийского Алтая.

Одной из особенностей Высокой Азии является ее поднятие относительно более западной и восточной частей континента, которое проявляется не только в горных системах, но и на разделяющих их равнинах и впадинах. Обращает внимание возрастание в этом регионе количества активных разломов и интенсивности движений по ним. Особенности Высокой Азии проявляется в тектоническом строении, в распространении дизъюнктивных и пликативных деформаций, восточной границей распространения которых является зона 105°, в развитии новейшего вулканизма, повышенной сейсмичности. О глубинной природе этой зоны свидетельствует перестройка геофизических полей и изменение строения и мощности земной коры. Все это говорит о зоне 105°, как о важнейшем трансрегиональном шве, природа которого до сих пор является неопределенной и дискуссионной и изучение которого позволит углубить понимание тектонических и геодинамических процессов.

Главный Монгольский линеамент (ГМЛ) – это одна из наиболее протяженных и длительно развивающихся тектонических линий, которая является составной частью гигантского трансрегионального структурного раздела, протягивающегося на расстояние в несколько тысяч километров от границ Западно-Сибирской плиты (Россия) через рудный Алтай (Казахстан) и Северный Синдзян (Китай) до Гобийского Алтая (Монголия) и далее в районы восточной Монголии и Китая.

Особенно четко Главный Монгольский линеамент проявлен на территории Южной Монголии, где он разделяет байкальско-каледонские и герцинские провинции Центрально-Азиатского (Урало-Монгольского) подвижного пояса. В современной литературе и тектонической картографии этому принципиальному разделу земной коры уделяется незаслуженно мало внимания. Значение же этого

тектонического шва, роль которого в формировании структурного плана и в геодинамике Центрально-Азиатского региона чрезвычайно велика, по своему масштабу и смыслу выходит далеко за рамки региональной геологии.

Актуальным также является комплексный подход к изучению объектов исследования, позволяющий рассмотреть их всесторонне, на разных уровнях генерализации геологического строения, от литологического состава комплексов новейших отложений, их возраста, тектонических деформаций, проявленных в них и в строении современного рельефа до их глубинной природы.

Также важнейшим аспектом данного исследования, повышающим его актуальность, является практическая значимость результатов, выраженная в оценке и уточнении сейсмической и вулканической опасности, рисков развития опасных экзогенных процессов: оползней, обвалов и т.д.

Анализ современного состояния исследований в данной области

При проведении исследования научный коллектив будет опираться на опубликованные материалы по теме исследования.

Геология Монголии, в том числе и изученных участков, описана во многих публикациях [Геологические формации Монголии, 1995; Гоби-Алтайское землетрясение, 1963; Девяткин, 1970, 2004; Зоненшайн, и др., 1970; Коваленко, Ярмолук, 1990; Кузьмин и др., 2011; Шувалов 1975; Ярмолук, 2008; Cunningham, 2010; Cunningham et al, 1996; Tomurtogo, 2005; и др.], данные, которые дополняют собственные наблюдения участников коллектива [Трифонов, 1985, 1999; Трифонов, Макаров, 1988; Леонов, 2012; Леонов и др., 2018; Пржиялговский и др., 2011; Пржиялговский и др., 2014; Леонов и др., 2017].

Наиболее заметно деформации плитного этапа проявились вдоль активизированных в мезозойско-кайнозойское время палеозойских шовных структурах, в частности, таких как палеозойские Гоби-Алтайская и Гоби-Тяньшаньская (Заалтайская) зоны, отвечающие герцинским аккреционным клиньям [Зоненшайн, и др, 1970; Cunningham et al, 1996], окончательное оформление которых связано уже с новейшим тектогенезом и которые отчетливо выражены в современном рельефе. Гоби-Алтайская зона отвечает срединному сегменту Главного Монгольского линеамента, который представляет собой одну из важнейших структурных линий Монголии и трассирует зону сочленения каледонской (к северу от линеамента) и герцинской (к югу от линеамента) геотектонических провинций региона [Геологические формации Монголии, 1995; Гоби-Алтайское землетрясение, 1963; Зайцев и др., 1974; Коваленко, Ярмолук, 1990; Ярмолук, 2010].

Детальное описание тектонической структуры центрального сегмента Гобийского Алтая приведено в работах [Леонов, 2012; Леонов и др., 2018; Пржиялговский и др., 2011; Пржиялговский и др., 2014; Леонов и др., 2017]

В настоящее время эти зоны внутриплитной активизации представляют собой узкие (0–30 км) и протяженные (до 1000 км) полосы выходов палеозойского фундамента с кулисно расположенными горными грядами, приподнятыми на высоту до трех и более тысяч метров и обрамленными отложениями мезозойско-кайнозойского чехла. Эти зоны ограничены крупными сдвигами и взбросами, являются областями концентрации разломов, разномасштабных пликативных и дизъюнктивных деформаций, геоморфологических аномалий, т.е. они обладают чертами типичных зон концентрированной деформации (ЗКД) [Леонов, 2012]

Предыдущие исследования показывают, что основным мотивом неотектонического строения территории Монголии является присутствие подвижных поясов и относительно стабильных блоков, зажатых между ними [Трифонов, 1999]. Работы П. Молнара и П. Таппонье показывают, что возраст становления континентальной коры подвижных поясов значительно древнее в стабильных блоках [Molnar, Tapponnier, 1981]. Это связано с возрастанием теплого потока по мере омоложения коры и, как следствие, увеличением ее пластичности [Смирнов, 1968; Поляк, Смирнов, 1968].

Границы блоков протягиваются по линиям крупных разрывных нарушений, проявляющих высокую активность в четвертичное время, генерируя масштабные сейсмические явления, о чем говорится в работах [Трифонов, 1985; 1999] и согласуется с данными базы данных Евразии, составленной Д.М. Бачмановым и др. [2017]. Эти границы также часто выражены горными системами. Что касается территории, которой посвящен проект, Монгольский Алтай отделяет

Джунгарский блок от Северо-Китайского и Монголо-Манчжурского блоков, а те, в свою очередь разделены Гобийским Алтаем. Северная граница Монголо-Манчжурского блока, соответствующего Амурской микроплите, устроена ступенчато, и в западной части выражена зонами Хангайского и Цэцэрлэгского левых сдвигов. Первый из этих разломов отличается высокими скоростями смещений в четвертичное время, достигающими 9-10 мм/год [Трифонов, 1985], и является сейсмогенерирующим. Крупнейшее землетрясение приуроченное к Хангайскому разлому произошло в 1905 году. Указанные разломы по системе сбросов и грабенов, крупнейшим из которых является Хубсугульский, кулисно сопрягается с зонами Байкало-Мондинского и Тункинского разломов.

Восточная граница Высокой Азии впервые была обозначена и изучена китайскими исследователями и названа зоной 105° [Ли Сыгуан, 1952], данную зону также называют сейсмогенной зоной Север—Юг, так как с ней связано большое число высокомагнитудных исторических землетрясений [Din Guoyu, 1986]. В отечественной литературе одним из первых к данной зоне обратился В.И. Драгунов, обозначив ее как Трансевразийский линеймент [Драгунов 1965; Драгунов, Маньковский 1973]. Принципиальные различия глубинного строения, проявлений сейсмичности и магматизма и тектонической структуры были изложены в более поздних исследованиях [Грачев 1993; Митрофанов 1994; Очиров и др. 1976]. По данным ряда исследователей эта зона играет важную роль в минерагении региона [Гатинский, Рундквист 2004; Гатинский и др. 2005]. Принципиальные отличия глубинного строения, выраженные в поверхности Мохо и структуре геофизических полей, под Высокой Азией и к востоку от нее и о приуроченности данных изменений к узкой субмеридиональной зоне говорится в работе [Кунин, Иогансон и др. 1988]. Наиболее важным структурным отличием территорий к востоку и западу от зоны 105°, согласно многочисленным исследованиям в том числе [Трифонов, 1999], является преобладание структур сжатия к западу от обозначенной зоны, и структур растяжения, к востоку от нее.

Подвижные пояса Западной Монголии, как и Западного Китая, представлены горными хребтами и системами хребтов, воздымающимися над соседними блоками. Они представляют собой складки основания, осложненные разрывными нарушениями [Основы, 1962; Макаров, 1988]. Так Монгольский и Гобийский Алтай имеют складчатую природу; на границах поясов, в предгорных и межгорных впадинах проявлены надвиги с интенсивной деформацией новейших отложений, а крупнейшие разрывные нарушения имеют четко выраженную взбросовую и сдвиговую составляющую [Макаров, 1988; Трифонов, Макаров 1988]

Важнейшее значение в понимании неотектоники региона имеет анализ развития активных разломов в четвертичное время, они дают понимание скоростей, амплитуд и направлений новейших тектонических движений. Наиболее значимыми работами по территории Западной и Северной Монголии являются [Ding Guoyu, Lu Yanchou, 1988; Shi JianHang et al. 1988; Трифонов, 1985; Трифонов, Макаров, 1988; Трифонов и др., 2002]. Согласно этим работам, в Монгольском Алтае выделяется ряд разломов северо-северо-западного простирания с преобладающей правосдвиговой компонентой, суммарная скорость перемещений вдоль этих разломов в позднечетвертичное время превышает 10 мм/год. Взбросовая составляющая этих разломов существенно меньше, однако, ее наличие и складчатая природа горных сооружений говорят о горизонтальном сжатии. Укорочение горного пояса происходит, по-видимому, со скоростями не более первых миллиметров в год. Схожая картина наблюдается и в Гобийском Алтае, достоверно определить скорости перемещений здесь затруднительно, но, по предварительным оценкам, они несколько уступают скоростям в Монгольском Алтае.

Цель и задачи проекта

Целью проекта является выявление новейшей структуры и современных геодинамических условий развития северной части Высокой Азии и ее восточной границы и внутренней делимости на территории Монголии, построение комплексной структурно-геологической модели территории Гобийского Алтая и его западного и восточного продолжения.

Для достижения поставленных целей необходимо решить следующие задачи:

1. Изучение неотектоники восточной границы северной части Высокой Азии.

2. Изучение неотектоники и позднекайнозойского развития Монгольского и Гобийского Алтая, Хангайского нагорья и обрамлений грабена Хубсугул; оценка амплитуд и скоростей их новейших движений.

3. Изучение строения и стратиграфии осадочного чехла и истории формирования впадины Убсу-Нур и пояса новейших впадин Долины Озер между Монгольским и Гобийским Алтаем и Хангайским нагорьем.

4. Создание структурно-геодинамической схемы Главного Монгольского линеамента как зоны сочленения двух крупнейших сегментов земной коры с разным возрастом консолидации горных масс.

5. Получение нового фактического материала по геологическому и тектоническому строению зоны Главного Монгольского линеамента, а также обобщение имеющихся литературных и картографических данных.

6. Уточнение строения, кинематики, средних скоростей перемещений, режима и палеосейсмических проявлений зон крупнейших активных разломов.

7. Определение строения верхней мантии под монгольской частью Высокой Азией.

8. Оценка тектонического положения новейших вулканов Монголии.

Научная новизна исследования

Научной новизной заявленного проекта является комплексный подход к решению поставленных задач, позволяющий всесторонне изучить объекты исследования. На основе полевых и камеральных структурно-геологических и структурно-геоморфологических методов будут выявлены новейшие тектонические деформации, оценить их кинематические, морфологические и морфометрические характеристики. На основе изучения комплекса новейших отложений позднекайнозойских впадин, анализа их фациального состава, стратиграфической датировки и геологической корреляции, основанных на фаунистической характеристике, радиоизотопной датировке вулканических образований и палеомагнитных свойствах отложений будет установлена история становления новейшего структурного плана, датированы тектонические события. Тектонофизические исследования позволят выявить геодинамические обстановки формирования структур, наиболее вероятные причины их развития. Геофизические сейсмотомографические методы помогут установить связь новейшего структурного плана с глубинным строением земной коры и верхней мантии.

Важным новшеством является применение базы данных активных разломов Евразии, имеющейся в распоряжении научного коллектива [Бачманов и др., 2017]. Разработанные методы применения при неотектонических исследованиях [Бачманов и др., 2019], в комплексе с остальными методиками, особенно сейсмотомографическим профилированием, позволят глубже понять взаимосвязь новейших структур, их кинематических характеристик с геодинамическими условиями развития и процессами, протекающими в верхней мантии, поможет определить соотношение вклада коллизионного сжатия и мантийных течений в формирование структур Западной и Центральной Монголии.

Такой комплексный подход позволит всесторонне изучить наиболее важные и значимые структурные швы Западной и Центральной Монголии, такие как восточная граница Высокой Азии и Главный Монгольский линеамент, а также определить геодинамическую природу этих долгоживущих разделов, определяющих взаимоотношения корово-литосферных провинций региона, в том числе на новейшем этапе.

Предлагаемые подходы и методы

Для решения поставленных задач будут применены следующие методы:

1) Для изучения неотектонического строения территорий исследования (задачи 1 - 6) будут применяться методы структурно-геоморфологические и структурно-геологические, как полевые, так и камеральные:

а) обобщение имеющихся материалов, как опубликованных, так и накопленных участниками проекта в ходе ранее проведённых работ; в частности, будет использована созданная участниками проекта Новая база данных об активных разломах Евразии (Бачманов и др., 2017);

б) анализ дистанционных материалов (космических изображений и моделей рельефа), как предварительный, так и в ходе полевых исследований, и обработки полученных данных;

с) полевое изучение позднекайнозойской структуры отдельных тектонических зон структурно-геологическими и структурно-геоморфологическими методами, определение кинематических характеристик разломов и разломных зон, в частности, соотношений плиоцен-четвертичных смещений и деформаций в пересекающихся и смыкающихся крупных разломных зонах,

д) тренчинг активных разрывных нарушений, позволяющий определить точные характеристики кинематики и амплитуд активных разломов, выявить их сейсмический потенциал (задача 6);

е) обработка полевых материалов; совместный анализ новых и ранее полученных данных, элементов плиоцен-четвертичной тектоники и, в частности, активных разломов Монгольского и Гобийского Алтая, Хангайского нагорья, грабена Хубсугул.

ф) изучение деформаций рельефа и позднечетвертичных отложений с применением тренчинга (для решения задачи 6); анализ сейсмотомаграфических данных глобальной сети (для решения задачи 5), методов геологических, петролого-геохимических и радиоизотопных (для задачи 6).

г) определение возраста тектонических деформаций на основе уточнения стратиграфии новейшего комплекса отложений позднекайнозойских впадин (см. пункт 2)

2) Изучение новейших впадин Западной и Центральной Монголии, которое будет включать в себя уточнение их стратиграфии, определение их тектонической природы и истории геологического развития с применением палеонтологических, палеомагнитного, радиоизотопного методов и метода геологической корреляции для уточнения стратиграфии комплекса новейших отложений и возраста тектонических деформаций (для решения задач 1-3, 6);

3) Анализ горообразовательных процессов Западной и Центральной Монголии. Главным аспектом этих работ является количественная оценка относительного вклада в вертикальные движения, приводящие к росту гор, трёх основных факторов: возникновение и развитие локальных деформационных поднятий, обусловленных складчатостью и смещениями по разломам; магматизм и, в частности, проявления вулканической деятельности; общее дифференцированное поднятие крупных тектонических зон и провинций. Для выявления горообразующих факторов будут использованы структурно-геологические и структурно-геоморфологические методы, а также данные о коррелятных отложениях в соседних впадинах (см. пункт 2).

4) Изучение новейшего вулканизма области исследования, особенностей его петрографии, петрохимии, уточнение его возраста на основе радиоизотопного датирования. Установление тектонической позиции проявлений новейшего вулканизма (задача 8).

5) Изучение тектонической предыстории изучаемых неотектонических объектов на основе опубликованных материалов и собственных полевых наблюдений. Изучение тектонической структуры более древних структурных этажей областей длительного тектогенеза позволяет понять логику тектонических процессов, их динамику и эволюцию.

6) Сопоставление позднекайнозойских и более ранних элементов тектоники верхней части земной коры, выявленной геологическими и геофизическими методами, со структурой верхней мантии (задача 7). Методика таких работ, заключающаяся в построении скоростных разрезов мантии на основе баз сейсмотомаграфических данных глобальной сети, была применена авторами предлагаемого проекта для анализа разных регионов Альпийско-Гималайского орогенического пояса и показала свою эффективность при решении геодинамических задач [Соколов, Трифионов, 2012; Трифионов, Соколов, 2017, 2018]. В рамках предлагаемого проекта эта методика будет использована для выявления структуры верхней мантии Высокой Азии.

7) Геологическое и структурно-геологическое изучение длительно развивающихся структурных швов, разделяющих тектонические блоки разного возраста и тектонического строения (задачи 4, 5), в частности Главного Монгольского линеамента. Для их выполнения будут применять следующие методы и подходы:

а) Структурно-геологические исследования на разных уровнях: макроуровне – на основе изучения материалов дистанционного зондирования (выявления разновозрастных структурных и вещественных ансамблей, их тектонических деформаций и геодинамических особенностей их развития), анализа опубликованных геологических карт и научных публикаций; мезоуровне – основанное на собственных структурно-геологических полевых наблюдениях выявление тектонических структур, проявлений геодинамических условий их развития и т.д.; на микроуровне – изучение признаков и параметров тектонических деформаций на основе петрографического изучения горных пород.

б) Изучение эволюции зоны Главного Монгольского линеамента на разных этапах ее становления. Изучение особенностей и динамики развития изучаемой структуры на новейшем тектоническом этапе.

в) Установление значения протрузивных кристаллических образований в строении области Главного Монгольского линеамента, проявляющих признаки объемного течения в транспрессивных тектонических условиях. Детальное изучение строения таких объектов, истории их формирования и развития, в том числе в позднем кайнозое.

г) Изучение эволюции полей тектонических напряжений, оценка современного напряженного состояния областей изучения на основе комплекса тектонофизических методов (структурно-парагенетического и катакластического анализов). Реконструкции будут выполняться путем интерпретации собственных полевых наблюдений: сбора и замера индексов напряженного состояния (тектонические трещины, зеркала скольжения, отрывы, мелкие отрывы и сколы)

Ожидаемые результаты исследования и их научная и прикладная значимость

Основными результатами научного исследования будет:

1. Создание модели неотектонического развития восточной границы Высокой Азии, Монгольского и Гобийского Алтая, Хангайского нагорья, включающей в себя новейшее строение территории, определение возраста и источников орогенного поднятия восточной части Высокой Азии.

2. Сравнительный анализ строения и истории формирования комплекса новейших отложений, тектонического строения и происхождения впадин между Гобийским и Монгольским Алтаем и Хангайским нагорьем, а также грабена Хубсунгул.

3. Создание структурно-геодинамической схемы зоны Главного Монгольского линеамента как зоны сочленения крупнейших сегментов земной коры с разным возрастом консолидации горных масс.

Эти главные результаты имеют важное научное значение для понимания возраста и причин новейшего горообразования, его соотношений с коллизионным взаимодействием плит и мантийными течениями, а также для познания структурного выражения, истории формирования складчатых поясов, их сегментов и блоков с разным возрастом и условиями консолидации, зон их сочленения и роли протрузивных образований в областях транспрессивных обстановок в пределах таких швов.

Изучение неотектоники областей активного тектогенеза и новейших отложений позволяет углубить понимание современных геологических и тектонических процессов, сформировав модели поведения геологической среды в определенных тектонических и географических условиях. Высокая детальность исследований, недоступная при изучении более древних объектов в связи с принципом неполноты геологической летописи и потерей информации при воздействии наложенных геологических процессов, неразрывная связь наблюдаемых процессов с их результатами, как в вещественном так и структурном плане, делает такие модели особенно важными. Установленные закономерности могут быть транслированы на аналогичные объекты более древнего возраста в качестве хорошо изученного аналога.

Помимо общетеоретических результатов в процессе исследования будет получено большое количество результатов регионального значения. К ним относятся новые данные по неотектонике, новейшему вулканизму, палеонтологическому и палеомагнитному обоснованию кайнозойской стратиграфии впадин западной и центральной Монголии (впадины Усуб-Нур, грабена Хубсунгул, и

впадин между Гобийским и Монгольским Алтаем и Хангайским нагорьем), по активной тектонике региона.

Важнейшим практическим значением результатов исследования является уточнение оценок Ммах и периода повторяемости сильных землетрясений в зонах крупных активных разломов для оценки сейсмической опасности Монголии и соседних территорий России.

Результаты исследований будут опубликованы в реферируемых журналах в соавторстве с коллегами из Монголии, а также пройдут апробацию на научных конференциях.

Согласованный с зарубежными партнёрами детальный план исследований

- план конкретных исследований и задачи участников

Сформулированные задачи Проекта будут решаться в необходимой последовательности, причем по каждой задаче или ее разделу назначается ответственный исполнитель. Другие исполнители будут участвовать в решении такой задачи или ее раздела по мере необходимости. Исполнители разделяются на три группы, две из которых участвует в проведении экспедиционных работ, а третья решает задачи, не требующие их проведения. Первая экспедиционная группа проводит исследования в пределах зоны 105° и Хангайского нагорья, вторая – зоны Главного Монгольского линеамента. Все исполнители анализируют и используют при решении стоящих перед ними задач опыт предшественников и результаты прежних работ исполнителей Проекта. Работы распределяются между участниками следующим образом.

Гайдаленок О.В. – участие в полевых работах в пределах зоны 105° и Хангайского нагорья и сопредельных впадинах, описание разрезов, сбор фауны, палеомагнитное опробование, обработка полученных материалов.

Гарипова С.Т. – участие в полевых работах в пределах зоны 105° и Хангайского нагорья и сопредельных впадинах, описание разрезов, отбор образцов и обработка полученных материалов, петрографическое описание шлифов.

Леонов М.Г. – ответственный исполнитель работ по анализу и сопоставлению данных о тектонике и тектонической эволюции зоны Главного Монгольского линеамента, оценке возраста и геодинамических условий ее развития.

Маринин А.В. – участие в полевых работах в пределах зоны 105° и Хангайского нагорья и сопредельных впадинах, зоне Главного Монгольского линеамента, сбор тектонофизических наблюдений (зеркала скольжения, тектонические трещины и т.д.), обработка полученных материалов, восстановление направлений тектонических напряжений, геодинамических условий развития структур.

Пржиялговский Е.С. – ответственный исполнитель работ по полевому изучению зоны Главного Монгольского линеамента, изучение и описание разрезов, структурно-геологические и геолого-геоморфологические наблюдения, обработка полученных результатов.

Соколов С.А. – ответственный исполнитель работ по полевому изучению и получению новых данных по зоны 105° и Хангайского нагорья, магнито-стратиграфических данных по впадине Усуб-Нур, грабена Хубсунгул, и впадин между Гобийским и Монгольским Алтаем и Хангайским нагорьем, активной тектонике региона, сравнительный анализ неотектонического развития данных впадин.

Соколов С.Ю. – анализ сейсмотомографических данных с целью изучения строения верхней мантии под зоной 105° и Хангайского нагорья, впадинами Усуб-Нур, грабеном Хубсунгул, и впадинами между Гобийским и Монгольским Алтаем и Хангайским нагорьем; участие в геодинамической интерпретации полученных данных.

Трифонов В.Г. – ответственный исполнитель работ по анализу и сопоставлению данных о неотектонике и тектонической эволюции северо-восточной части Высокой Азии, оценке амплитуд, возраста и источников ее поднятия и соотношений сопредельных впадин с ее границами.

Фролов П.Д. – участие в полевых работах в пределах зоны 105°, Хангайского нагорья и сопредельных впадин, сбор фаунистического материала, обработка полученных данных, определение

палеонтологических находок, возраста отложений палеонтологическими методами, корреляция новейших отложений.

Шалаева Е.А. – участие в полевых работах в пределах зоны 105°, Хангайского нагорья и сопредельных впадин, структурно-геоморфологические наблюдения, изучение деформаций новейших отложений, описание разрезов, палеомагнитное опробование, отбор образцов и обработка полученных материалов.

План реализации проекта по годам:

2020 год – основные работы по сбору и обобщению опубликованных материалов по тематике Проекта; структурно-геологические, структурно-геоморфологические и неотектонические (включая активные разломы) исследования на основе анализа дистанционных материалов; полевые работы в Хангайском нагорье, зоне Хангайского разлома и соседних впадинах, зоне Главного Монгольского линеамента. Подготовка первых публикаций по неотектонике, палеонтологической характеристике и стратиграфии территории.

2021 год – продолжение структурно-геологических, структурно-геоморфологических и неотектонических исследований на основе анализа дистанционных материалов; анализ сейсмотомографических данных с целью изучения строения верхней мантии под северо-восточной частью Высокой Азии и сопредельными впадинами; предварительное обобщение данных о неотектонике восточной границы Высокой Азии в пределах Монголии и ее выражении в строении верхней мантии; полевые работы в Гобийском и Монгольском Алтае и сопредельных впадинах, зоне Главного Монгольского линеамента; обработка полевых материалов, подготовка публикаций по теме Проекта..

2022 год – полевые работы в пределах грабена Хубсугул и областях современного вулканизма, зоне Главного Монгольского линеамента; завершение работ по всем задачам Проекта; создание модели строения, происхождения и развития новейшей структуры границы Высокой Азии в пределах Монголии; подготовка публикаций по результатам выполненных исследований.

- план исследований, проводимых зарубежными партнерами

Монгольские исполнители проекта участвуют во всех совместных с российскими исполнителями полевых работах, проводимых в Восточной Турции, и обработке полученных результатов, таким образом план научных исследований, проводимых нашими зарубежными коллегами, включает следующие работы:

2020 год – основные работы по сбору и обобщению опубликованных материалов по тематике Проекта; структурно-геологические, структурно-геоморфологические и неотектонические (включая активные разломы) исследования на основе анализа дистанционных материалов; полевые работы в Хангайском нагорье, зоне Хангайского разлома и соседних впадинах, зоне Главного Монгольского линеамента. Подготовка первых публикаций по неотектонике, палеонтологической характеристике и стратиграфии территории.

2021 год – продолжение структурно-геологических, структурно-геоморфологических и неотектонических исследований на основе анализа дистанционных материалов; анализ сейсмотомографических данных с целью изучения строения верхней мантии под северо-восточной частью Высокой Азии и сопредельными впадинами; предварительное обобщение данных о неотектонике восточной границы Высокой Азии в пределах Монголии и ее выражении в строении верхней мантии; полевые работы в Гобийском и Монгольском Алтае и сопредельных впадинах, зоне Главного Монгольского линеамента; обработка полевых материалов, подготовка публикаций по теме Проекта..

2022 год – полевые работы в пределах грабена Хубсугул и областях современного вулканизма, зоне Главного Монгольского линеамента; завершение работ по всем задачам Проекта; создание модели строения, происхождения и развития новейшей структуры границы Высокой Азии в пределах Монголии; подготовка публикаций по результатам выполненных исследований.

- взаимодействие и координация российских и зарубежных партнеров

В декабре 2019 года между Геологическим институтом Российской академии наук и Институтом Естественных и Гуманитарных наук Монгольского Государственного Университета заключено соглашение о научном сотрудничестве и утверждена программа совместных научных исследований.

Координация работ во время осуществления проекта будет осуществляться с российской стороны старшим научным сотрудником лаборатории неотектоники и современной геодинамики Соколовым С.А. и старшим научным сотрудником лаборатории консолидированной коры Пржиялговским Е.С. Координаторы работ с монгольской стороны: профессор, кандидат геолого-минералогических наук Арвисбаатар Наваанчимэд и доцент, кандидат геолого-минералогических наук Бат Болдын.

Ожидаемые научные результаты за первый этап реализации проекта

К окончанию первого этапа реализации проекта планируется подготовить к публикации статью о структурно-геологическом строении Высокой Азии и ее сопредельных областей на основе дешифрирования и тематической обработки материалов дистанционного зондирования. В статье будут рассмотрены параметры активных разломов этих территорий и соотношение новейшего структурного плана с глубинным строением земной коры и верхней мантии.

На основании первичной обработки полевых данных будет

- получены первые данные о стратиграфии комплекса новейших отложений впадин в районе Хангайского нагорья.
- составлены детальные структурно-геоморфологические и структурно-геологические схемы и карты ключевых участков в пределах Хангайского нагорья, в зоне Хангайского разлома и соседних впадин, зоне Главного Монгольского линеамента. Выявление
- выделены структурные парагенезисы этих территорий
- проведен сбор индикаторов напряженного состояния среды в местах проведения полевых исследования, произведена их обработка и выявление параметров пролей тектонического напряжения изучаемой области

Обоснование целесообразности и необходимости выполнения исследований совместно с зарубежными партнерами

Исследуемые объекты, хотя и имеют непосредственное продолжение на территории России, и оказывают на нее значимое влияние, располагаются преимущественно на территории Монголии, это делает сотрудничество с монгольскими партнерами желательным и даже необходимым. Коллеги обладают глубокими знаниями по геологии, стратиграфии, тектонике и неотектонике выбранных объектов, владеют наиболее актуальными научным материалом и публикациями, в том числе на монгольском языке. Сотрудничество с нашими монгольскими коллегами позволит глубже изучить объекты исследования, сделать более взвешенные и непротиворечивые выводы.

Имеющийся научный задел по проекту

- у участников конкурса

У участников проекта имеется серьезный научный задел для решения задач и достижения целей, сформулированных в проекте. Научная группа успешно применяла описанные в проекте методики комплексного изучения новейшего тектонического строения на других территориях (северо-западная Армения, восточная Турция, Керченско-Таманская область и т.д.) [Трифонов и др., 2017; Тесаков и др., 2019, Трихунков и др., 2019; Shalaeva et al., 2019; Trifonov et al., 2019; Гайдаленок, 2020], проводила значимые исследования активных разрывных нарушений и их сейсмического потенциала, в том числе и территории исследования. Были изучены активные разломы и некоторые черты неотектоники региона [Трифонов, 1985; Трифонов и др., 1988, 2002]. По

территории Главного Монгольского линеамента у участников проекта существует несколько важных исследований, имеющих теоретическое и региональное значение [Пржиялговский и др., 2011; 2014; Леонов и др., 2017; Леонов, 2012,]. Они требуют углубления и обобщения. Важным является наличие в распоряжении группы запатентованной базы данных активных разломов Евразии [Бачманов и др., 2017] и разработанной методики ее применения при неотектонических исследованиях [Бачманов и др., 2019]. Группа обладает опытом в анализе и интерпретации геофизических данных при изучении глубинного строения территорий для восстановления геодинамических обстановок, полученным при исследовании различных регионов Евразии и позволяющим говорить о значительном вкладе мантийных подлитосферных потоков в тектогенезе [Соколов, Трифонов, 2012; Трифонов, Соколов, 2017, 2018]. Методики тектонофизических исследований опробованы и доказали свою надежность в многочисленных работах по различным регионам Альпийско-Гималайского подвижного пояса и другим территориям [Маринин и др., 2016, 2017; Sim et. al., 2018].

Коллектив в основном обеспечен компьютерными и техническими средствами и информационными ресурсами, необходимыми для реализации проекта. Отлажены связи с организациями и сотрудниками, которые могут выполнить те виды необходимых для реализации проекта работ, которые находятся вне компетенции исполнителей проекта (палеомагнитные и радиоизотопные определения, химические анализы и т.п.).

- у зарубежных партнеров

В научный коллектив монгольской группы входят высококвалифицированные ученые, участники крупных национальных и международных проектов, Исследования которые проводили или в которых принимали участие члены коллектива посвящены тектоническим и геоморфологическим вопросам строения территории Монголии, изучению ее глубинного строения, структурно-геоморфологического строения страны. Докторант Б.Даариймаа – специалист по обработке и интерпретации геофизических данных, участница крупного международного проекта, в котором участвовали пять стран (Монголия, Россия, Казахстан, КНР, Южная Корея). Б. Бат руководил составлением геоморфологической карты Монголии масштаба 1:1000000, занимался морфоструктурным анализом золоторудных месторождений Центральной и Восточной Монголии в рамках проекта по изучению геологического строения и минерализации этих территорий. Профессор Н.Арвисбаатар участвовал в работах Монголо-Российской совместной геофизической экспедиции, и изучал глубинное строение Хангайского поднятия, и Хубсугульского рифта по геофизическим данным.

В распоряжении кафедры геологии и геофизики Монгольского государственного университета, сотрудниками которой являются участники монгольской группы, имеется ряд исследовательских лабораторий, которые могут стать базой для выполнения некоторых аналитических исследований:

- Лаборатория фундаментальных исследований,
- Лаборатория петрофизики,
- Лаборатория инженерной геологии и геотехники.

Список основных публикаций руководителя коллектива за последние 3 года

1. Тесаков А.С., Гайдаленок О.В., Соколов С.А., Фролов П.Д., Трифонов В.Г., Симакова А.Н., Латышев А.В., Титов В.В., Щелинский В.Е. Тектоника плейстоценовых отложений северо-восточной части Таманского полуострова, южное Приазовье // Геотектоника. 2019, № 5. С. 12—35

2. Трихунков Я.И., Бачманов Д.М., Гайдаленок О.В., Маринин А.В., Соколов С.А. Новейшее горообразование в зоне сочленения структур Северо-Западного Кавказа и Керченско-Таманской области // Геотектоника. 2019. № 4. С. 78–96

3. Shalaeva E.A., Trifonov V.G., Lebedev V.A., Simakova A.N., Avagyan A.V., Sahakyan L.H., Arakelyan D.G., Sokolov S.A., Bachmanov D.M., Kolesnichenko A.A., Latyshev A.V., Belyaeva E.V., Lyubin V.P., Frolov P.D., Tesakov A.S., Sychevskaya E.K., Kovalyova G.V., Martirosyan M.,

Khisamutdinova A.I. Quaternary geology and origin of the Shirak Basin, NW Armenia // Quaternary International. 2019. vol. 509 p. 41-61

4. Trifonov V.G., Simakova A.N., Çelik H., Tesakov A.S., Shalaeva E.A., Frolov P.D., Trikhunkov Ya.I., Zelenin E.A., Aleksandrova G.N., Bachmanov D.M., Latyshev A.V., Ozherelyev D.V., Sokolov S.A., Belyaeva E.V. The Upper Pliocene – Quaternary geological history of the Shirak Basin (NE Turkey and NW Armenia) and estimation of the Quaternary uplift of Lesser Caucasus // Quaternary International, 2019, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.11.004>

5. Гайдаленок О.В., Соколов С.А., Измайлов Я. А., Фролов П.Д., Титов В.В., Тесаков А.С., Трифонов В. Г., Латышев А.В., Орлов Н.А. Новые данные о позднечетвертичном складкообразовании и деформации рельефа на севере Таманского п-ова, Краснодарский край // Геоморфология. 2010 №1. С. 54 – 68.

Сведения о руководителе зарубежного коллектива

Полное имя: Арвисбаатар Наваанчимэдийн. Год рождения: 1948 год. Страна: Монголия. Место работы: Монгольский государственный университет, Кафедра Геологии и Геофизики. Должность: Профессор.

Список основных публикаций за последние 5 лет:

1. Turutanov E.Kh., Zorin Yu.A., Arvisbaatar N., Sklyarov E.V, Mazukabzov A.M., Mordvinova V.V., Tumurtogoo O., Kozhevnikov V.M, Gao Sh., The Mongolia-Siberia transect, Ulaanbaatar, 2016, 132 p. (In Mongolian)

2. Arvisbaatar N., Turutanov E.Kh., Internal structures of the Cenozoic depressions on the flanks of the Baikal Rift zone, UB, 2015, 112 p. (In Mongolian)

3. Turutanov E. Kh., Arvisbaatar N., Mordvinova V.V., The Russia-Mongolian geophysical transect, Khaiguulchin, 2019, N61, p. 103-105

4. Turutanov E.Kh., Arvisbaatar N., “Mongolian” batholith - the Largest Granitoid Pluton of Asia, Khaiguulchin, 2019, N61, p. 106-107