

ТУРКИНСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 16 июля 2011 г.

с $K_p=14.5$, $M_w=5.2$, $I_0=7-8$ (Центральное Прибайкалье)

Н.А. Гилёва¹, В.И. Мельникова^{1,2}, А.И. Середкина², Я.Б. Радзиминович^{1,2}, Ц.А. Тубанов³

¹Байкальский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Иркутск, nagileva@crust.irk.ru

²Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск, vimel@crust.irk.ru

³Геологический институт СО РАН, г. Улан-Удэ, geos@gin.bsnet.ru

16 июля 2011 г. в горном массиве хр. Улан-Бургасы в 19 км от юго-восточного берега оз. Байкал произошло достаточно сильное ($M_w=5.2$) землетрясение, сопровождавшееся серией афтершоков (рис. 1) [1, 2]. По ближайшему населенному пункту это событие названо Туркинским.

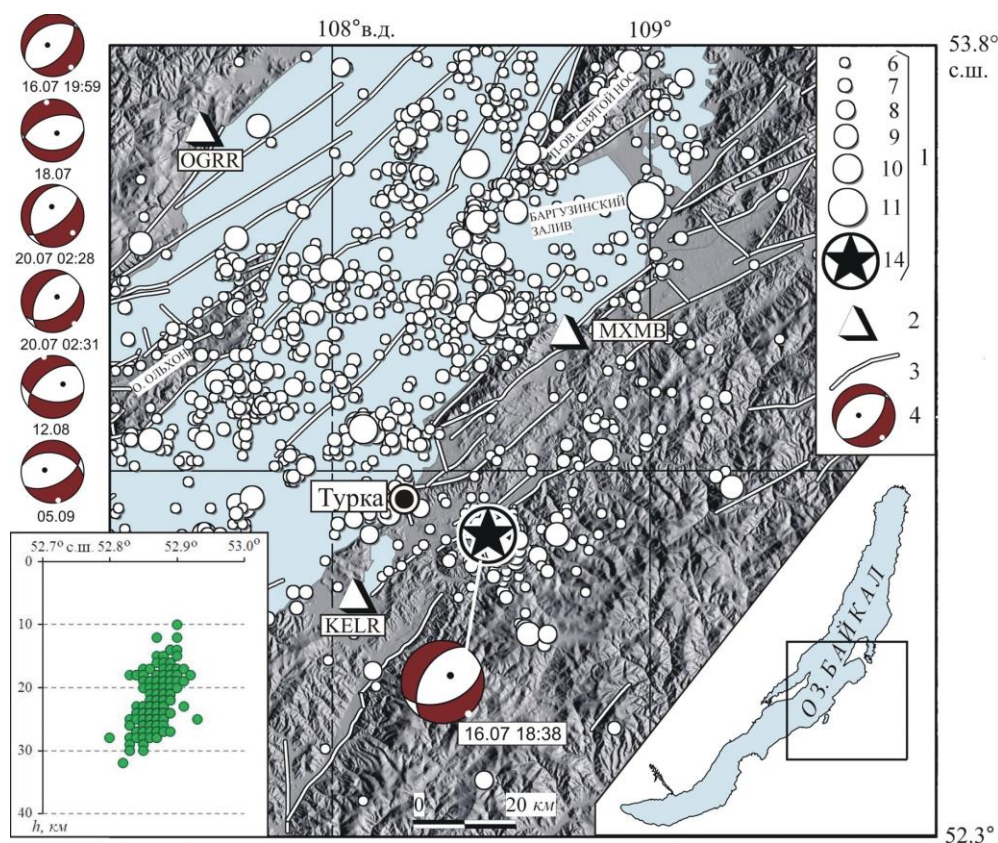


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений центральной части Прибайкалья за период с 1 января по 31 декабря 2011 г.

1 – энергетический класс K_p по каталогу [1]; 2 – сейсмическая станция; 3 – разломы, активные в кайнозое по [3]; 4 – стереограммы механизмов очагов туркинских землетрясений из [4] в проекции нижней полусферы (даты: число, месяц, час, минута), на врезках слева и справа показаны меридиональный разрез ($\lambda=108.5^\circ$) гипоцентрального поля афтершоков туркинских землетрясений [2] и район исследования.

Локализация эпицентра Туркинского землетрясения была выполнена по данным 32 региональных станций (рис. 2 а), из которых 25 относится к Байкальскому и Бурятскому филиалам ФИЦ ЕГС СО РАН, две – к ИЗК СО РАН, а остальные – к прилегающим районам Якутии и Китая. Ближайшей к эпицентральному полю стала станция «Котокель» ($\Delta=31$ км), семь станций располагались на расстоянии менее чем 150 км, а максимальное эпицентральное расстояние (до станции «Чульман») составило 1133 км.

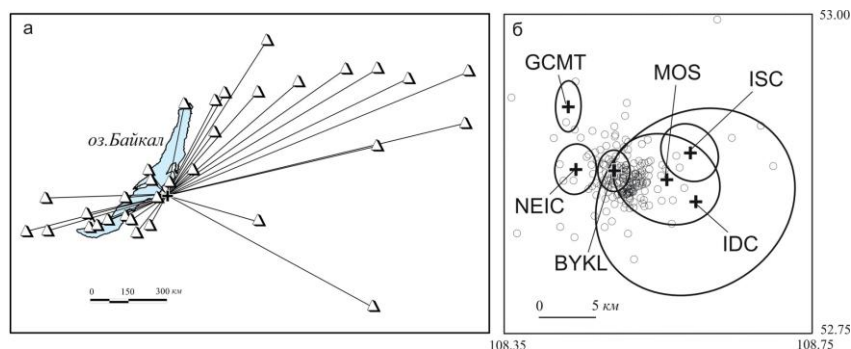


Рис. 2. Местоположение эпицентра Туркинского землетрясения 16 июля 2011 г. по данным разных агентств

а – положение эпицентра относительно региональных сейсмических станций, данные которых использовались при обработке материалов наблюдений; б – эпицентр главного толчка с эллипсами горизонтальных ошибок по данным разных агентств; обозначения агентств соответствуют международным кодам; кружками показаны эпицентры афтершоков.

Основные параметры главного толчка по материалам различных сейсмологических агентств представлены в табл. 1, из которой следует, что все решения неплохо согласуются между собой (разброс в положении эпицентра не превышает 15 км (рис. 2 б)). Наименьшие ошибки локализации получены в решении агентства ВУКЛ [1, 2]. Именно это решение наилучшим образом соответствует эпицентральному полю афтершоков.

Таблица 1. Основные параметры Туркинского землетрясения 16 июля 2011 г. по данным различных сейсмологических агентств

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр						Магнитуда	Ис точ-ник
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$	h , км	δh , км		
ВУКЛ	18 38 52.00	0.20	52.880	0.017	108.490	0.022	25	3	$K_p=(14.5\pm 0.2)/20$, $M_w=5.2/16$	[1]
MOS	18 38 50.20	0.95	52.873	0.032	108.558	0.066	16		$MS=5.0/46$, $MPLP=5.7/4$, $MPSP=5.5/110$	[6]
IDC	18 38 51.57	3.60	52.856	0.069	108.596	0.096			$m_b=4.9/41$, $M_s=4.8/39$	[5]
NEIC	18 38 50.87	1.00	52.881	0.020	108.440	0.026			$m_b=5.5/123$, $M_w=5.3$	[5]
GCMT	18 38 50.70	0.20	52.930	0.020	108.430	0.016	24.0	0.5	$M_w=5.3/109$	[5]
ISC	18 38 51.94	0.32	52.894	0.018	108.589	0.027	14.6	1.8	$M_s=5.1/92$, $m_b=5.3/287$	[5]

Примечание. Расшифровка кодов агентств дана в обозначениях к наст. ежегоднику.

Регистрация афтершоков Туркинского землетрясения осуществлялась как стационарными, так и пятью временными сейсмическими станциями: «Половинка», «Соболиха», «Золотой Ключ», «Горячинск» и «Катково», установленными в течение 17–21 июля 2011 года ($\Delta=8-30$ км). К сожалению, работа четырех из них продлилась лишь до 22 июля и только ст. «Горячинск» ($\Delta=17-18$ км) продолжила работать на постоянной основе. В общей сложности каталог рассматриваемой последовательности землетрясений в 2011 г. содержит 311 событий с $K_p \geq 5.6$ [2]. Погрешности в определении координат эпицентров у 91 % этих землетрясений не превышали 5 км, а для 60 % – 3 км. Глубины гипоцентров в каталоге [2] приведены для 236 событий с $K_p \geq 5.6$. Большинство из них (80%) локализовано в интервале глубин 18–28 км (разрез на рис. 1), при этом погрешность определения составила $\Delta h \leq 6$ км. Расчет коэффициента графика повторяемости, выполненный по землетрясениям представительных энергетических классов ($K=7-10$), показал обычные для региона Прибайкалья значения: $\gamma = -0.49$ (табл. 2).

Таблица 2. Распределение туркинских землетрясений по энергетическим классам K_p и значение угла наклона графика повторяемости землетрясений (γ) за период 1.07–31.12.2011 г.

Период времени	K_p									N_Σ	$\gamma \pm \sigma_\gamma$ при $\Delta K_p=7-10$
	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
01.07–31.12.2011	195	82	26	7	3	–	–	–	1	314	-0.49 ± 0.03

Примечание. ΔK_p – диапазон классов, по которому рассчитано значение γ .

Детальный анализ развития рассматриваемой последовательности сейсмических событий показал следующее. В период инструментальных наблюдений, вплоть до Туркинского события 2011 г., в пределах его будущей эпицентральной зоны относительно сильных ($M \geq 5$) землетрясений не отмечалось, а вся сейсмичность имела рассеянный характер. За трое суток до сильного толчка здесь было зарегистрировано слабое ($K_p=6.1$) землетрясение, которое, скорее всего, является фоновым. В первые сутки после главного события с $K_p=14.5$ произошло около 80 относительно слабых афтершоков ($K_p=5.6-9.3$). В целом афтершоковый процесс затухал достаточно быстро (рис. 3), при этом в первые 20 суток развитие активизации подчинялось закону Омори (рис. 3, врезка).

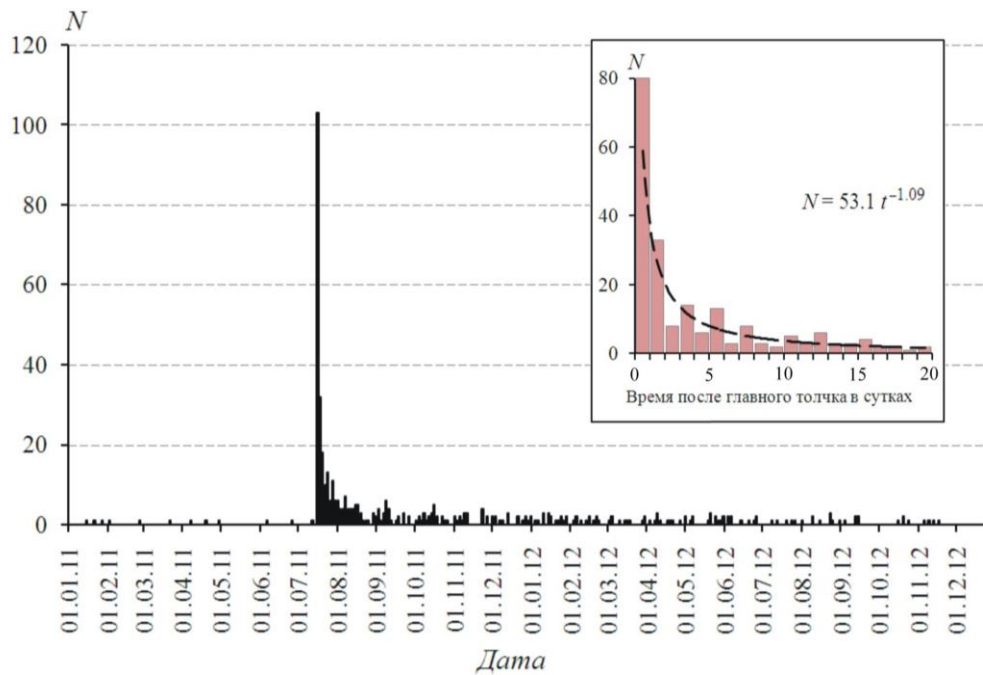


Рис. 3. Распределение числа землетрясений в эпицентральной зоне Туркинской последовательности по времени за период 01.01.2011–31.12.2012 гг. (единичный интервал 2 суток)

На врезке – число событий за первые 20 суток после главного толчка (штриховой линией показана аппроксимация экспериментальных данных по закону Омори).

Механизм очага Туркинского землетрясения был определен по амплитудным спектрам поверхностных волн с привлечением дополнительной информации о знаках первых вступлений объемных волн на региональных станциях [6–9]. Спектры основной моды волн Рэля и Лява были получены для каждой трассы «эпицентр-станция» с помощью метода спектрально-временного анализа [10] в диапазоне периодов колебаний 30–55 с. Всего для инверсии тензора сейсмического момента были отобраны записи 16 станций, расположенных в разных азимутах от эпицентра рассматриваемого сейсмического события. Диапазон эпицентральных расстояний составил 2318–5736 км. Строение земной коры под сейсмическими станциями и окрестности очага землетрясения задавалось моделью 3SMAC [11]. Для описания верхней мантии и расчета затухания поверхностных волн использовалась сферически симметричная модель PREM [12]. Оценка качества полученного решения производилась с помощью функции нормированной невязки (ϵ) [9].

В результате было получено решение механизма очага, в пределах погрешностей определения искомым параметров совпадающее с GCMТ-решением. Параметры плоскостей разрыва составили: $NP1$: $STK=212^\circ$, $DP=48^\circ$, $SLIP=-118^\circ$; $NP2$: $STK=70^\circ$, $DP=49^\circ$, $SLIP=-63^\circ$ (рис. 4 А), глубина гипоцентра 22 км (рис. 4 Б), скалярный сейсмический момент $M_0=0.76 \cdot 10^{17}$ Н·м, моментная магнитуда $M_w=5.2$ при значении функции нормированной невязки $\epsilon=0.369$.

Следует отметить, что поле напряжений рифтового типа, в котором произошло Туркинское землетрясение, в полной мере проявилось в очагах шести афтершоков ($K_p=8.9-10.1$) с установленными фокальными механизмами (рис. 1) [4, 14].

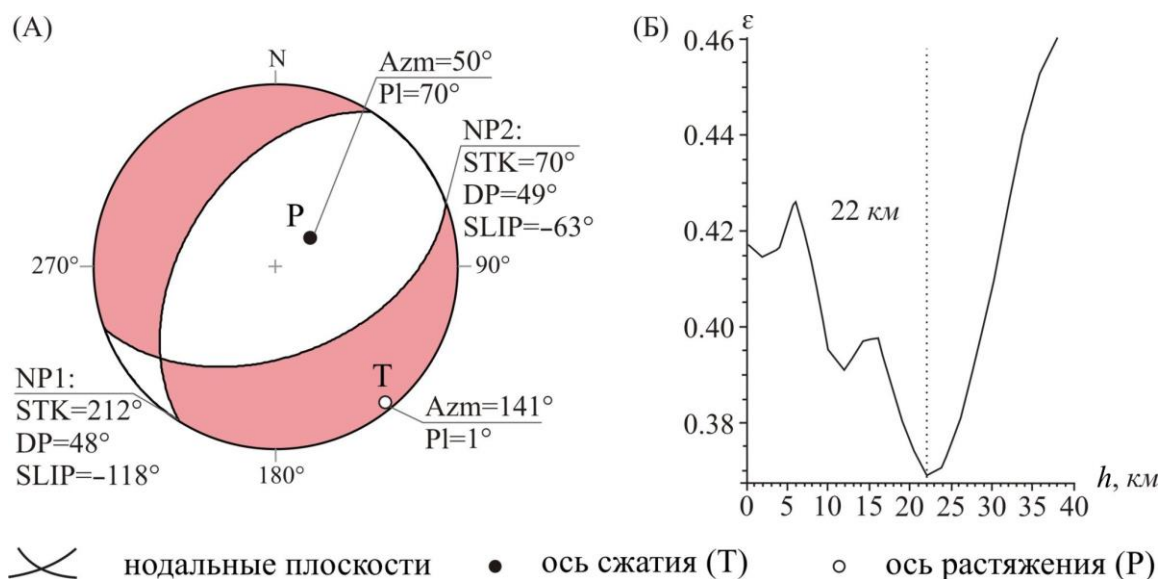


Рис. 4. Механизм очага землетрясения 16 июля 2011 г. (в проекции нижней полусферы) (А) и зависимость функции нормированной невязки от глубины очага землетрясения (Б)

Макросейсмические данные. Туркинское землетрясение ощущалось на весьма обширной территории. Ближняя к эпицентру зона, где наблюдались наиболее сильные эффекты, была обследована сотрудниками Геологического института СО РАН (г. Улан-Удэ). Информация о проявлениях землетрясения в дальней зоне была получена главным образом посредством почтовой рассылки опросных листов в населенные пункты Прибайкалья и Забайкалья. Кроме того, макросейсмические данные из крупных населенных пунктов Прибайкалья были собраны с использованием интерактивной анкеты, размещенной на интернет-сайте БФ ФИЦ ЕГС РАН. Всего поступило 124 электронных анкеты, из них 78 из г. Иркутск, 17 из г. Ангарск, шесть из г. Улан-Удэ.

Наибольшая интенсивность сотрясений, составившая 7 баллов по шкале MSK-64 [15], отмечена в пос. *Соболиха* (табл. 3). Согласно публикации в районной газете «Прибайкалец» [16], в поселковую администрацию поступило 22 заявления о причиненном землетрясением ущербе. Во многих домах получили тяжелые повреждения печи, разрушены печные трубы, в штукатурке возникли трещины. Очевидцы отмечали сильные колебания продолжительностью около 30 секунд; многие испытывали испуг и панику. В помещениях наблюдалось раскачивание и движение тяжелой мебели, падение незакрепленных предметов со шкафов и полок, сильное раскачивание и падение висячих предметов (люстры). Землетрясение сопровождалось сильным гулом, напоминающим шум от низколетящего самолета.

В с. *Горячинск*, а также в с. *Турка* интенсивность сотрясений оценивается в 6–7 баллов. Землетрясение ощущалось всеми жителями; реакция людей на землетрясение – пробуждение спящих, испуг, паника; многие в сильном испуге выбегали на улицу. Макросейсмические эффекты в помещениях сводятся к следующему: скрип полов и потолков, самопроизвольное распахивание и хлопанье дверей, дребезжание посуды и стекол, скрип, раскачивание и смещение мебели, сильное раскачивание висячих предметов, смещение и падение незакрепленных предметов. В зданиях в штукатурке образовались трещины, осыпалась побелка; дымовые трубы повреждены или разрушены; в некоторых случаях зафиксированы повреждения печей. Вследствие сильных сотрясений сработала автомобильная сигнализация.

По свидетельству администрации курорта в с. *Горячинск*, отдыхающие в панике покидали свои номера, бросая вещи. Большинство на следующее утро покинуло территорию курорта, отказавшись от дальнейшего отдыха. В зданиях на территории курорта отмечены различные повреждения; наиболее сильно пострадали корпуса, построенные в 1970-е годы, в которых относительно недавно были проведены косметический ремонт и перепланировка. Заклинило и перекосило двери, упали сорвавшиеся с подвесных креплений телевизоры, появились трещины возле оконных проемов и на гипсокартонных панелях во всех пяти корпусах. В номерах эконом-класса сильно раскачивались двухэтажные кровати. В административном корпусе

с потолка осыпалась побелка. В единственном трехэтажном здании в с. Горячинск, также принадлежащем курорту, на третьем этаже в ванных комнатах оторвалась керамическая плитка.

В пос. *Золотой Ключ* интенсивность сотрясений составила 6 баллов. Очевидцы испытывали сильный испуг, некоторые покинули помещения. Во время землетрясения в домах скрипели потолки, дребезжала посуда и стекла, сильно колебались шкафы, отмечено движение мебели и падение незакрепленных предметов. В некоторых случаях появились трещины в штукатурке возле оконных проемов, также зафиксированы случаи повреждения печных труб в старых домах (например, рис. 5).

В пос. *Исток*, пос. *Ярцы*, с. *Черемушки*, пос. *Котокель*, с. *Гремячинск* землетрясение ощущалось с интенсивностью 5–6 баллов. Жители этих населенных пунктов испытывали испуг, многие покинули помещения и вышли на улицу. Продолжительность землетрясений большинство очевидцев оценивает в 30 секунд. Во время землетрясения в зданиях скрипели полы и потолки, дребезжала посуда, звенели оконные стекла, самопроизвольно открывались и закрывались двери, раскачивалась мебель. Некоторые очевидцы заметили небольшое смещение тяжелой мебели (кровати), а также падение незакрепленных предметов. В с. Гремячинск землетрясение было замечено людьми, находившимися в движении на открытом воздухе. Сильные колебания сопровождались гулом, похожим на работу тяжелой техники.



Рис. 5. Повреждение дымовой трубы в одном из домов в пос. Золотой Ключ

По мере удаления от эпицентра интенсивность сотрясений убывала, тем не менее, пятибалльные эффекты наблюдались на расстоянии до 140 км (с. *Еланцы*). Сотрясения, оцениваемые в 4–5 баллов, отмечены на расстояниях от 54 до 194 км; макросейсмические проявления, соответствующие 4 баллам, зафиксированы на расстояниях до 300 км. Все имеющиеся оценки интенсивности сотрясений в населенных пунктах представлены в табл. 3.

Таблица 3. Макросейсмические данные о Туркинском землетрясении 16 июля 2011 г.

№	Пункт	Δ, км	При- меча- ния	Координаты пункта		№	Пункт	Δ, км	При- меча- ния	Координаты пункта	
				φ°, N	λ°, E					φ°, N	λ°, E
1	<u>7 баллов</u>	9	гул	52.93	108.38	4	<u>6 баллов</u>	16	гул	52.99	108.65
	пос. Соболиха						пос. Золотой Ключ				
2	<u>6–7 баллов</u>	17	гул	52.98	108.30	5	<u>5–6 баллов</u>	18	гул	52.85	108.23
	с. Горячинск						пос. Исток				
3	с. Турка	20	гул	52.95	108.22	6	пос. Ярцы	24	гул	52.88	108.14

№	Пункт	Δ, км	При- меча- ния	Координаты пункта		№	Пункт	Δ, км	При- меча- ния	Координаты пункта	
				φ°, N	λ°, E					φ°, N	λ°, E
7	с. Черемушки	29	гул	52.75	108.12	56	пос. Никола	271		51.90	104.83
8	пос. Котокель	31	гул	52.76	108.08	57	с. Оёк	273		52.59	104.46
9	с. Гремячинск	37	гул	52.80	107.95	58	пос. Первомайский	280		52.26	104.47
	<u>5 баллов</u>					59	с. Урик	289		52.46	104.25
10	с. Максимиха	44	гул	53.25	108.72	60	р. пос. Жигалово	306		54.81	105.16
11	у. Тэгда	62	гул	52.40	108.95		<u>3-4 балла</u>				
12	с. Могой	63		52.46	109.12	61	с. Татаурово	109		52.14	107.44
13	пос. Ойбонт	65		52.50	109.23	62	с. Кижинга	151		51.83	109.92
14	пос. Малая Курба	74		52.65	109.52	63	г. Петровск- Забайкальский	179		51.28	108.83
15	с. Турунтаево	96		52.20	107.62	64	пгт Баляга	194		51.15	108.93
16	с. Заречье	97		52.55	107.15	65	у. Аргада	209		54.23	110.68
17	с. Сухая	100		52.54	107.11	66	г. Хилок	216		51.35	110.45
18	с. Онгурен	103	гул	53.64	107.59	67	г. Гусиноозерск	223		51.28	106.50
19	пос. Новый Энхэлук	112		52.48	106.97	68	Район с. Большое Голоустное	233		52.02	105.36
20	с. Еланцы	140		52.80	106.41	69	с. Бичура	262		50.59	107.60
	<u>4-5 баллов</u>					70	г. Иркутск	289		52.27	104.33
21	пос. Кика	54	гул	52.48	108.02	71	с. Тимошино	302		54.42	104.71
22	с. Гурулево	65	гул	52.40	107.93	72	с. Смоленщина	302		52.26	104.13
23	с. Нестерово	70	гул	52.37	107.88	73	ст. Дачная	310		52.12	104.08
24	пгт Усть-Баргузин	71		53.45	108.98	74	пгт Большой Луг	311		52.07	104.08
25	с. Хасурта	71	гул	52.28	108.87		<u>3 балла</u>				
26	с. Батурино	74	гул	52.33	107.87	75	с. Читкан	110		53.48	109.80
27	с. Макарино	76	гул	53.45	109.12	76	г. Шелехов	305		52.21	104.10
28	пгт Хужир	84		53.19	107.34	77	пос. Стеглянка	309		52.40	103.97
29	с. Адамово	87	гул	53.48	109.32	78	г. Ангарск	312		52.54	103.89
30	с. Зорино	92	гул	53.52	109.37	79	г. Усолье-Сибирское	325		52.75	103.65
31	пос. Журавлиха	92	гул	53.52	109.38	80	д. Юхта	338		55.90	107.80
32	с. Малое Уро	115	гул	53.53	109.85	81	пгт Улькан	338		55.90	107.78
33	с. Уро	116		53.53	109.85		<u>2 балла</u>				
34	с. Хоринск	117		52.17	109.77	82	г. Чита	355		52.03	113.55
35	с. Суво	132	гул	53.65	110.00	83	г. Закаменск	454		50.38	103.27
36	д. Нарин-Кунта	142	гул	52.76	106.38	84	г. Усть-Кут	468		56.77	105.65
37	пос. Николаевский	144	гул	51.65	107.80	85	г. Улан-Батор (Улаан- баатар, Монголия)	562		47.92	106.91
38	д. Тьрган	144	гул	52.76	106.35		<u>Не ощущалось</u>				
39	д. Петрова	146	гул	52.76	106.32	86	с. Сосново-Озерское	211		52.52	111.57
40	д. Попова	147	гул	52.74	106.31	87	с. Могойто	214		54.42	110.45
41	с. Селенга	157		51.63	107.40	88	у. Улюнхан	275		54.85	111.03
42	с. Елань	158		51.98	106.68	89	с. Романовка	288		53.22	112.77
43	с. Большая Тарель	158	гул	53.76	106.62	90	с. Выдрино	305		51.47	104.64
44	с. Тарбагатай (Респуб- лика Бурятия)	171		51.50	107.37	91	г. Северобайкальск	312		55.65	109.32
45	с. Шалуты-Солонцы	194		51.35	107.12	92	г. Байкальск	332		51.51	104.15
	<u>4 балла</u>					93	г. Свирск	345		53.09	103.33
46	г. Улан-Удэ	130		51.83	107.62	94	пгт Култук	350		51.72	103.70
47	пгт Селенгинск	147	гул	52.01	106.86	95	г. Слюдянка	352		51.66	103.71
48	у. Усть-Эгита	154		52.33	110.58	96	пгт Кичера	355		55.94	110.10
49	с. Кабанск	155	гул	52.05	106.65	97	с/ст Талая	355		51.68	103.64
50	пгт Каменск	163		51.97	106.60	98	пос. Кумора	377		55.88	111.23
51	с. Бирюлька	180		53.87	106.33	99	пос. Верхнемарково	503		57.33	107.02
52	пгт Тарбагатай (Забайкальский край)	193		51.18	109.08	100	с. Макарово	513		57.48	107.83
53	с. Малета	227		50.83	108.42	101	г. Киренск	545		57.79	108.11
54	с. Верхолениск	234		54.09	105.58						
55	р. пос. Листвянка	271		51.86	104.86						

По данным этой таблицы построена карта макросейсмических проявлений типа «пункты-баллы», приведенная на рис. 6.

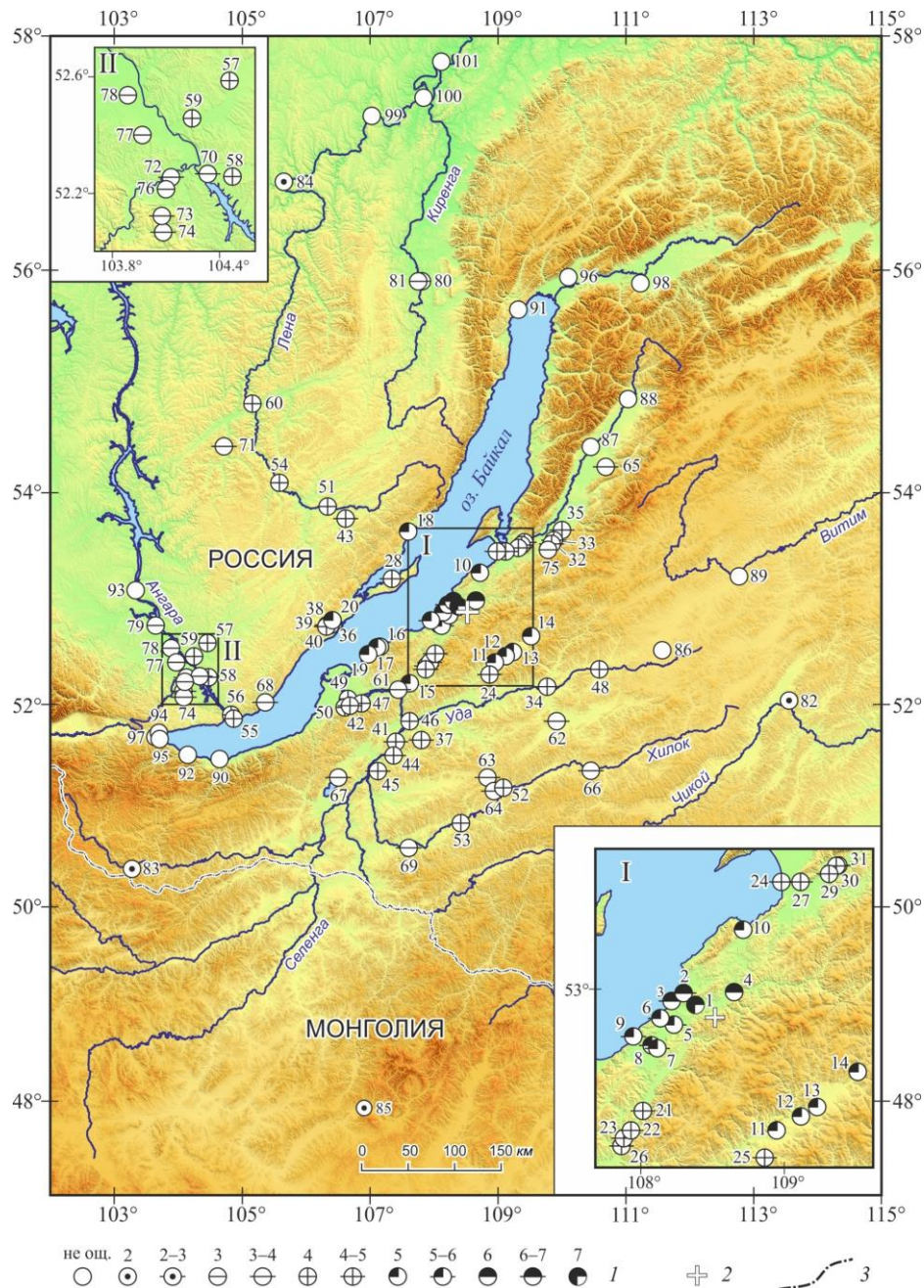


Рис. 6. Карта пунктов-баллов для Туркинского землетрясения 16.07.2011 г.

1 – интенсивность сотрясений в баллах шкалы MSK-64; 2 – инструментальный эпицентр; 3 – государственная граница; номера пунктов соответствуют таковым в табл. 3.

Сильные движения. Ближайшие сейсмические станции, на которых были записаны акселерограммы Туркинского землетрясения, расположены на расстояниях от 103 до 155 км (рис. 7). Полученные на станциях «Онгурен», «Суво», «Тырган» и «Кабанск» значения ускорений в целом хорошо соотносятся с наблюдаемыми макросейсмическими эффектами. Наибольшее расхождение между макросейсмической и инструментальной оценкой интенсивности сотрясений отмечено для с. Онгурен. На территории села ощутимые сотрясения соответствуют 5 баллам, в то время как инструментально зарегистрированное значение ускорений составило $A_{max}=5.4 \text{ см/с}^2$. Согласно шкале MMSK-92 [17], указанное значение максимальной амплитуды ускорений соответствует лишь 4 баллам. Наибольшая амплитуда ускорений $A_{max}=13.9 \text{ см/с}^2$ бы-

ла зарегистрирована на станции «Тырган» при эпицентральной расстоянии 144 км. По шкале ММСК-92 это значение соответствует 5 баллам; по макросейсмическим данным значение интенсивности сотрясений в д. Тырган составило 4–5 баллов.

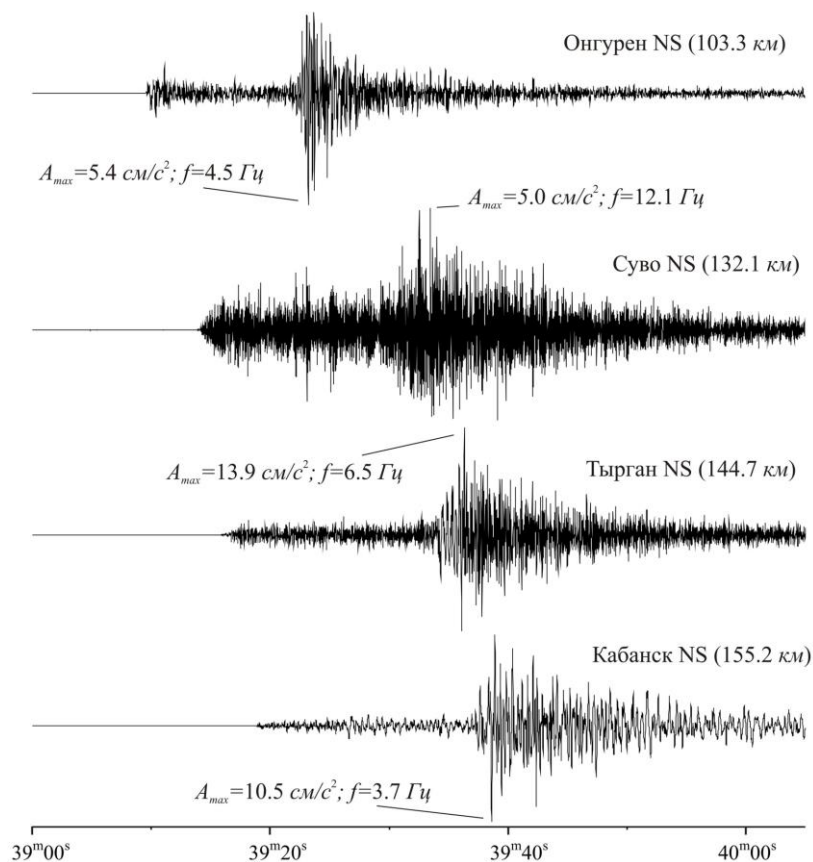


Рис. 7. Акселерограммы Туркинского землетрясения 16 июля 2011 г., полученные на ближайших к эпицентру сейсмических станциях Байкальского филиала ГС СО РАН.

В заключение отметим, что Туркинское землетрясение 2011 г. с $M_w=5.2$ показало, что в горном обрамлении юго-восточного борта Байкала в Центральном Прибайкалье возможны достаточно сильные сейсмические события, ощущавшиеся на значительной территории. Рифтовый фокальный механизм данного землетрясения и отдельных его афтершоков свидетельствует о доминирующем влиянии в районе исследования режима субгоризонтального растяжения, ориентированного вкост простирания основных геоструктур. Предполагается, что полученные сведения будут полезны при оценке сейсмической опасности рассматриваемой территории.

Л и т е р а т у р а

1. Хайдурова Е.В., Гилёва Н.А. (отв. сост.), Леонтьева Л.Р., Анисимова Л.В., Хамидулина О.А., Меньшикова Ю.А., Тигунцева Г.В., Андрусенко Н.А., Дреннова Г.Ф., Курилко Г.В., Хороших М.Б., Дворникова В.И., Павлова Л.В., Мазаник Е.В., Терёшина Е.Н., Зиброва Е.С., Борисова О.А., Папкина А.А., Архипенко Н.С. (сост.). Каталог землетрясений Прибайкалья и Забайкалья с $K_p>7.5$ за 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD-ROM.
2. Хайдурова Е.В., Гилёва Н.А. (отв. сост.), Леонтьева Л.Р., Анисимова Л.В., Хамидулина О.А., Меньшикова Ю.А., Тигунцева Г.В., Андрусенко Н.А., Дреннова Г.Ф., Курилко Г.В., Хороших М.Б., Дворникова В.И., Павлова Л.В., Мазаник Е.В., Терёшина Е.Н., Зиброва Е.С., Борисова О.А., Папкина А.А., Архипенко Н.С. (сост.). Каталог Туркинской последовательности землетрясений с $K_p>5.5$ в 2011 г., с сильным землетрясением 16 июля 2011 г. с $M_w=5.3$, $K_p=14.5$, $I_0=7-8$ // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD-ROM.

3. Лунина О.В., Гладков А.С., Шерстянкин П.П. Новая электронная карта активных разломов юга Восточной Сибири // ДАН. – 2010. – 433. – № 5. – С. 662–667.
4. Мельникова В.И., Гилёва Н.А. (отв. сост.), Ландер А.В., Середкина А.И., Татомир Н.В. (сост.). Каталог механизмов очагов землетрясений Прибайкалья и Забайкалья за 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD_ROM.
5. International Seismological Centre (ISC), On-line Bulletin, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom, 2014. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>.
6. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2011 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2011–2012. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2011.
7. Середкина А.И. Очаговые параметры ощутимых землетрясений Прибайкалья // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – С. 300–304.
8. Букчин Б.Г. Особенности излучения поверхностных волн мелкофокусным источником // Физика Земли. – 2006. – № 8. – С. 88–93.
9. Lasserre C., Bukchin B., Bernard P., Tapponnier P., Gaudemer Y., Mostinsky A., Dailu R. Source parameters and tectonic origin of the 1996 June 1 Tianzhu ($M_w=5.2$) and 1995 July 21 Yongen ($M_w=5.6$) earthquakes near the Haiyuan fault (Gansu, China) // Geophys. J. Int. – 2001. – 144. – N 1. – P. 206–220.
10. Середкина А.И., Мельникова В.И. Тензор сейсмического момента землетрясений Прибайкалья по амплитудным спектрам поверхностных волн // Физика Земли. – 2014. – № 3. – С. 103–114. Doi: 10.7868/S0002333714030090.
11. Левшин А.Л., Яновская Т.Б., Ландер А.В. и др. Поверхностные сейсмические волны в горизонтально-неоднородной Земле. – М.: Наука, 1986. – 278 с.
12. Nataf H.C., Ricard Y. 3SMAC: on a priori tomographic model of the upper mantle based on geophysical modeling // Phys. Earth Planet. Inter. – 1996. – 95. – P. 101–122.
13. Dziewonski A.M., Anderson D.L. Preliminary Reference Earth Model // Phys. Earth Planet. Inter. – 1981. – 25. – P. 297–356.
14. Мельникова В.И., Гилёва Н.А., Имаев В.С., Радзиминович Я.Б., Тубанов Ц.А. Особенности сейсмических активизаций Среднего Байкала в 2008–2011 годах // ДАН. – 2013. – 453. – № 6. – С. 680–685.
15. Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
16. Газета «Прибайкалец». – 2011. – 22 июля. – № 28 (7500). – С. 1.
17. Шебалин Н.В., Аптикаев Ф.Ф. Развитие шкал типа MSK // Магнитное поле Земли: математические методы описания. Проблемы макросейсмологии (Вычислительная сейсмология; Вып. 34). – М.: Геос, 2003. – С. 210–253.