

УДК 551.243

СВИДЕТЕЛЬСТВА ПАЛЕОСЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ В РИФТОВЫХ ВПАДИНАХ ПРИБАЙКАЛЬЯ И ИХ ВОЗРАСТНЫЕ ПРИВЯЗКИ

© 2009 г. О. В. Лунина, А. С. Гладков, Л. А. Орлова

Представлено академиком Е.Е. Милановским 16.10.2008 г.

Поступило 16.10.2008 г.

В последние годы активно развивается научное направление, связанное с изучением деформационных структур, образованных в результате разжижения грунтов при сейсмических сотрясениях [1–5]. Они служат четкими индикаторами палеоземлетрясений [2] и могут быть использованы для определения различных параметров, характеризующих то или иное событие [3–5]. Цель настоящей работы заключалась в выявлении, структурно-геологическом изучении и датировании разрезов в Тункинской и Баргузинской впадинах Прибайкалья (рис. 1), содержащих сейсмиды, кластические дайки, трещины со смещениями и палеопочвы, захоронение которых могло произойти в результате быстрых тектонических опусканий крупных блоков земной коры.

Разрезы со структурами, свидетельствующими о палеосейсмических событиях прошлого, были выявлены в зонах разломов, откартированных ранее [6, 7] и по комплексу признаков активности отнесенных к категории опасных [8]. Для шести точек наблюдения (т.н.) получен радиоуглеродный возраст деформированных осадков (табл. 1). Определение остаточной активности углерода выполнено в Институте геологии и минералогии СО РАН. Использован период полураспада ^{14}C , равный 5570 лет. Возраст рассчитан от 1950 г. Ниже приводится краткая характеристика разрезов и интерпретация полученных результатов.

В т.н. Т0201 разрез имеет следующее строение сверху–вниз: 1 – современный почвенно-растительный слой (СПРС) (0–0.08 м); 2 – супеси (0.08–0.32 м); 3 – выдержанный по простиранию и мощности слой палеопочвы, нижняя часть которого нарушена (0.32–0.5 м); 4 – среднезернистые, ли-

монитизированные и интенсивно деформированные пески с кусками суглинков и почвы, существовавшей, по-видимому, в виде слоя внутри интервала (0.5–1.15 м); 5 – лимонитизированные суглинки со следами сейсмических сотрясений в виде волн (1.15–1.57 м); 6 – среднезернистые пески, внедряющиеся в вышележащие суглинки и образующие сейсмиды в форме грибов и капель (1.57–2.0 м). Дневная поверхность, у которой вскрывается разрез, не имеет уклона и вспучиваний, что исключает возможность происхождения деформаций вследствие гравитационного течения и криогенных процессов. В отложениях встречаются сколы (аз. пад. $290^\circ \angle 70^\circ$) со сбросовыми смещениями, что вместе с особенностями форм деформированных осадков (рис. 2а) является критерием, доказывающим сейсмогенную природу наблюдаемых структур. Установленные возрасты (табл. 1) свидетельствуют о том, что куски почв из 4-го слоя представляли собой отдельный пласт, не принадлежащий 3-му слою. Наиболее вероятно, что последний начал формироваться сразу после сильного землетрясения, имевшего место в интервале 3605–2615 лет назад.

В т.н. Т0204 в строении разреза участвуют разноцветные пески и супеси с линзами и кусками, а иногда и целыми пластами палеопочвы. В первом фрагменте субгоризонтальная слоистость прерывается разрывом с аз. пад. $25^\circ \angle 45^\circ$, вдоль которого фиксируются сбросы с амплитудой до 11 см (рис. 2б). На контакте висячем крыле осадки имеют аналогичное залегание. В лежащем крыле многочисленные смещения образуют структуры сложных микрограбенов. Наряду с доминирующими сбросами по сколам с аз. пад. $30^\circ \angle 74^\circ$, $200^\circ \angle 85^\circ$ и $282^\circ \angle 38^\circ$ задокументированы взбросы 1–3.5 см. Сбросовые подвижки в 3–4 см отмечены также по субширотным разрывам. Размытые “плавающие” границы слоев (рис. 2б) свидетельствуют о хрупкопластичных условиях деформирования, что обусловлено сопутствующим разжижением грунтов при сейсмическом воздействии. Во втором фрагменте наблюдался проваленный пласт палеопочвы мощностью до 0.45 м, переме-

*Институт земной коры
Сибирского отделения Российской Академии наук,
Иркутск*

*Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева
Сибирского отделения Российской Академии наук,
Новосибирск*

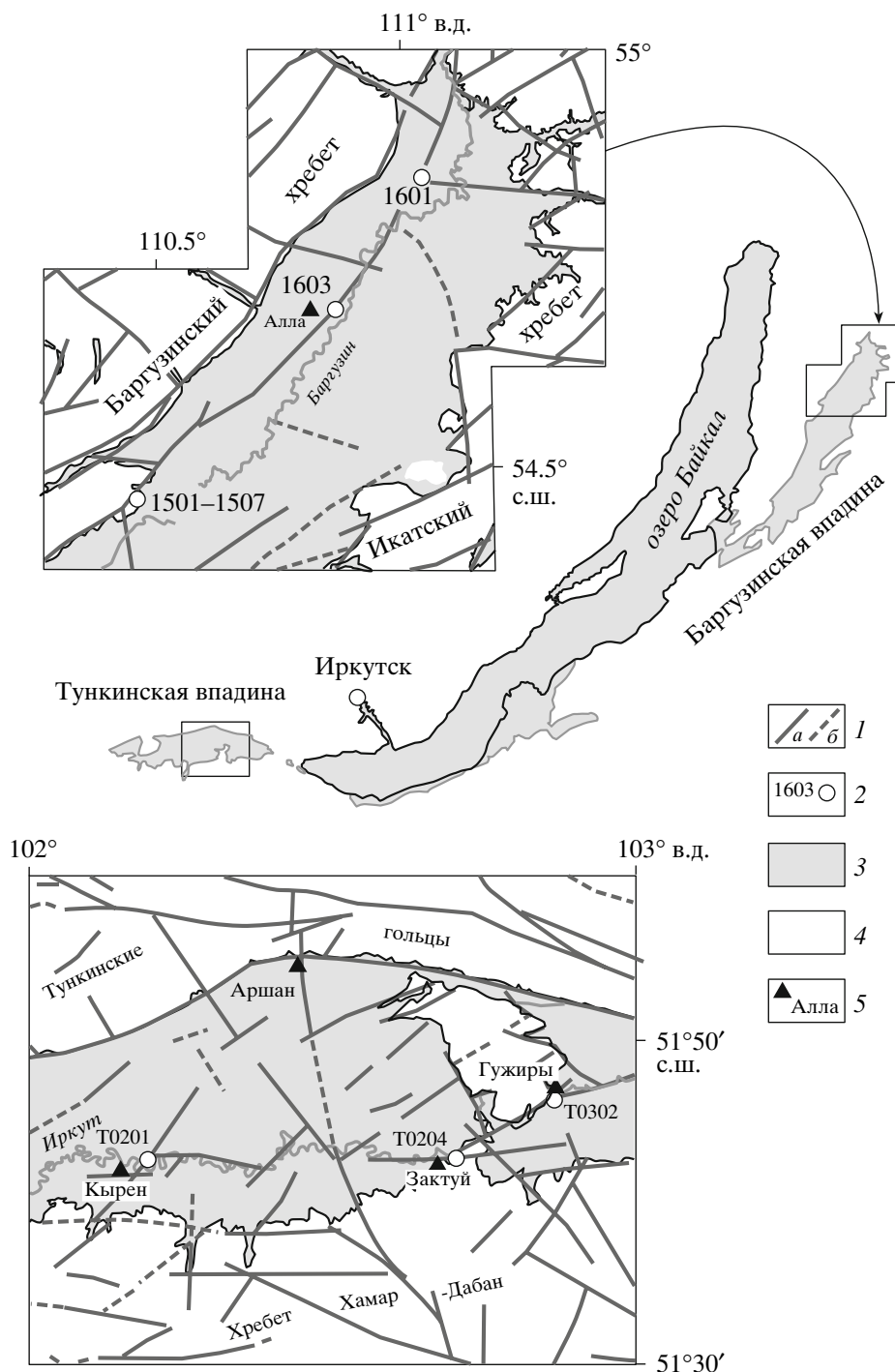


Рис. 1. Расположение района исследований и точек наблюдений в пределах Тункинской и Баргузинской рифтовых впадин Прибайкалья. 1 – достоверные (а) и предполагаемые (б) разломы, активные в позднем кайнозое; 2 – точки наблюдений и их номера; 3 – впадины, заполненные кайнозойскими осадками; 4 – выходы кристаллического фундамента; 5 – населенные пункты.

шанный с лимонитизированными песками, а выше смятый в пологие складки еще один слой погребенной почвы. Строение разреза волнообразное, местами нарушаемое кластическими дайками мощностью 1 см. Учитывая радиоуглеродный воз-

раст, глубины залегания датированного материала (табл. 1) и особенности строения всего разреза, можно заключить, что в нем записано не менее двух деформационных событий, одно из которых произошло в интервале 4710–2150 лет назад и сопро-

Таблица 1. Результаты радиоуглеродного датирования проб гумусированного материала в рыхлых отложениях впадин Прибайкалья

№ пробы	№ т.н.	Место отбора	Координаты		Глубина отбора, м	Возраст по ¹⁴ С, лет
			с.ш.	в.д.		
Тункинская впадина						
СОАН-7208	T0201	Правый борт р. Иркут, вблизи пос. Кырен	51.697°	102.174°	1.0	3605 ± 60
СОАН-7205					0.4	2615 ± 40
СОАН-7204	T0204	Правый борт р. Иркут, в ~3 км от с. Зактуй	51.709°	102.660°	1.7	4710 ± 80
СОАН-7207					1.3	2150 ± 75
СОАН-7206					0.7	1745 ± 60
СОАН-7209	T0302	Левый борт р. Иркут, с. Гужиры	51.785°	102.891°	1.7	2970 ± 55
СОАН-7210					0.8	2470 ± 50
Баргузинская впадина						
СОАН-7215	1505	В 2 км от с. Шаманка по автодороге на ЮЗ	54.454°	110.454°	1.75	3600 ± 40
СОАН-7216					0.87	2675 ± 70
СОАН-7212	1601	Правый борт р. Улюгна между с. Ягдыг и Улюнхан	54.858°	111.077°	2.1	3020 ± 45
СОАН-7213					1.65	2550 ± 55
СОАН-7214					0.42	2025 ± 85
СОАН-7217	1603	Правый борт р. Сухотка, в 100–200 м от моста	54.703°	110.853°	0.63–0.82	775 ± 80

вождалось интенсивной обводненностью эпицентральной области, второе – после рубежа 1745 лет назад.

В т.н. T0302 вскрываются следующие слои сверху–вниз: 1 – СПРС (0–0.3 м); 2 – супеси и суглинки разных коричневатых оттенков (0.3–0.8 м); 3 – супеси со слоями гумусированного материала (0.8–0.91 м); 4 – мелкозернистые пески (0.91–0.96 м); 5 – супеси и пески, кровля и подошва маркируются гумусированными прослоями (0.96–1.45 м); 6 – деформированный пласт погребенной почвы с линзами супесей и суглинков (1.45–1.75 м); 7 – тонкозернистые пески (1.75–2.1 м); 8 – суглинки (2.1–2.15 м); 9 – тонкозернистые пески (2.15–2.35 м); 10 – глины (2.35–2.6 м). Палеопочва из 6-го слоя прорывается дайкой песка мощностью 5 см, представляющей собой в разрезе “миниатюру” вулкана (рис. 2в). Вышележащий слой нормально перекрывает его жерло. В нескольких метрах другая дайка мощностью 1–2 см нарушает тот же слой, но в отличие от первого случая вышележащие осадки на ее продолжении сбрасываются по трещине с аз. пад. 215° ∠80° и амплитудой 5 см. Рядом сопряженный сброс с аз. пад. 10° ∠62° разрывает 3-й и нижележащие слои со смещением 4–4.5 см. Взаимоотношения деформаций в разрезе свидетельствуют о двух палеоземлетрясениях. Первое произошло сразу после формирования самого мощного в разрезе горизонта древних почв в интервале 2970–2470 лет назад. Тогда преобладали пластические деформации и разжижение

грунтов с выплеском фонтанов водонасыщенной суглинисто-песчаной смеси. Второе имело место после формирования 3-го слоя, т.е. после рубежа 2470 лет назад. Тогда преобладали хрупкие деформации с образованием разрывов.

В т.н. 1501–1507 изучен разрез, в пределах которого в песках и дресвяных отложениях отмечались пологие складки карбонатизированных прослоев, а также провалы ступенчатого строения, структурно напоминающие грабены. Последние нарушены трещинами с аз. пад. 330° ∠80–85°, 280° ∠85° и 95° ∠85°. На северо-восточном окончании разреза, в склоне, отмечена стенка отрыва оползня протяженностью ~250 м. Очевидно, деформационные структуры в пределах изученного разломного сегмента имеют сейсмогравитационный генезис и связаны с землетрясениями, одно из которых имело место после рубежа 2675 ± 70 лет назад, определяемого самым поздним радиоуглеродным возрастом палеопочвы (табл. 1), выполняющей в т.н. 1505 один из псевдограбенов длиной 7.3 и высотой 2.25 м.

В т.н. 1601 обнажаются следующие слои сверху–вниз: 1 – СПРС (0–0.15 м); 2 – суглинки (0.15–0.42 м); 3 – погребенная почва (0.42–0.44–0.47 м); 4 – супесчано-суглинистый материал (0.44–0.62 м); 5 – тонкозернистые пески (0.62–0.71); 6 – суглинки (0.71–0.77 м); 7 – тонкозернистые пески (0.77–0.99 м); 8 – суглинки (0.99–1.06 м); 9 – супесчано-суглинистый материал (1.06–1.27 м); 10 – среднезернистый песок (1.27–1.49 м); 11 – лимонитизи-

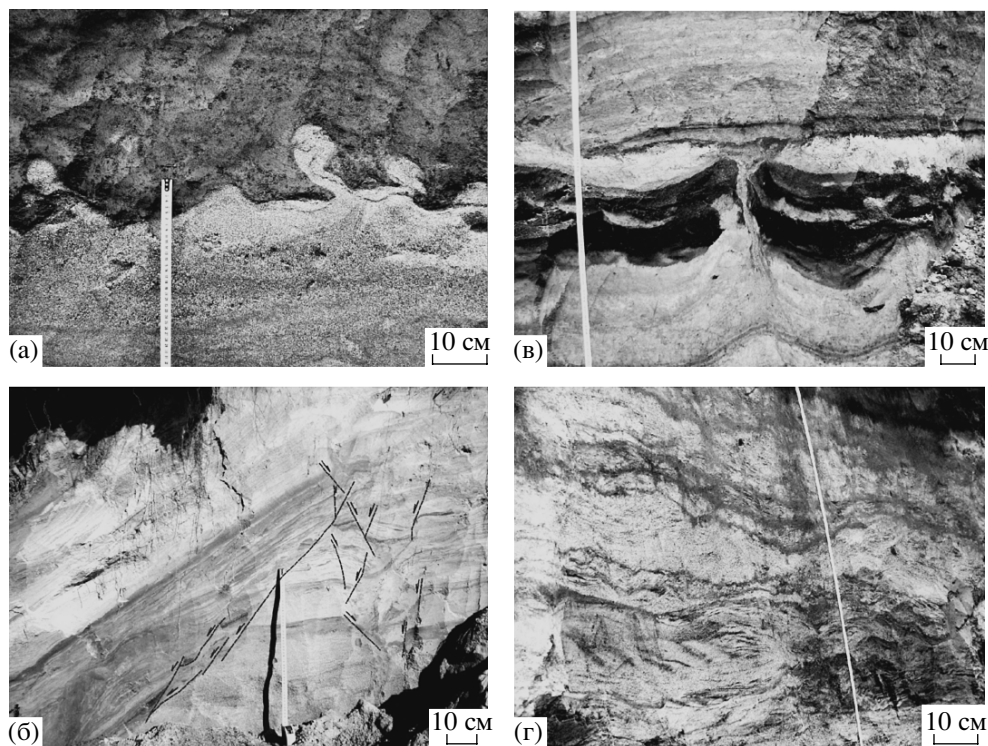


Рис. 2. Фрагменты разрезов голоценовых отложений со следами сейсмогенных деформаций. а – каплевидные структуры песков, внедряющиеся в суглинки, т.н. Т0201; б – сбросы с амплитудами до 11 см, сформированные в хрупкопластичных условиях деформирования, т.н. Т0204; в – инъекционная дайка песка, нарушающая слой палеопочв, т.н. Т0302; г – волновые формы отложений, сформированные в результате горизонтальных сейсмических сотрясений.

рованные суглинки с примесью пелитового песка (1.49–1.77 м), в нижней части – погребенная почва мощностью 3 см; 12 – речной ил (1.77–2.1 м); 13 – погребенная почва (2.1–2.28 м); 14 – среднезернистый песок (2.28–2.53 м). В слоях 4–7 наблюдаются деформации, которые по аналогии с подобными эффектами в других регионах мира [4] связываются с сейсмическими сотрясениями (рис. 2г). В нескольких метрах западнее зачищенного фрагмента хорошо проявлена система сколов с аз. пад. 2° – 12° $\angle 80^{\circ}$ – 89° , пространственно совпадающая с одним из ближайших разломов (рис. 1). Строение разреза и полученный радиоуглеродный возраст (табл. 1) позволяют засвидетельствовать следы трех палеоземлетрясений. Во время первого в интервале 3020–2550 лет назад без видимых внутренних деформаций опустился слой 13. Судя по вышезалегающему илу, произошло заболачивание местности и снижение скорости осадконакопления в среднем до 0.96 мм/год. После второго резкого опускания, которое было, по-видимому, сразу после 2550 лет назад, заболачивание было менее сильным. При третьем палеоземлетрясении сформировались сейсмиды, маркирующие слои 4–7. Время события приходится на интервал 2550–2025 лет назад, так как слой 3 погребенной почвы не деформирован. Скорость осадконакоп-

ления в этот период была относительно высокой и в среднем составляла 2.34 мм/год.

В т.н. 1603 обнажается разрез переслаивающихся супесей и песков. На глубинах 0.63–0.82 м и 1.16–1.18 м встречаются слои палеопочв. На них залегают осадки более тонкой зернистости, чем подстилающие, но выше их зернистость снова увеличивается. Очевидно, после резких погружений наступало некоторое затишье в прогибании впадины. Последнее из наиболее заметных импульсных опусканий произошло после формирования слоя погребенной почвы с радиоуглеродным возрастом 775 ± 80 лет.

Проведенные исследования в Тункинской и Баргузинской впадинах позволили выявить ранее неизвестные участки локализации сейсмогенных деформаций. В обеих депрессиях они приурочены к зонам разломов субширотного и северо-восточного простираний. В результате радиоуглеродного датирования осадков установлены возрастные интервалы палеосейсмических событий, а в некоторых случаях оценены скорости осадконакопления, свидетельствующие об интенсивности тектонических движений. Полученные данные имеют важное значение для реконструкции общей пространственно-временной модели развития сей-

смического процесса в Прибайкалье в голоценовое время.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ МК-1323.2007.5, РФФИ (проекты 08-05-98110-р_сибирь_а, 09-05-92421-КЭ) и Фонда содействия отечественной науке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гладков А.С., Лунина О.В., Дзюба И.А., Орлова Л.А. // ДАН. 2005. Т. 405. № 2. С. 229–232.
2. Корженков А.М., Кросби К., Мамыров Э. и др. В кн.: Проблемы современной сейсмологии и геодинамики Центральной и Восточной Азии. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2007. Т. 1. С. 179–184.
3. Green R.A., Obermeier S.F., Olson S.M. // Eng. Geol. 2005. V. 76. P. 263–293.
4. Morner N.-A. Paleoseismicity of Sweden (a Novel Paradigm). Helisborg: JOFO Grafiska AB Press, 2003. 320 p.
5. Papathanassiou G., Pavlides S., Christaras B., Piti-lakis K. // J. Geodyn. 2005. V. 40. P. 257–278.
6. Лунина О.В., Гладков А.С. // ДАН. 2004. Т. 398. № 4. С. 516–518.
7. Лунина О.В., Гладков А.С. // Геология и геофизика. 2007. Т. 48. № 7. С. 773–787.
8. Лунина О.В. В кн.: Природные катастрофы: изучение, мониторинг, прогноз. Южно-Сахалинск: ИМ-ГиГ ДВО РАН, 2008. С. 138–146.