

## Сейсмоактивные структуры Юго-Западного Забайкалья на примере Хамбинского разлома

© *О. П. Сmekалин*<sup>1</sup>, *А. В. Чипизубов*<sup>1</sup>, *В. С. Имаев*<sup>1,2</sup>, *Н. Н. Гриб*<sup>3</sup>, *А. А. Сясько*<sup>4</sup>, *Н. А. Радзиминович*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск, Россия. E-mail: smekalin@crust.irk.ru

<sup>2</sup> Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, г. Якутск Россия

<sup>3</sup> Технический институт (филиал) Северо-Восточного федерального университета, г. Нерюнгри, Россия

<sup>4</sup> ООО «Нерюнгригеофизика», г. Нерюнгри, Россия

В результате сейсмогеологических исследований определены генетический тип, амплитуды смещений и абсолютный возраст Гусиноозёрской палеосейсмогенной структуры. Получены первые данные о параметрах вновь открытой Оронгойской структуры. Обе структуры расположены в зоне Хамбинского разлома. Активность разлома подтверждена историческими землетрясениями 1856 и 1885 гг., землетрясением 2.10.1980 г. с  $M=5$  и как минимум двумя палеоземлетрясениями. Ближайшее по времени событие произошло приблизительно не ранее последних 4 тыс. лет назад и имело магнитуду 7.0–7.3. Палеоземлетрясение большей силы относится к первой половине голоцена не позднее приблизительно 6 тыс. лет назад.

**Ключевые слова:** Хамбинский разлом; Гусиноозерская впадина; малоглубинная геофизика; тренчинг.

## Seismoactive structures of the South-Western Transbaikalia on the example of the Khambinsky fault

*O. P. Smekalin*<sup>1</sup>, *A. V. Chipizubov*<sup>1</sup>, *V. S. Imaev*<sup>1,2</sup>, *N. N. Grib*<sup>3</sup>, *A. A. Siasko*<sup>4</sup>, *N. A. Radziminovich*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of the Earth's Crust, SB RAS, Irkutsk, Russia. E-mail: smekalin@crust.irk.ru

<sup>2</sup> Diamond and Precious Metal Geology Institute, SB RAS, Yakutsk, Russia

<sup>3</sup> Technical Institute (f) of North-Eastern Federal University, Neryungri, Russia

<sup>4</sup> LLC «Neryungriгеофизика», Neryungri, Russia

As a result of seismogeological studies, the genetic type, the displacement amplitudes and the absolute age of the Gusinoozersky paleoseismogenic structure were determined. The first data on the parameters of the newly discovered Orongoy structure were obtained. Both structures are located in the zone of the Khambinsky fault. The fault activity was confirmed by historical earthquakes in 1856 and 1885, earthquake of 2.10.1980 with  $M = 5$  and at least two paleoearthquake. The nearest in time event occurred approximately not earlier than the last 4 thousand years ago and had a magnitude of 7.0–7.3. The paleoearthquake of greater force refers to the first half of the Holocene no later than about 6 thousand years ago.

**Keywords:** Khambinsky active fault; Gusinoozersky depression; shallow exploration; trenching.

Существуют различные взгляды на кинематику разломов, обрамляющих Гусиноозёрскую впадину [1, 2, 3, 7 и др.]. В частности, указывается на преобладающую роль сбросовых деформаций, а взбросовые интерпретируются как эффекты горизонтальных подвижек [4]. Основным аргументом в пользу сбросовой кинематики приводился существующий ров в основании уступа в поверхности конуса выноса долины Безымянной [3, 5]. Однако, незначительная протяженность рва и отсутствие подобных отрицательных форм рельефа на других участках Гусиноозёрской структуры, а также в сейсмодислокациях Забайкалья и Северной Монголии, говорит скорее о его уникальности и не может быть доказательством образования Гусиноозёрской структуры в условиях поперечного растяжения. Тот факт, что практически все изученные сейсмические дислокации, находящиеся в пределах Хэнтэй-Даурской горной страны (Гунжинская, Хустайская, Авдар, Шархай, Могодская, Керуленская и др.) являются взбросовыми, сдвиго-взбросовыми или сдвигами [6, 9, 10, 11 и др.] говорит о региональном распространении субгоризонтальных сжимающих напряжений. Сегодня список перечисленных структур может быть дополнен Гусиноозёрской и Оронгойской дислокациями, расположенными в зоне Хамбинского разлома, сдвиго-взбросовая природа которых установлена нами по признакам, выявленным в результате морфометрических, тренчинговых и геофизических исследований, выполненных в последние годы.

Дислокации Гусиноозёрской ПСС разрывают рыхлые отложения нескольких пролювиальных конусов выноса в юго-западной оконечности Гусиноозёрской впадины. Их общая протяженность составляет 2.5 км. Наиболее ярко деформации выражены в теле конуса выноса долины Безымянной, где сейсмогенный уступ сопровождается ассиметричным рвом шириной 10 м, с высотой нагорного борта не более 5–6 м (крутизна 25–30°) и подгорного до 2 м (крутизна 10–15°). На поднятом крыле разрыва наблюдаются висячие селевые русла, которые прорезают нагорный борт рва до глубины 1.0–1.5 м, и только одно из них врезано в борт рва почти до основания. По S-образным изгибам тальвегов и левых бортов эрозионных врезов по линии разлома (уступа) в конусе выноса пади Безымянной, а также к

северу от него определяются левосторонние смещения с амплитудой 23–24 метра. Оси вершинных частей конуса выноса на противоположных крыльях разрыва смещены на расстояние до 50 м.

В конусе выноса долины Безымянной канавой вскрыты нижняя часть уступа и бессточный ров в его основании. У западного края разреза канавы отчётливый контакт, дресвы и щебёнки с одной стороны, и песчаных пластов с другой, погружается в направлении Хамбинского поднятия и, вероятно, является нижней границей зоны надвига, главный сместитель которой должен выходить к поверхности в средней (невскрытой) части уступа. Анализ разреза канавы свидетельствует о том, что сейсмогенный уступ образован в результате как минимум двух сейсмических событий. По результатам радиоуглеродного датирования менее сильное событие с амплитудой 1.0–1.5 м произошло в интервале 2207 cal BC–1897 cal BC (калиброванный возраст пробы ГИН-11316). Другое, более сильное с амплитудой до 4.5 в интервале 4344 cal BC–3943 cal BC (проба ГИН-11319). Ранним событиям соответствует пологая (22–27°) верхняя часть уступа, а последнему — наиболее крутая (31°) средняя его часть. По графикам эмпирических зависимостей магнитуды от амплитуды вертикальной составляющей смещения [8 и др.] магнитуда последнего по времени палеоземлетрясения могла достигать 7.3. Интервал повторяемости подвижек, определённый по двум событиям, составляет не менее 2000 лет.

На интерпретационных геофизических разрезах дипольного электрического зондирования выделяется узкая зона с низкими сопротивлениями, пересекающая слой высокоомных отложений. Эта зона, опускающаяся в направлении хребта, и выходящая на поверхность в районе сейсмогенного уступа, является основной плоскостью, по которой перемещаются крылья разлома. Относительно низкое кажущееся сопротивление по этой зоне вызвано её увлажнённостью за счёт поверхностных вод, аккумулируемых замкнутым рвом в основании уступа. Удержанию влаги способствует мелкодисперсное вещество, образующееся в результате дробления, а также приносимое с поверхностными флюидами. В то же время необходимо отметить, что граница между крыльями разлома на разных профилях не всегда отчётливая.

К вновь открытой Оронгойской структуре мы относим обнаруженный и впервые в 2016 году обследованный сейсмогенный разрыв на границе Нижнеоронгойской впадины и Слюдинской межвпадинной перемычки. Разрыв имеет преимущественно северо-восточное простирание, однако вблизи юго-западного окончания становится субширотным и теряется под осадками Верхнеоронгойской впадины, что даёт основание считать его одной из побочных ветвей Хамбинского разлома. Сейсмодислокация выражена уступом в основании горного склона, а также на выровненных поверхностях конусов выноса глубоких эрозионных врезов. Протяжённость прослеженной дислокации составляет не менее 5 км. В плане линия разрыва не прямолинейна и представляет собой расположенные последовательно дуги, в большинстве случаев обращённых выпуклой стороной к впадине, что косвенно свидетельствует о надвиге с падением плоскости разрыва на северо-запад от впадины. Окончания каждой из дуг приходятся на соседние эрозионные врезы. Одна из таких дуг выдвинута в сторону впадины относительно средней осевой линии структуры. На этом участке поднятое крыло разлома осложнено второстепенным разрывом с амплитудой вертикального смещения 0.4–0.5 м. Этот второстепенный разрыв параллелен основному разломному уступу и может являться тыловым швом клиновидного блока, выдавливаемого в условиях поперечного сжатия. Механизм выдавливания клиньев в основании склона связан с широким развитием в коренных породах трещин с юго-восточным падением.

В устьевых участках двух эрозионных врезов установлены признаки правостороннего смещения с амплитудами горизонтальной компоненты 50 и 9 м, и вертикальной 5.3 м. Последнее значение немногим меньше, чем вертикальное смещение поверхности конуса выноса долины Безымянная. Кроме разрывных линейных деформаций Оронгойская структура включает оползни в пролювиально-делювиальных отложениях предгорной равнины. Поперечные размеры оползней достигают 130–150 м. Стенки отрыва располагаются на одной линии с сейсмогенным уступом в основании склона и выделяются на его фоне более крутым углом наклона, а их высота не превышает первые метры.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-05-00224, а также при поддержке гранта Российского научного фонда (продолжение проекта № 15-17-20000).*

### *Литература*

1. Булнаев К. Б. Формирование впадин «забайкальского» типа // Тихоокеанская геология. 2006. Т. 25 (1). С. 18–30.
2. Данилович В. Н. Новые данные об Ангарском надвиге // Изв. АН СССР. Сер. Геол. 1949. № 4.
3. Ласточкин С. В. К сейсмогеологии Западного и Центрального Забайкалья. Поздний плейстоцен и голоцен юга Восточной Сибири. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1982. С. 136–145.
4. Лунина О. В., Неведрова Н. Н., Гладков А. С. Тектонофизические и геоэлектрические исследования рифтовых впадин Прибайкалья // Геофизические исследования. 2010. Т. 11 (1). С. 5–14.
5. Сейсмоструктура и сейсмичность рифтовой системы Прибайкалья / Ред. В. П. Солоненко. М.: Наука, 1968. 219 с.
6. Смекалин О. П., Чипизубов А. В., Имаев В. С. Сейсмогеология Верхнекеруленской впадины (Хэнтей, Северная Монголия) // Геодинамика и тектонофизика. 2016. Т. 7 (1). С. 39–57.
7. Флоренсов Н. А. К проблеме механизма горообразования во внутренней Азии // Геотектоника. 1965. № 4. С. 3–14.
8. Чипизубов А. В. Выделение одноактных и одновозрастных палеосейсмодислокаций и определение по их масштабам магнитуд палеоземлетрясений // Геология и геофизика. 1998. Т. 39. (3). С. 386–398.
9. Avdar, an active fault discovered near Ulaanbaatar, Capital of Mongolia: Impact on seismic hazard / Al-A. Ashkar [et al.] // EGU General Assembly. 2013 (Vienna, Austria, 7-12 April, 2013).
10. GPR measurements to assess the Emeelt active fault's characteristics in a highly smooth topographic context, Mongolia / J.-R. Dujardin [et al.] // Geophys. J. Int. 2014. V. 198. P. 174–186.
11. Tectonic morphology of the Hustai fault (Northern Mongolia): A source of seismic hazard for the city of Ulaanbaatar / M. Ferry [et al.] // Geophysical Research Abstracts. 2010. V. 12.

**Смекалин Олег Петрович**, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Института земной коры СО РАН, г. Иркутск.