

О локализации очаговой зоны Цаганского землетрясения ($M=7,5$) 1862 года

© *А. В. Чипизубов*¹, *О. П. Смекалин*¹, *В. С. Имаев*^{1,2}, *Н. Н. Гриб*³, *А. А. Сясько*³, *А. Н. Качаев*²

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

² Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, г. Якутск, Россия

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

Анализируются исторические сведения о поверхностных эффектах при Цаганском землетрясении, а также данные малоглубинной геофизики и тренчинга по зоне Дельтового разлома. Делается вывод о том, что очаг ($M=7,5$ $L=100$ км) Цаганского землетрясения имеет взбросовую кинематику и связан с более крупным Морским разломом. Образование залива Провал вызвано оползневым опусканием обширной территории Цаганской степи на фоне сейсмической активизации разломов восточного побережья озера Байкал.

Ключевые слова: Цаганское землетрясение; Морской разлом; малоглубинная геофизика; тренчинг.

On the localization of the focal zone of the Tsagan earthquake ($M = 7,5$) in 1862

*A. V. Chipizubov*¹, *O. P. Smekalin*¹, *V. S. Imaev*^{1,2}, *N. N. Grib*³, *A. A. Siasko*³, *A. N. Kachaev*³

¹ Institute of the Earth's Crust, SB RAS, Irkutsk, Russia smekalin@crust.irk.ru

² Diamond and Precious Metal Geology Institute, SB RAS, Yakutsk, Russia

³ Technical Institute (f) of North-Eastern Federal University, Neryungri, Russia

The historical information on surface effects in the Tsagan earthquake, as well as the data of shallow geophysics and trenching along the Delta fault zone are analyzed. It is concluded that the focus ($M = 7,5$ $L = 100$ km) of the Tsagan earthquake has an uplift kinematics and is associated with a larger Morskoy fault. Formation of the Proval gulf is caused by a landslide lowering of the vast territory of the Tsagan steppe against the background of seismic activation of the faults of the eastern coast of lake Baikal.

Keywords: Tsagan earthquake; Morskoy fault; shallow geophysics; trenching.

В дельте Селенги, где максимально проявились поверхностные эффекты Цаганского землетрясения 12 января 1862 г. (сильное цунами, образование залива Провал, линейные дислокации различного генезиса), выделяется ряд активных разломов. Основными из них являются Морской и оперяющий его Дельтовый сбросы, а также Посольский надвиг. Очаговая зона землетрясения связывается или с Морским, или с Дельтовым разломом [4].

Дельтовый разлом прослеживается в северо-восточном направлении от Посольска до мыса Облом в полосе шириной до 2 км. Амплитуда неотектонических перемещений по разлому оценивается по буровым и геофизическим данным в 500–800 м. Между сёлами Кудара и Корсаково в зоне разлома в результате сжатия неогеновые отложения смяты в крупные антиклинали при общем моноклиальном падении в северо-западном направлении. Смещения по данному разлому в четвертичное время сформировали уступ высотой до 20 м. На отрезке Кудара — мыс Облом рассматриваемый уступ за счет экзогенных процессов значительно отошел от своего первоначального положения и является эрозионно-тектоническим [1]. На фланговых отрезках Исток — Истомино и зимовье Васильева (южнее мыса Облом) — пос. Энхэлук сеймотектонические уступы остались на своём месте, т.е. трассируют выход на поверхность сместителя Дельтового разлома. Последний отрезок интересен тем, что он испытал недавнее поднятие, вероятно в 1862 году. Об этом свидетельствует осушенное и незалесенное пространство между современным побережьем с береговым валом и уступом Дельтового разлома.

Морской разлом достаточно четко отбивается по геофизическим данным на дне Байкала в виде ступенчатых блоков в фундаменте. Амплитуда смещения за кайнозой достигает 1 км, а за квартал оценивается в 300 м [4]. Судя по батиметрии, по линии разлома прослеживается подводный уступ высотой такого же порядка. Неогеновые отложения между Энхэлуком и Загдой смяты в вытянутые, хоть и пологие, но антиклинальные складки. С зоной этого разлома были связаны очаги сильных землетрясений 1903 и 1959 гг. с $M=6\frac{3}{4}$.

Свидетельства рыбаков, находившихся вовремя Цаганского землетрясения на берегу Байкала [2, 3], однозначно указывают на возникновение цунами. На карге Налетовской сначала раздался удар снизу, а вслед за ним образовалась волна, которая устремилась на берег, снесла зимовье и прошла на две слишком версты внутрь страны, уничтожив стоящий на пути лесок. Песчано-галечниковый увал высотой до 3,5 м был прорван водою в трех местах, а массы льда были переброшены через эту

преграду. Через несколько минут вода снова возвратилась в озеро, разломав лед на большем протяжении от берега. Только на следующий день воды Байкала проникли в Цаганскую степь и затопили все ее пространство. Принимая это во внимание можно полагать (вывод И. В. Мушкетова и А. П. Орлова), что понижение почвы происходило постепенно. Одновременно с этой же осадкою опустилась земля в устьях р. Селенги (*ее проток*) и в Кударе, хотя и незначительно. В 1862 году, как отмечает А.С. Сгибнев, осадка была постоянной и постепенной, поскольку оставшаяся часть плоской равнины все более и более затоплялась водой. По измерениям после катастрофы глубина залива Провал достигала 2,9 м, тогда как ко второй половине 20 века она превышала уже 4 м, несмотря на интенсивное осадконакопление. Исходя из вышеизложенного приходим к выводу, что залив Провал образовался в результате сейсмогравитационного оползня, что отмечалось многими исследователями и ранее, как указано в [2].

По данным первых исследователей, обобщенных позднее в [2, 3] помимо множества щелей, образовавшихся повсеместно на улицах и дворах, из которых появилась вода с илом (определенно вторичные деформации), сформировались и трещины с бьющими ключами (ширина до 70 см, глубина до 4 м) по склонам увала (уступа) от Оймура до Шерашево. По данным А. С. Сгибнева появилась и большая сухая трещина (отседания), которая большей своей частью идет по песчаному увалу до Манжеево (фрагментарно сохранилась поныне). По свидетельству И. Лопатина от сильного вертикального удара земля вздулась буграми и расщелилась, а из образовавшихся широких трещин выбрасывало песок и ил с водой. А. Х. Фитингоф обследовал произошедшую от землетрясения трещины от Байкала до Дубинино. Некоторые из них около Дубинино представлены в виде нажимов, какие обыкновенно случаются зимою на льду Байкала. По этим нажимам видно как от Байкала подвигло землю к югу. Данные вздутия или бугры, а особенно нажимы, можно трактовать как структуры сжатия (надвиги и взбросы или кротовины сжатия), являющиеся, возможно, элементами взбросо-сдвиговой разрывной структуры.

В 1990–1991 гг. Дельтовый разлом на участке Дубинино–Кудара, где он представлен эрозионно-тектоническим уступом, изучался детальными палеосейсмологическими исследованиями и методами малоглубинной геофизики. Полученные результаты шли в разрез с устоявшимися взглядами на геодинамический режим Прибайкалья и по кинематике разрывных нарушений. По этой причине они не нашли должного отражения в публикациях.

По геофизическим данным (ДЭП, ВЭЗ, эманационная съемка по 8 профилям [5]) эродированный уступ Дельтового разлома находится на различном расстоянии к юго-востоку от выхода на поверхность разломного сместителя, падающего на юго-восток в 7 из 8 случаев. Только на одном профиле помимо разрыва с ЮВ падением, находящегося в 45 м перед уступом, выделяется разрыв с СЗ падением. Сместитель последнего разрыва находится непосредственно под уступом, но имеет не сбросовую кинематику, соответствующую уступу такой экспозиции, а взбросовую. Всю вышеприведенную ситуацию легче и логичнее всего объяснить взбросо-сдвиговой кинематикой Дельтового разлома. На сдвиговый компонент смещения указывают различная мощность слоев, примыкающих к сместителям и изменение направления смещения по падению разлома от взбросового (профили 1, 4, 8) до кажущегося сбросового (профили 2, 3, 5, 7).

В 1990–1991 годах было пройдено и задокументировано 14 траншей в подножии эрозионно-тектонического уступа и отобрано 22 пробы на радиоуглеродный анализ. Следует отметить, что от своего первоначального положения этот уступ за счет эрозионной, абразионной и ветровой деятельности отошел до 300–400 м [1], вследствие чего траншеями не был вскрыт сместитель уступообразующего разрыва. Пологие сбросовые смещения, зафиксированные в траншеях (Т-6, Т-8, Т-9), являются ни чем иным как оползновыми сместителями. Нажимы в районе Дубинино к настоящему времени не сохранились (эродированы), но к ЮЗ от Инкино в пределах непротяженного отрезка уступа, не подвергнутого эрозии, они хорошо выражены в микрорельефе и отражаются складчатыми деформациями и сопровождающими их разрывами в нескольких траншеях (Т-11, Т-12, Т-13). Здесь же (Т-14) задокументирована зона трещиноватости с ЮВ падением (вероятно взбросового типа), а также единственный случай деформации погребенной почвы (Т-13) возраста Цаганского землетрясения (90±40 лет). На опущенном крыле падение слоев на ЮВ под углами 30°–45° проявляется не только в пределах неэродированного уступа (Т-11, Т-14), но и на эродированных его отрезках (Т-8, Т-9). Разрезы горных выработок определенно свидетельствуют о режиме сжатия и вероятном взбросо-надвиговом смещении по Дельтовому разлому, которые при землетрясении 1862 г. осложнились оползновыми смещениями.

Большинство проб (15) относятся к погребенным гумусосодержащим образованиям (почва, торф, культурные слои), которые определяют возраст первого палеособытия, предшествующего

Цаганскому землетрясению. Его календарный возраст находится в интервале 1401–1669 годы. С большей неопределенностью можно судить о ещё двух более ранних событиях в интервалах 1256–1401 и 887–1150 годы.

В 2015 году были проведены сейсморазведочные, электроразведочные и георадарные исследования на отрезке Дельтового разлома от Дубинино до северной окраины Кудары по 6 профилям. На более информативных георадарных профилях в ряде случаев отчетливо проявляются взбросовые и надвиговые смещения как уступообразующие (профиль 1) так и слепые. В структурном отношении следует отметить крутое падение (до 30°–45°) на СЗ слоев на увале (поднятом крыле разрыва) с глубин от 5 м до 12–15 м, а также ныряние слоев и прослоев под уступ (падение на ЮВ под такими же примерно углами) на опущенном крыле. Все это свидетельствует о режиме сжатия и взбросо-надвиговом характере смещений по рассматриваемому разлому.

Таким образом, макросейсмические сведения, данные малоуглубинной геофизики и палеосейсмологии свидетельствуют о том, что очаговая зона (для $M=7,5$; $L=100$ км) Цаганского землетрясения могла быть связана только с наиболее крупным Морским разрывом, скорее всего взбросовой кинематики. Взбросовое смещение по этому разлому способствовало оползнеподобному образованию залива Провал, несмотря на проявление нажимов в зоне Дельтового взбросо-надвига при этом землетрясении.

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. Дельянский Е. А., Белоусов О. В. Денудация сейсмогенного уступа в эпицентральной зоне Цаганского землетрясения 1862 года // Геология и геофизика Восточной Сибири. Иркутск, 1992. С. 15–16.
2. Демин Э. В. Антология провала: Исторические материалы о катастрофическом Цаганском землетрясении 1862 г. Провал на Байкале. Улан-Удэ, 2005. 296 с.
3. Мушкетов И. В., Орлов А. П. Каталог землетрясений Российской империи / Под ред. Мушкетова, 1893. Материалы для изучения землетрясений России, 1899. 582 с.
4. Сейсмогеология и детальное сейсмическое районирование Прибайкалья / Ред. В. П. Солоненко. Новосибирск: Наука, 1981. 169 с.
5. Новиков В. Н., Косых И. А. Отчет по результатам детальных структурно-геофизических исследований сейсмогенных структур Южного Прибайкалья. Иркутск, 1991ф. 7 с.

Чипизубов Анатолий Васильевич, доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Института земной коры СО РАН, г. Иркутск.