

Москва 2020

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель НИР,

Зав. лаб., ст. науч. сотр.

канд. геол.-мин. наук

Е.А. Зеленин

(введение, раздел 3.2,
заклучение)

Исполнители

Вед. науч. сотр.

д-р геол.-минер. наук

Гл. науч. сотр.

д-р геол.-мин. наук, профессор

А.И. Кожурин

(раздел 1)

В.Г. Трифонов

(раздел 2.1, заклучение)

Ст. науч. сотр.

канд. геол.-мин. наук

Д.М. Бачманов

(раздел 3.1)

Ст. науч. сотр.

канд. геогр. наук

Я.И. Трихунков

(раздел 3.1)

Ст. науч. сотр.

канд. геол.-мин. наук

С.А. Соколов

(раздел 3.2)

Науч. сотр.

Е.А. Шалаева

(раздел 2.1, 2.2)

Мл. науч. сотрудник

О.В. Гайдаленок

(раздел 2.1)

Мл. науч. сотрудник

С.Т. Гарипова

(раздел 3.2)

Реферат

Отчет 21 с., 3 раздела, 8 рисунков, 15 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: Альпийско-Гималайский подвижный пояс, Притихоокеанский подвижный пояс, зона перехода континент-океан, коллизия, активные разломы, горообразование, неотектоника, сейсмотектоника.

В Притихоокеанском тектоническом поясе исследовано его соотношение с внутриконтинентальным подвижным поясом Черского. Показано, что крупнейший в регионе разлом Улахан является сдвигом вращения, то есть не может быть трансформным ограничением Охотской литосферной плиты. Обоснована необходимость разработки другой модели структурного и геодинамического районирования северо-востока Азии.

В Кавказско-Аравийском сегменте Альпийско-Гималайского подвижного пояса начаты работы, посвященные связи новейших тектонических движений в Закавказье с активными разрывами Восточно-Анатолийской зоны разломов. Опробованы разрезы неоген-четвертичного заполнения внутригорных впадин, намечены участки для дальнейших палеосейсмологических и структурно-геологических работ.

По данным геологического изучения Зайсанской впадины выявлена общая хронология кайнозойских тектонических движений в регионе. Описаны сводово-взбросовые деформации региональной предорогеной поверхности выравнивания, реконструировано новейшее поле напряжений.

Начато изучение неотектонического строения северной части Убсунурской впадины. Проведен комплекс полевых структурно-геологических и стратиграфических работ на сочленении впадины с поднятиями хребтов Восточный Танну-Ола и Сенгилен.

СОДЕРЖАНИЕ

ВЕДЕНИЕ	5
Раздел 1. Притихоокеанский подвижный пояс	6
Раздел 2. Кавказско-Аравийский сегмент Альпийско-Гималайского подвижного пояса	8
Раздел 3. Неотектоническое развитие Центрально-Азиатского подвижного пояса	12
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	18
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	19
<i>Приложение А:</i> Публикации по теме исследований в 2020 г.	21

Введение

Работы выполнены по пункту программы ФНИ государственных академий наук на 2013-2020 гг. № 124 – «Геодинамические закономерности вещественно-структурной эволюции твердых оболочек Земли». Цель работ – выявление особенностей геодинамики позднекайнозойского этапа развития Альпийско-Гималайского и Притихоокеанского подвижных поясов. В отчете представлены результаты продолжающихся работ в Притихоокеанском поясе и Аравийско-Кавказском сегменте Альпийско-Гималайского пояса. В отчетном периоде также были проведены работы в Центральной Азии на северном обрамлении Альпийско-Гималайского пояса, где интенсивность геодинамических процессов сравнима с ранее упомянутыми сегментами.

Настоящий отчет за 2020 год является отчетом за первый год работ по бюджетной теме, соответственно все представленные результаты естественным образом делятся на первичные материалы, полученные в ходе рекогносцировочных работ и результаты обработки и публикации научного задела, полученного исследовательским коллективом ранее.

Структура отчета соответствует пространственному положению районов работ 2020 года. В заключительной части отчета приведены основные результаты исследований за отчетный период.

1 Притихоокеанский подвижный пояс

В 2020 г. работы по Притихоокеанскому тектоническому поясу концентрировались на вопросе соотношения пояса с внутриконтинентальными активными структурами. Основным объектом был разлом Улахан в пределах внутриконтинентального подвижного пояса Черского (Рисунок 1). Разлом длиной почти в 1000 км простирается, как и весь пояс Черского, в северо-западном направлении, то есть практически под прямым углом к структурам Притихоокеанского пояса. Известно, что кинематически разлом Улахан представляет левый сдвиг [1]. Максимальная величина левого сдвига по разлому – порядка 60-70 км – устанавливается по смещению позднеюрского вулканического пояса [2].

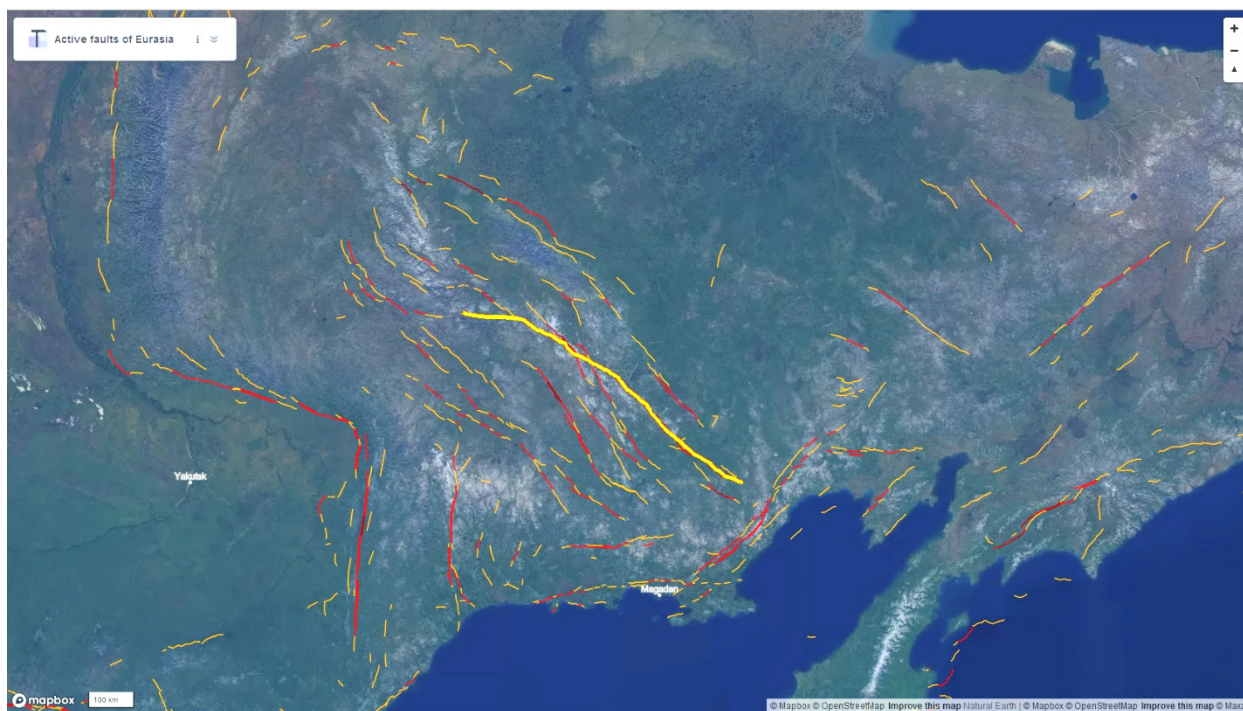


Рисунок 1 – Положение разлома Улахан (выделен желтым) на карте активных разломов северо-западной Азии. Карта составлена по материалам базы данных активных разломов [3].

Для понимания характера соотношения периокеанического и внутриконтинентального поясов разлом имеет ключевое значение – в общепринятых плейт-тектонических моделях северо-востока Азии он представляет часть северной границы Охотской малой литосферной плиты, выжимающейся к югу сходящимися Северо-Американской и Евразийской плитами [4]. Скорость движения Охотской плиты к югу относительно Северо-Американской плиты оценивается величиной примерно в 3-5.5 м в год [5], практически равной скорости горизонтального перемещения по разлому Улахан (5.3 ± 1.3 мм в год [6]). Моделью предполагается, что разлом Улахан продолжается через Камчатский перешеек или к о-ву Карагинский (западная часть Берингова моря), или к западному окончанию Алеутской дуги.

Целями работ были: 1) определение реальной протяженности и реальной формы в плане разлома Улахан, 2) анализ положения линии разлома в системе новейших (с олигоцена) структур. Первый вопрос решался дешифрированием космических снимков высокого разрешения.

Выявлено, что при общем северо-западном простирации, согласном с простирацией пояса Черского, линия разлома испытывает закономерные отклонения – в обоих своих окончаниях он становится субширотным (отклонение порядка 20°). Также обнаружено, что на юго-востоке разлом заканчивается западнее залива Шелихова, то есть не продолжается, как предполагается моделью [4], через залив к побережью Берингова моря или Тихого океана.

Искривление линии разлома в плане до S-образной конфигурации, а также отсутствие структур, в движениях по которым могли бы трансформироваться сдвиговые перемещения по нему, позволяют интерпретировать разлом Улахан как сдвиг вращения [7] – противоположный по источнику и параметрам сдвиговых перемещений трансформным разломам. Подсчет величины сдвига, накопленного за счет вращения (примерно на 20°) по часовой стрелке в горизонтальной плоскости центральной части разлома Улахан, выполненный по формуле [7], дает значение примерно в 21 км. Это значение практически равно максимальному измеренному по крупным речным долинам (23-24 км, по [8-11]).

Изложенная интерпретация разлома Улахан как сдвига вращения решает вопрос формирования Сеймчано-Буюндинской впадины - примерно прямоугольной формы, с заполнением с олигоцена, ограниченной с юга субширотным окончанием разлома. Левостороннего сдвига в северном ограничении впадины, что могло бы быть основанием для ее интерпретации как впадины типа pull-apart, нет. Единственный, с учетом приведенного выше, вариант состоит в том, что впадина образовалась как реализация части вращения в плане линии разлома Улахан в соответствии с моделью «домино».

Таким образом, полученные данные не позволяют считать разлом Улахан трансформным, как неявно предполагается моделью выжимания Охотской плиты Ригеля с соавторами [7]. Очевидна необходимость разработки другой модели структурного и геодинамического районирования северо-востока Азии.

2 Кавказско-Аравийский сегмент Альпийско-Гималайского подвижного пояса

Работы в Кавказско-Аравийском сегменте Альпийско-Гималайского подвижного пояса были направлены на получение данных о новейших тектонических движениях в Закавказье и их связи с активными разрывами Восточно-Анатолийской зоны разломов. В частности, коллектив получил возможность обследовать сейсморазрыв Элязыгского землетрясения 24.01.2020 и измерить величину разового смещения дневной поверхности. Кроме того, были доведены до публикации ранее полученные данные о вулканизме Арагаца – одного из крупнейших вулканических центров Закавказья.

2.1 Новые данные о геодинамике Закавказья по материалам исследования активных разломов и разрезов внутригорных впадин

В отчетный период были проведены полевые работы в Восточной Анатолии (Рисунок 2). В ходе полевых работ были частично изучены сегменты Восточно-Анатолийской зоны разломов между пос. Илинчак и Услу (т. 496 на рис. 2), измерены величины вертикальных смещений поверхности I НПТ р. Ефрат в р-не пос. Чевримташ, сформировавшихся в результате Элязыгского землетрясения 24.01.2020 (рисунок 3), и накопленных смещений что дает основания для оценки средней скорости деформаций и характерной повторяемости сейсмических событий.

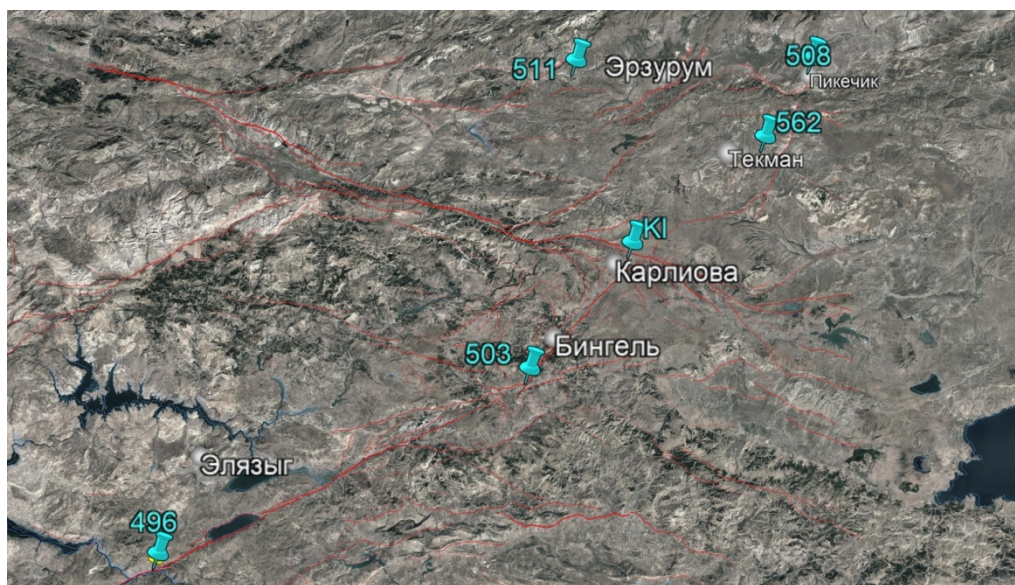


Рисунок 2 – Районы полевых работ в Восточной Анатолии 2020 г.



Рисунок 3 – Окончание сейсморазрыва Элязыгского землетрясения 24.01.2020

В Бингельской впадине, в долине притока р. Мурат (т. 503 на рис. 2), изучена I НПТ (Рисунок 4) смещенная сегментом восточно-анатолийской системы разломов, а именно описана литология отложений, отобраны образы для палеомагнитных и палеонтологических (фаунистических, спорово-пыльцевых, диатомовых) исследований, что позволит восстановить неоген-четвертичную историю развития впадины и сопоставить ее с развитием Восточно-Анатолийской зоны разломов.



Рисунок 4 – Общий вид обследованного неоген-четвертичного разреза в бассейне р. Мурат, Бингельская впадина

Кроме того, изучена зона сочленения Восточно-Анатолийской и Северо-Анатолийской системы разломов (депрессия в районе пос. Карлиова), продолжены работы по описанию и опробованию разрезов впадин в районе пос. Пикечик и пос. Кандилли.

Проведены рекогносцировочные работы в районе пос. Текман, где травертиновые поля и базальтовые лавовые потоки предположительно деформированы активными разломами. Отобраны образцы на U-Th и Ar-Ar датирование, намечены участки для дальнейших палеосейсмологических и структурно-геологических работ.

2.2 Исследования четвертичного вулканизма Закавказья

В отчетный период доведена до публикации статья [12], подготовленная по результатам исследований четвертичных отложений Ширакской впадины и вулканической активности на её обрамлении. В статье доказана приуроченность Ленинаканского игнимбрита к вулкану Арагац, представлены результаты определения возраста и стратиграфического положения игнимбритов. На основании монотонного внутреннего строения игнимбритовой толщи, близкого возраста образцов, установленного по результатам К-Аг датирования, и схожего химического состава сделан вывод о том, что толща игнимбритов сформирована в результате крупного одноактного извержения вулкана Арагац. Определена минимальная площадь распространения продуктов извержения в пределах позднекайнозойской Ширакской впадины и ее обрамления к северо-западу и северу от Арагаца (Рисунок 5) и объем изверженного материала. Сопоставление возраста и состава туфов и лав привершинной части Арагаца показало, что их формирование произошло на завершающей стадии третьего этапа активности вулканического центра (0.70–0.65 млн лет назад).

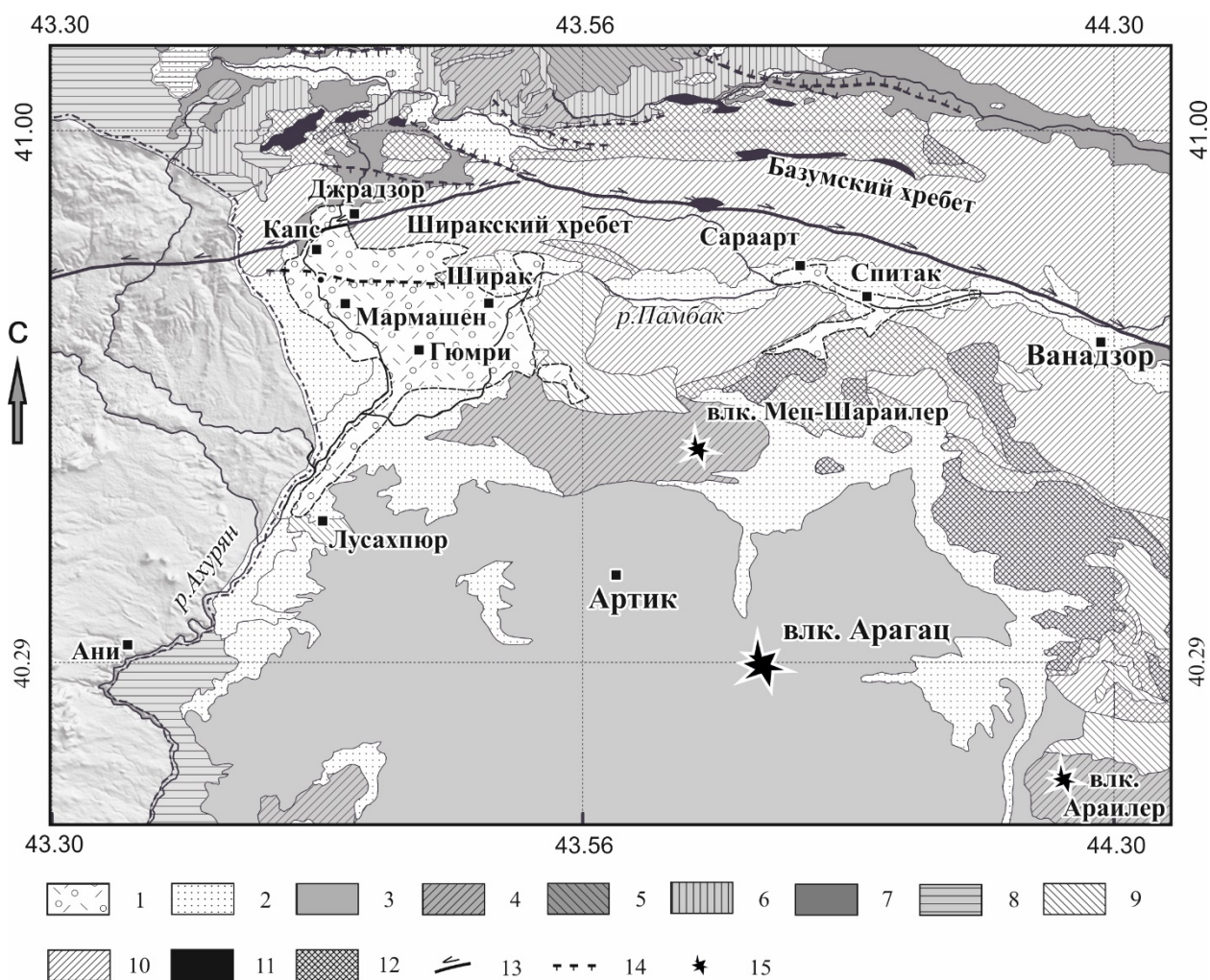


Рисунок 5 – Область распространения ленинаканского игнимбрита на обобщенной геологической карте. 1 – ленинаканский игнимбрит; 2 – четвертичные туфогенно-терригенные отложения; 3–8 – вулканические образования: 3 – Арагацкого центра (1.0–0.4 млн лет), 4 – вулканов Араилер и Артени (~1.3 млн лет), вулкана Мец-Шараилери V комплекс андезитов и трахиандезитов Джавахетского хребта (~1.7 млн лет), 5 – IV комплекс Джавахетского нагорья, дациты (~1.8–2.0 млн лет), 6 – III комплекс Джавахетского нагорья, андезиты, трахиандезиты (~1.8–2.0 млн лет), 7 – II комплекс, базальты и андезибазальты (~2.0–2.5 млн лет), 8 – I комплекс, от базальтов до риолитов, плиоцен; 9 – верхний миоцен; 10 – палеоген (главным образом, эоцен), андезиты, андезито-дациты, андезитовые порфиры; 11 – мезозойские офиолиты и ультрабазиты; 12 – палеозой (граниты, гранито-гнейсы, гранодиориты); 13 – разломы; 14 – флексуно-разломные зоны; 15 – вулканические центры.

3 Неотектоническое развитие Центрально-Азиатского подвижного пояса

3.1 Геодинамика Зайсанской впадины

В отчетный период доведены до публикации результаты многолетних работ по темам госзадания в Восточном Казахстане [13]. Изучена зона контрастных новейших движений южной наиболее опущенной части Зайсанской впадины и прилегающей к ней наиболее поднятой Саурской части Саур-Тарбагатайской горной системы. Проведен морфоструктурный анализ региона, основанный на данных полевых структурно-геоморфологических исследований и новейших дистанционных данных высокого разрешения. Выделен ряд региональных широтных линейных сводово-разрывных и осложняющих их поперечных блоковых морфоструктур, изучена история их новейшего развития.

Установлено, что Зайсанская впадина и её горное обрамление – хребты Саур, Тарбагатай, Манрак и Сайкан сформировались в новейшее (неоген-четвертичное) время в условиях латерального сжатия земной коры. Сжатие реализовывалось в сводово-взбросовых и сдвиговых деформациях региональной предороженной поверхности выравнивания палеоценового возраста, дешифрованной нами почти до 4 км на хребте Саур и вскрытой бурением на 1.5 км в Зайсанской впадине.

Частично латеральное сжатие реализовано за счет правосдвиговых смещений по Манрак-Саурскому и Тарбагатайскому правым сдвигам северо-западного простиранья. Нами зафиксированы правосторонние смещения речных долин и среднеплейстоценовых трогов в пределах Саурского хребта с минимальной амплитудой в 1 км за четвертичное время.

На стыке с горными массами Джунгарской впадины в своих юго-восточных периферийных частях Манрак-Саурский и Тарбагатайский правые сдвиги компенсируются системой широтных взбросов. Эти взбросы контролируют развитие Зайсанской, Кендырлыкской, Кобукской и, возможно, Чиликтинской впадин, как рамп-синклиналей, а также глыбовых хребтов Саур, Манрак, Сайкан и Тарбагатай, как клиньев выжимания. Ось сжатия при этом приходится на наиболее поднятый Саур-Сайканский поперечный сегмент горной системы Саур-Тарбагатай.

На фоне преобладания глыбовых деформаций латеральное сжатие вызвало формирование ряда складчатых морфоструктур, развитых во впадинах и затрагивающих разные стратиграфические комплексы отложений. На юге Зайсанской впадины имеет место прерывистая пологая складчатость в мезозойско-кайнозойских осадках, выраженная в рельефе в виде пологих холмов и моноклинальных гряд, подорванных взбросо-надвигами.

Во внутригорной Кендырлыкской впадине пликативным дислокациям подвержены пермско-триасовые отложения, которые образуют ряд куэстообразных форм рельефа.

Проведенные исследования поверхностей выравнивания, принятых нами за реперы в подсчете амплитуд новейших деформаций, подкреплены исследованиями коррелятных отложений крупнейших стратотипических разрезов Зайсанской впадины. Данные этих исследований, в сочетании с данными морфоструктурного анализа позволили восстановить картину новейшего развития региона. В ней с позднего палеозоя сочетаются общая унаследованность дифференцированных движений земной коры и прерывистость, выраженная в фазах их активизации. Новейшее развитие территории началось в палеоцене в форме малоамплитудных сводовых деформаций предороженной поверхности выравнивания, выразившихся в прогибании Зайсанской котловины и начале озерного осадконакопления. При этом низкогорья на ее периферии, являлись областями сноса песчаных отложений. Активизация в олигоцен-миоцене правых взбросо-сдвигов на периферии впадины – причина усиления вдавливания последней и максимального расширения озерного бассейна. В плиоцен-четвертичное время резкое усиление горообразования приводит к огрублению молассы в разрезе впадины и сокращению ее площади за счет активизации Манрак-Сайканской зоны передовых хребтов, а также моноклинально-складчатой зоны впадины.

3.2 Неотектоника южной Тувы

Объектом исследования была выбрана Убсу-Нурская впадина, а также ее северное обрамление- хребты Восточный Танну-Ола и Сенгилен (Рисунок 6). Крупная межгорная котловина озера Убсу-Нур является наиболее северной и гипсометрически низкой в группе депрессионных структур Долины Больших Озер. Для понимания истории развития и тектонической позиции комплекса этих структур были поставлены задачи по изучению неотектонического строения впадины, комплекса позднекайнозойских отложений, который ее выполняет, и тектонической природы северной границы депрессии озера Убсу-Нур.

Для решения этих задач были организованы полевые работы, в ходе работ были обследованы северные разломные границы Убсу-Нурской впадины и хребта Танну-Ола в долинах рек Ирбитей, Хоолу, Деспен. В обнажениях в долине реки Хоолу и в оврагах Козий и Заячий был изучен комплекс новейших отложений, выполняющий Убсу-Нурскую впадину. Палеоген-неогеновые накопления впадины достаточно богаты фауной, здесь встречаются слои, насыщенные пресноводными моллюсками, зубами мелких млекопитающих, также в разрезе встречаются кости крупных позвоночных. Из указанных обнажений был собран фаунистический материал, а из разрезов в долине р. Холлу впервые были отобраны магнитостратиграфические образцы. Полученный материал поможет

уточнить стратиграфическое положение выделенных толщ, систематизировать палеонтологические и палеоэкологические данные и датировать тектонические события.

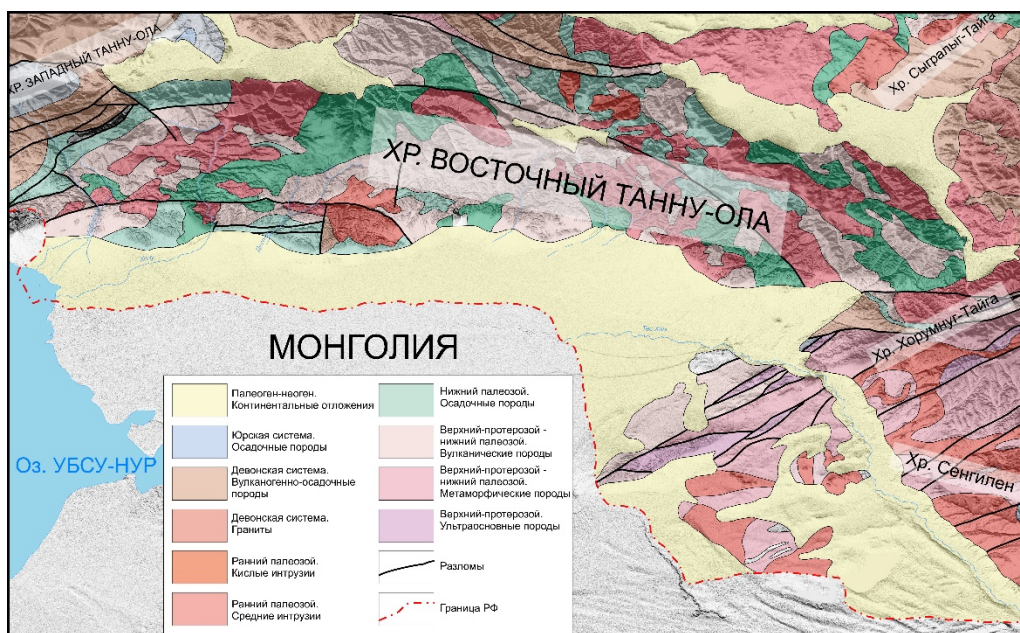


Рисунок 6 – Геологическая карты района работ в южной Туве

По первичным полевым наблюдениям и по литературным данным наиболее древние из кайнозойских пород региона обнажены в Козьем овраге, это палеогеновые грубообломочные красноцветные отложения [14, 15], вероятнее всего отвечающие стадии обособления впадины и начала роста хребта Танну-Ола, расположенного к северу. На них залегает комплекс озерных отложений миоцена-плиоцена. Данная толща достигает мощности в несколько сотен метров и обнажается в крупных оврагах и в долине реки Холлу. Ее фаунистические характеристики и литологический состав в общих чертах едины во всех обнажениях. Низы разреза представлены преимущественно песчаным материалом с горизонтальной и, в отдельных случаях, косой и волнистой слоистостью. Толща накапливалась в прибрежной части озера, в которое впадали реки, стекающие с прилегающего горного сооружения, высота которого в то время вероятнее всего была не столь велика как сейчас. Средняя часть разреза миоцен-плиоценовой толщи сложена более тонким материалом: глинами и тонкозернистыми песками с горизонтальной слоистостью. Смена состава указывает на углубление водного бассейна. Завершает разрез этой толщи пачка чередующихся глин и мергелей, что говорит о засаливании озера. В отдельных обнажениях в верхах разреза можно встретить слой мусорных песков, что говорит о интенсификации тектонических движений. Палеоген-неогеновый разрез перекрывают современные и верхнечетвертичные пролювиальные накопления, обрамляющие фронт гор.

Комплекс палеоген-неогеновых отложений интенсивно дислоцирован. В наиболее западных обнажениях, в долине реки Хоолу, в нижнем течении описан антиклинальный изгиб слоев: углы падения относительно невелики, около 20 градусов, азимут падения изменяются с южных румбов на восточный при продвижении вверх по течению, на северо-восток, в этом же направлении уменьшаются углы падения слоев, вплоть до субгоризонтального залегания вблизи фронта гор. В нижней, песчаной, части толщи, необходимо отметить наличие системы малоамплитудных разрывных нарушений с отчетливой взбросовой кинематикой (Рисунок 7), однако иных дизъюнктивных нарушений в обнажениях вдоль долины Хоолу не обнаружено.



Рисунок 7 – Система малоамплитудных разрывных нарушений в песчаной пачке миоценовых-плиоценовых отложений, долина р. Хоолу.

Условия залегания кайнозойских толщ в расположенных восточнее обнажениях в оврагах Козий и Заячий несколько другое. В обоих оврагах породы падают на юг, в направлении от горного сооружения. В Козьем овраге углы падения вверх по разрезу уменьшаются, от 25-30 градусов в палеогеновых отложениях и нижних частях неогеновой толщи до 10-15 градусов в верхах мио-плиоценовых отложений (Рисунок 8А). В Заячем овраге ситуация обратная, крутизна залегания резко возрастает к верхам разреза от 15 градусов вплоть до 75 градусов (Рисунок 8Б). В обоих разрезах в средней части присутствуют разрывные нарушения, амплитуда которых составляет нескольких метров, в обоих случаях они разделяют блоки с разными элементами залегания, особенно ярко это видно в Заячем овраге. Указанные разрывные нарушения не проявлены в современном

рельефе. Комплекс пролювиальных и аллювиальных отложений познечетвертичного и голоценового возраста повсеместно не деформирован.

С целью восстановления полей неотектонического напряжения была произведена съемка указанных районов с квадрокоптера, на основе результатов съемки и полевых наблюдений будет выстроена 3d модель данных участков.



А.



Б.

Рис. 3. Обнажения миоцен-плиоценовых отложений в оврагах Козий (А) и Заячий (Б)

В новейшей истории развития данного региона, на основе полученных данных можно выделить несколько этапов. До олигоцена происходило выравнивание территории и формирование красноцветных кор выветривания по разнообразным породам палеозойского возраста, о чем говорит красноцветность базального горизонта новейших отложений. В позднем палеогене начинается первичная дифференциация рельефа, обособляется Убсунурская котловина, которая заполняется сильно выветрелым материалом, сносимым с подвергшегося денудации зарождающегося хребта Танну-Ола. В миоцен-плиоцене север сформированной впадины постепенно заполняется водой, глубина и соленость новообразованного озерного бассейна постепенно увеличивается. Высота расположенного с севера горного массива в это время невелика, что следует из достаточно мелкого гранулометрического состава накапливающегося материала. В позднем плиоцене территория испытывает мощные тектонические движения, затронувшие в том числе и северные области впадины, которая была втянута в поднятие хребта Танну-Ола, в связи с чем мио-плиоценовые толщи приобретают наклон в южных румбах. В это же время формируются локальные пликативные структуры, осложняющие общую моноклинал неогеновых пород. Позднее поверхность впадины подвергается интенсивной денудации и выравниванию, тектонические деформации мио-плиоценовых отложений не выражены в современном рельефе. В северных областях впадины формируется слабонаклонная

пролювиальная равнина, питаемая обломочным материалом с Танну-Ола, она также нивелирует деформации неогеновых пород.

Заключение

Планы работ по теме за 2020 г. выполнены полностью. Главные результаты по теме госзадания сводятся к следующему:

1. В Притихоокеанском тектоническом поясе исследовано его соотношение с внутриконтинентальным подвижным поясом Черского. Полученные данные показывают, что разлом Улахан является сдвигом вращения, то есть не может быть трансформным ограничением Охотской литосферной плиты. Обоснована необходимость разработки другой модели структурного и геодинамического районирования северо-востока Азии.
2. Работы в Кавказско-Аравийском сегменте Альпийско-Гималайского подвижного пояса были направлены на получение данных о новейших тектонических движениях в Закавказье и их связи с активными разрывами Восточно-Анатолийской зоны разломов. Опробованы разрезы неоген-четвертичного заполнения внутригорных впадин, намечены участки для дальнейших палеосейсмологических и структурно-геологических работ. Обследован и описан сейсморазрыв Элязыгского землетрясения 24.01.2020.
3. По данным геологического изучения Зайсанской впадины выявлена общая хронология кайнозойских тектонических движений в регионе. Реконструированы условия латерального сжатия, проявленные в сводово-взбросовых деформациях региональной предорогненной поверхности выравнивания палеоценового времени, поднятой почти до 4 км на хребте Саур и опущенной на 1.5 км в Зайсанской впадине.
4. Изучено неотектонического строение северной части Убсунурской впадины, находящейся на территории России. Проведен комплекс полевых структурно-геологических и стратиграфических работ на сочленении впадины с поднятиями хребтов Восточный Танну-Ола и Сенгилен.

Часть результатов опубликована, преимущественно в виде статей в высокорейтинговых международных журналах, всего 4 публикации (Приложение А). Первичные полевые данные, полученные в 2020 году, будут представлены к публикации по мере обработки материалов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Имаев В. С., Имаева Л. П., Козьмин Б. М. Сейсмотектоника Якутии //М.: ГЕОС. – 2000. 227 с.
2. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Р-56 (Сеймчан). Третье поколение. Серия Верхояно-Колымская., масштаб: 1:1000000. ред.: Шпикерман В.И. СПб: ВСЕГЕИ. 2007.
3. Бачманов Д.М., Кожурин А.И., Трифонов В.Г. База данных активных разломов Евразии // Геодинамика и тектонофизика. 2017. Т. 8. № 4. С. 711-736.
4. Riegel S. A. et al. Extrusion tectonics of the Okhotsk plate, northeast Asia //Geophysical Research Letters. 1993. Т. 20. №. 7. С. 607-610.
5. Hindle D., Fujita K., Mackey K. Current deformation rates and extrusion of the northwestern Okhotsk plate, northeast Russia //Geophysical Research Letters. 2006. Т. 33. №. 2.
6. Hindle D. et al. The Ulakhan fault surface rupture and the seismicity of the Okhotsk–North America plate boundary //Solid Earth. 2019. Т. 10. №. 2. С. 561-580.
7. Freund R. Kinematics of transform and transcurrent faults //Tectonophysics. 1974. Т. 21. №. 1-2. С. 93-134.
8. McLean, M. S., Fujita, K., Mackey, K. G., Kleber, E., Koz'min, B. M., Imaev, V. S. The Ulakhan fault system, northeast Russia // Eos Transactions American Geophysical Union. 2000. №81(48). F1164.
9. Fujita, K., Sella, G., Mackey, K. G., Stein, S., Park, K.-D., Imaev, V. S.: Relationships between seismicity and GPS determined velocities in northeast Asia // Eos Transactions American Geophysical Union. 2004. №85(47). F667.
10. Stone, D. Origin of Northeastern Russia: Paleomagnetism, Geology & Tectonics. 2006. University of Alaska, Geophysical Institute. UAG-R-330
11. Hindle D. et al. The Ulakhan fault surface rupture and the seismicity of the Okhotsk–North America plate boundary //Solid Earth. – 2019. – Т. 10. – №. 2. – С. 561-580.

12. Шалаева Е.А., Соколов С.А., Хисамутдинова А.И. Ленинанский игнимбрит как продукт извержения вулкана Арагац, Армения // Вулканология и сейсмология. 2020. № 2. С. 32-42.
13. Трихунков Я.И., Буланов С.А., Бачманов Д.М., Сыромятникова Е.В., Латышев А.В., Сапаргалиев Е.М., Кравченко М.М., Азельханов А.Ж. Морфоструктура южной части Зайсанской впадины и ее горного обрамления // Геоморфология. 2020. № 2. С. 85-101
14. Шорыгина Л.Д. Стратиграфия кайнозойских отложений Западной Тувы // Тр. ГИН РАН. Вып. 26. М.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 165–203.
15. Девяткин Е.В., Зажигин В.С., Лискун И.Г. Первые находки мелких млекопитающих в плиоцене Тувы и западной Монголии/ ДАН СССР. Т. 183. №2. М: Изд-во АН СССР. С. 404-407

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Публикации по теме исследований в 2020 гг.

1. Трифонов В.Г., Соколов С.Ю., Соколов С.А., Хессами Х. Мезозойско-кайнозойская структура Черноморско-Крымско-Кавказско-Каспийского региона и её соотношения со строением верхней мантии // Геотектоника. 2020. № 3. С. 55–81.
2. Шалаева Е.А., Соколов С.А., Хисамутдинова А.И. Ленинанский игнимбрит как продукт извержения вулкана Арагац, Армения // Вулканология и сейсмология. 2020. № 2. С. 32-42.
3. 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. 2020. T. 546. C. 229-244. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.11.004>
4. Zelenin E. Kozhurin A.I., Ponomareva V.V., Portnyagin M.V. Tephrochronological dating of paleoearthquakes in active volcanic arcs: A case of the Eastern Volcanic Front on the Kamchatka Peninsula (northwest Pacific) //Journal of Quaternary Science. 2020. T. 35. №. 1-2. C. 349-361. <https://doi.org/10.1002/jqs.3145>