



ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ЗЕМЛИ ИМ. О.Ю. ШМИДТА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
М.В. ЛОМОНОСОВА
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Материалы всероссийской научной конференции
**«Геотектоника и геодинамика
сейсмоактивных районов»,**
посвященной 75-летию со дня рождения Е.А. Рогожина
(1947–2021) и 115-летию со дня рождения В.В. Белоусова
(1907–1990)

Издательство «Перо»

2022 год

СООТНОШЕНИЕ АКТИВНЫХ РАЗЛОМОВ И НОВЕЙШЕЙ СТРУКТУРЫ
ОБРАМЛЕНИЯ СЕВЕРО-ВОСТОКА УБСУНУРСКОЙ ВПАДИНЫ

*Гарипова С.Т.¹, Соколов С.А.¹, Бутанаев Ю.В.², Юшин К.И.¹,
Зеленин Е.А.¹, Мазнев С.В.^{1,3}*

¹*Геологический институт Российской академии наук, Москва, Россия*

²*Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов Сибирского
отделения Российской академии наук, Кызыл, Россия*

³*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва,
Россия*

garipova-st@yandex.ru

Введение

Современные тектонические процессы, в частности подвижки по активным разломам, прямо проявляются в рельефе Земли. Активный разлом – это разлом, для которого есть основания ожидать подвижку в будущем на основании наличия следов хотя бы одной подвижки по нему в течение первых десятков тысяч лет, считая от современности [Кожурин и др., 2008]. Направления и амплитуды движений по активным разломам, а также взаимоотношение разломов между собой характеризуют современный геодинамический режим территории, на которой они развиты.

Рельеф Южной Тувы формируется под влиянием эндогенных процессов и отличается сложным строением, где соседствуют впадины и горные сооружения. При этом активные разломы этого региона до сих пор неоднозначно интерпретируются исследователями.

Материалы и методы

Рассматриваемый регион находится в южной части Республики Тува в пределах Тувинской микроплиты. В его геологическом строении преобладают палеозойские и докембрийские породы, разбитые на блоки крупными разломами, северо-восточной ориентировки [Государственная геологическая..., 2008]. Основными геоморфологическими структурами района являются горные сооружения Западный и Восточный Танну-Ола, Сенгилен и Хорумнуг-Тайга, расположенные с севера и востока от Убсунурской впадины. Контрастный рельеф этой территории определяется внутриплитными тектоническими процессами, а наиболее крупными разрывными

неотектоническими структурами в пределах региона являются Южно-Таннуолинский и Эрзин-Агордагский разломы (рис. 1).

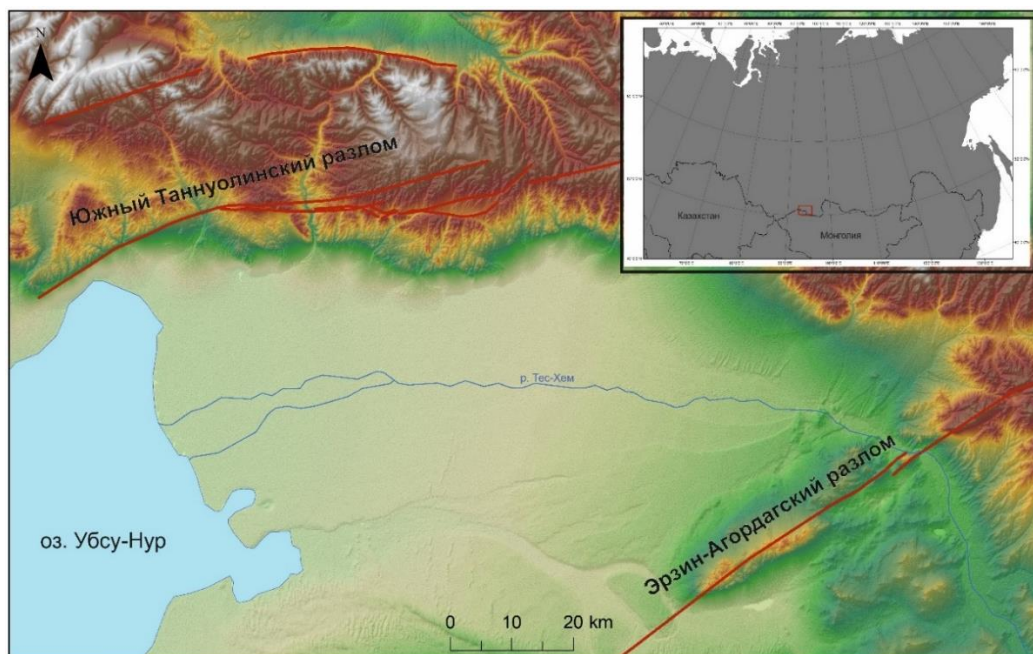


Рис. 1. Изучаемый регион – северо-восточное обрамление Убсунурской впадины (Республика Тува).

Основной метод изучения активных разломов – это сочетание дистанционных методов (дешифрирования космических снимков и применения беспилотных летательных аппаратов) и полевых структурно-геологических и геоморфологических наблюдений. С помощью дистанционных методов осуществляется картирование разрывных нарушений и приблизительная оценка их кинематики и амплитуд смещения. Достоверность этих выводов подтверждается полевым геолого-геоморфологическим изучением признаков активности разломов: кинематического анализа смещенных форм рельефа. Выбор данных дистанционного зондирования определяется (1) необходимостью оценки высоты разломного уступа и величины выраженного в рельефе горизонтального смещения, а также (2) непрерывным пространственным охватом съемкой однородного качества для формирования полной картины распространения структур.

В качестве базовых материалов дистанционного зондирования Земли были использованы свободно распространяемые снимки Landsat 8/OLI, глобальные цифровые модели рельефа (ЦМР) ASTER GDEM и STRM 1 arc-second, а также аналоговые кадровые снимки проекта KH-9 Hexagon. Для участков полевых работ – аэрофотоснимки

(АФС) с квадрокоптера и высокодетальные ЦМР, рассчитанные по АФС на основе метода цифровой фотограмметрической обработки изображений Aerial Structure from Motion [Bonali et al., 2019].

Во время маршрутных исследований на различных сегментах активных разломов были выполнены описания естественных обнажений плоскостей разломов, а также проведено изучение смещений современных речных террас, оврагов, конусов выноса и других форм рельефа. На Эрзин-Агордагском разломе также выполнен тренчинг – заложение канавы вкрест простирания разлома и изучения деформированных движениями по разлому отложений [McCalpin, 2009].

На границе Убсунурской впадины и горного сооружения Восточного Танну-Ола в работах [Попова, 1968; Шорыгина, 1960] описаны новейшие отложения, вскрытые в Козьем и Заячьем оврагах вблизи реки Деспен. По измеренным элементам залегания слоев в Козьем овраге была построена трехмерная модель с помощью библиотеки GemPy (<https://www.gempy.org/>) – инструмента для создания структурных геологических моделей с открытым исходным кодом на языке программирования python.

Помимо этого, была исследована северная часть Большеозерского сегмента Эрзин-Агордагского разлома на левом берегу реки Тес-Хем. Этот разлом хорошо изучен на территории Монголии и охарактеризован как левый сдвиг [Аржанников, Аржанникова, 2009; Аржанникова и др., 2003]. На территории Тувы на сегменте разлома была проведена съемка местности с квадрокоптера и на ее основе созданы цифровые модели местности в Agisoft Metashape Pro – программе для создания трехмерных моделей высокого качества на основе цифровых фотографий.

Результаты и обсуждение

Граница Убсунурской впадины и горного сооружения Восточного Танну-Ола ранее считалась активным надвигом, в борту долины реки Хоолу было описано надвигание палеозойских конгломератов на позднечетвертичный аллювий. Однако полевое изучение объекта не подтвердило эту концепцию. Единственное обнажение, в котором мог быть описан надвиг, является скальным оползнем – это обособленное тело, расположенное под крутым вогнутым склоном (стенкой отрыва) и залегающее поверх горизонтальной границы с галечником нормального аллювиального залегания. На противоположном борту аллювий террасы прислонен к коренным породам, не имеющим никаких признаков надвигания.



Рис. 2. Скальный оползень на левом берегу р. Хоолу.

Вместе с тем, граница впадины и горного сооружения является дизъюнктивной, что подтверждается как наличием фасет на склонах, так и деформациями новейших отложений в Козьем (рис. 3) и Заячьем оврагах (рис. 4), где углы падения слоев достигают 80 градусов.

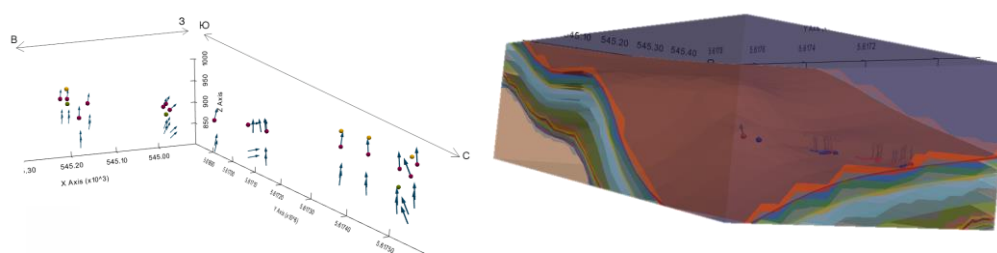


Рис. 3. Геологическая модель деформированных неогеновых отложений в Козьем овраге (точками указаны места измерения элементов залегания).

Ось складки имеет простирание, соответствующее простиранию разломной границы. Однако, несмотря на подтвержденные деформации новейших отложений вблизи границы впадины с горным сооружением, в рельефе ее активность никак не проявлена.



Рис. 4. Залегание неогеновых отложений в Заячьем овраге.

Активность Южно-Таннуолинского разлома выражена гораздо сильнее. При маршрутных исследованиях в долинах рек Ирбитей, Хоолу и Деспен отмечены геоморфологические признаки подвижек по разлому: смещенные террасы, вершин холмов, разломный уступ, выражающийся в перегибе рельефа (рис. 5). На основании дешифрирования дистанционных данных Южно-Таннуолинский разлом определен как левый сдвиг. Об этом свидетельствуют его структурное положение и взаимоотношение с оперяющими разломами, которое подчиняется модели Риделя.



Рис. 5. Смещения современных форм рельефа (слева – терраса на р. Ирбитей, справа – долины р. Хоолу).

В пределах Большеозерского сегмента Эрзин-Агордагского разлома на местности прослеживается уступ, по которому можно выявить накопленное горизонтальное смещение форм рельефа. На изучаемом сегменте оно составляет приблизительно 300 м (рис. 6). В непосредственной близости разломом смещены русла временных водотоков, в среднем такая подвижка составляет 7–8 м (рис. 7), что, скорее всего, соответствует разовому смещению при сейсмособытии.



Рис. 6. Разломный уступ (слева – космоснимок, справа – снимок с квадрокоптера).

Для изучения деформаций отложений в разрезе была пройдена канава вкrest простирания разлома (рис. 6).

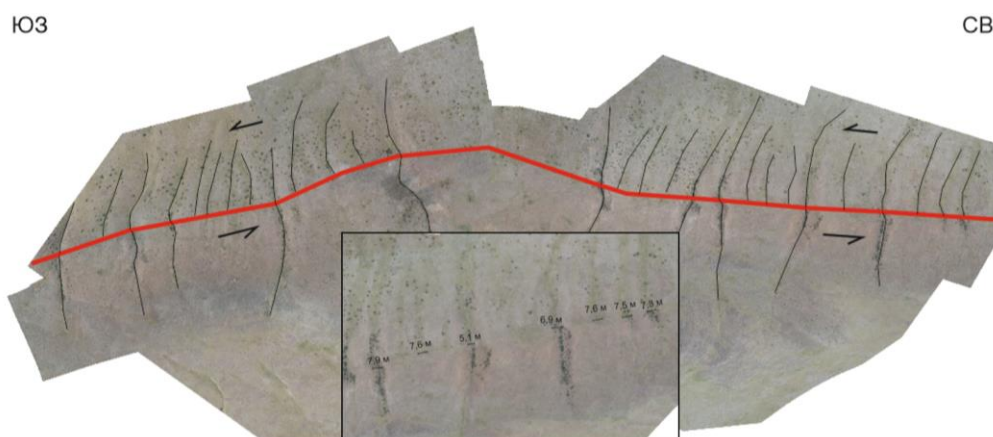


Рис. 7. Ортофотоплан смещенных русел временных водотоков и положение канавы относительно плоскости разлома (снимки с квадрокоптера).

В юго-западной стенке канавы вскрыто смещение слоев предположительно плиоценового возраста, а также несколько плоскостей разлома (рис. 8).

Наиболее молодое смещение в стенке маркируется уступом в рельефе и расположено ближе к северо-западной части. Структура цветка подтверждает сдвиговую природу подвижки. Плоскость смещения по более древней подвижке находится в левой части стенки, где прослеживается слоистость и, следовательно, можно отметить также вертикальную компоненту смещения (приблизительно 30 см). Вертикальное смещение может быть мнимым и связанным с горизонтальным перемещением, кроме того, оно во много раз меньше горизонтального, определенного по дистанционным данным (7-8 м), поэтому разлом можно считать чистым сдвигом.

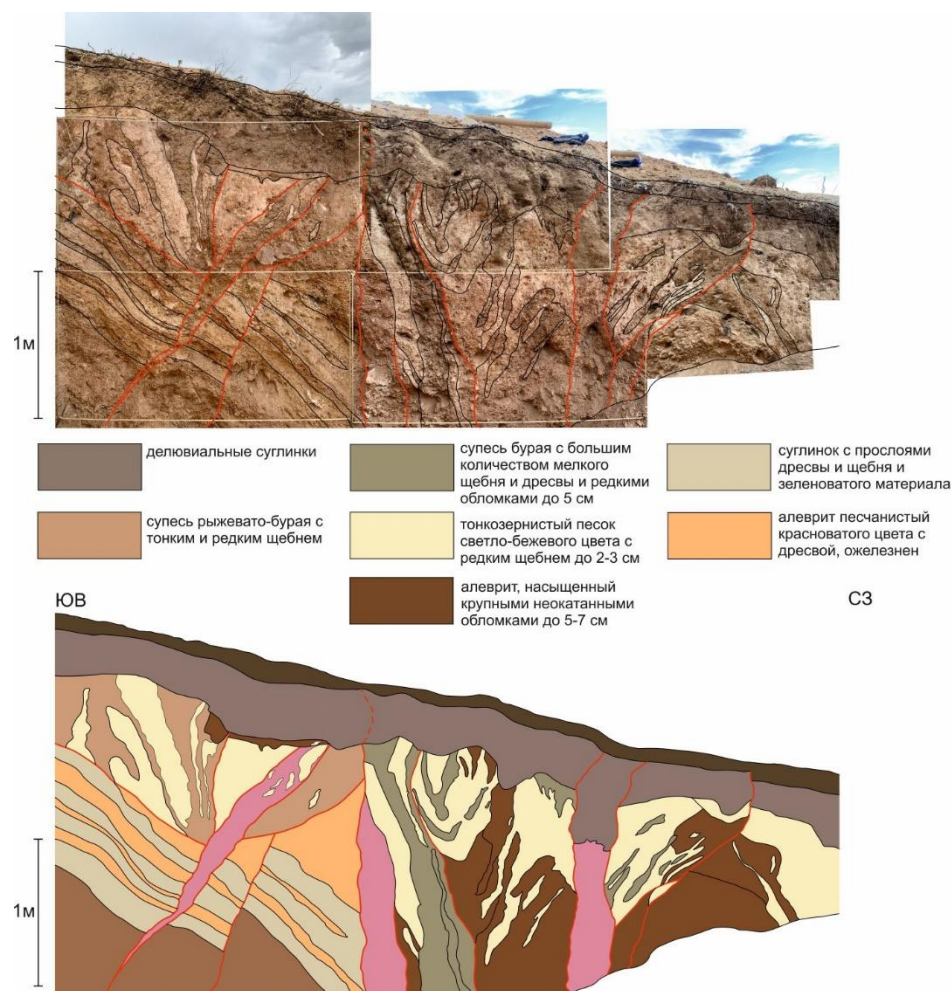


Рис. 8. Схема юго-западной стенки канавы.

Заключение

В результате исследования было установлено, что активные разломы Южной Тувы не приурочены к границе впадин и горных хребтов. Северная граница Убсунурской впадины имеет признаки новейших (неоген-четвертичных) деформаций, изученных в разрезах неогеновых отложений, однако разломы, ограничивающие впадину, не проявлены в позднечетвертичном рельефе и, соответственно, не активны. Напротив, выражение имеют разломы, проходящие косо к этой границе – Южно-Таннуолинский и Эрзин-Агордагский. Оба интерпретированы как левые сдвиги и по дистанционным данным, и при полевых исследованиях.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках гранта РФФ №22-17-00049.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аржанников С.Г., Аржанникова А.В. Палеосейсмогенная активизация большеозерского сегмента Эрзино-агардагского разлома // Вулканология и сейсмология. 2009. № 2. С. 56–66.

Аржанникова А.В. и др. Позднекайнозойская кинематика активных разломов Хубсугульской впадины (юго-западный фланг Байкальской рифтовой системы) // Геология и геофизика. 2003. Т. 44. №. 11. С. 1202.

Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Серия Алтае-Саянская Лист М-46 — Кызыл. Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2008.

Кожурин А.И., Пономарева В.В., Пинегина Т.К. Активная разломная тектоника юга Центральной Камчатки // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2008. Вып. 12. № 2. С. 10–27.

Попова С.М. Пресноводные моллюски неогеновой толщи Убсунурской впадины (Тувинская АССР) // Мезозойские и кайнозойские озера Сибири. М.: Наука, 1968.

Шорыгина Л.Д. Стратиграфия кайнозойских отложений западной Тувы // Труды геологического института. 1960. Вып. 26. С. 165–203.

Bonali F. L., Tibaldi A., Marchese F., Fallati L., Russo E., Corselli C., Savini A. UAV-based surveying in volcano-tectonics: An example from the Iceland rift // Journal of Structural Geology. 2019. V. 121. P. 46-64.

McCalpin, J. P. Chapter 2A Field Techniques in Paleoseismology — Terrestrial Environments. // Paleoseismology. 2009. P. 29–118.