

ЧАРСКОЕ-III ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 28 июня 2004 г.

с $MPSP=4.7$, $K_p=13.5$, $I_0=6$ (Прибайкалье)

Н.А. Гилёва¹, Я.Б. Радзиминович^{1,2}, В.И. Мельникова^{1,2}, Н.А. Радзиминович²

¹Байкальский филиал ГС СО РАН, г. Иркутск, nagileva@crust.irk.ru

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

Землетрясение 28 июня 2004 г. произошло на северо-восточном фланге Байкальской рифтовой зоны (БРЗ), в юго-западной части Чарской впадины (рис. 1). По значениям энергетического класса ($K_p=13.5$) и магнитуд, определенных различными способами (табл. 1), оно является наиболее сильным событием региона в 2004 г. Районы, прилегающие к его эпицентральной области, известны весьма высокой сейсмической активностью. Более того, десятью годами ранее, 26 апреля и 21 августа 1994 г., практически в этом же месте были зарегистрированы два сильных землетрясения с $MS=5.8$ и $MS=6.3$ соответственно [1, 2], за которыми закрепились названия Чарское-I и Чарское-II. По устоявшейся традиции рассматриваемому в настоящей работе землетрясению присвоено название Чарское-III.

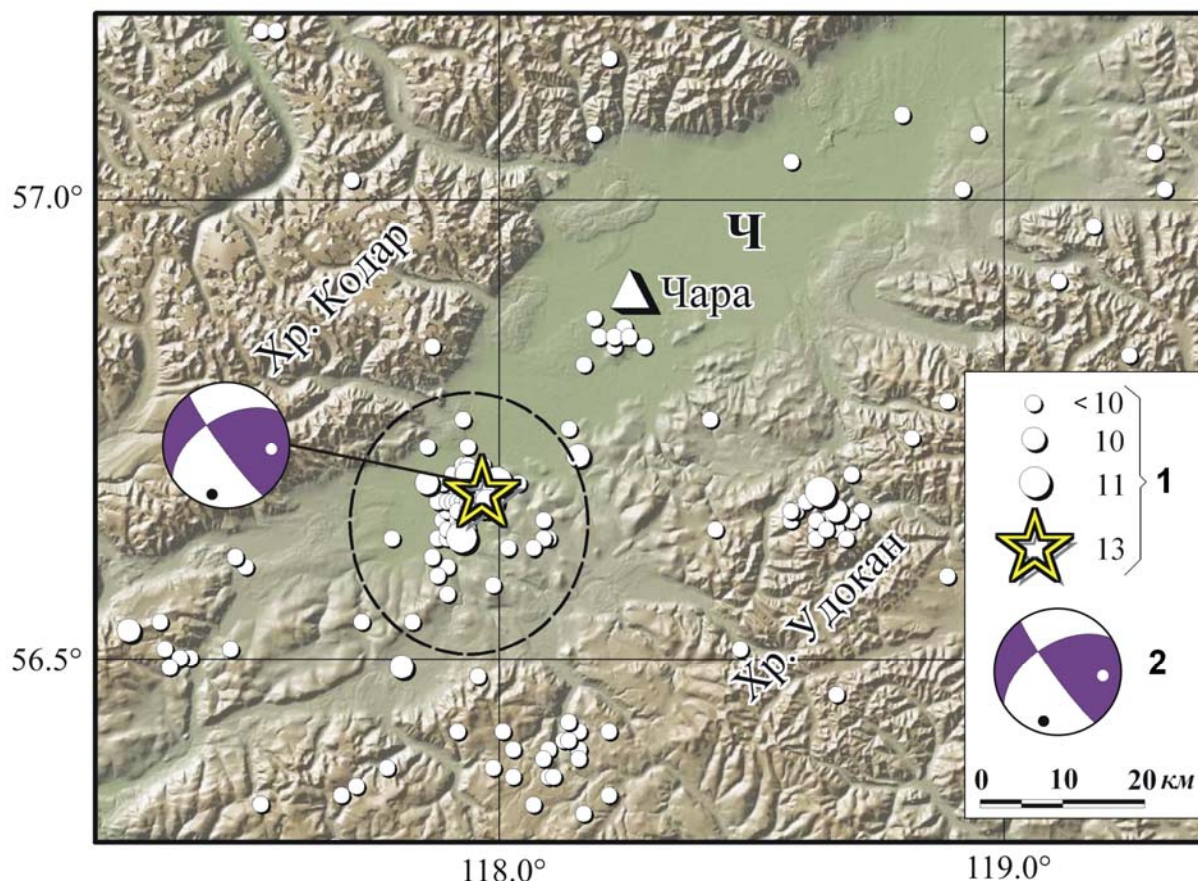


Рис. 1. Местоположение инструментального эпицентра Чарского-III землетрясения (северо-восточный фланг БРЗ)

1 – энергетический класс K_p ; 2 – стереограмма фокального механизма очага в проекции нижней полусферы (затемнены области волн сжатия, выходы осей сжатия и растяжения показаны черной и белой точками соответственно); Ч – Чарская впадина; треугольником обозначена сейсмическая станция; штриховым контуром выделено поле афтершоков.

Локализация гипоцентра Чарского-III землетрясения выполнена по данным 29 станций Прибайкалья и соседних регионов (рис. 2, а). Шесть станций расположены на эпицентральных расстояниях до 300 км; ближайшей является станция «Чара», находящаяся на удалении 31 км от эпицентра (рис. 1). Основные параметры землетрясения представлены в табл. 1 по материалам различных сейсмологических агентств. В определениях координат эпицентра наибольшую согласованность имеют решения регионального агентства BYKL и агентства MOS, хотя решение последнего характеризуется большим эллипсом ошибок (рис. 2, б). Согласно определениям остальных агентств, смещение эпицентра относительно регионального решения составляет около 5 км к юго-западу по данным IDC, 19 км к юго-востоку по данным NEIC и 10 км к югу по данным ISC. Наибольший эллипс ошибок имеет решение агентства IDC, наименьший – BYKL.

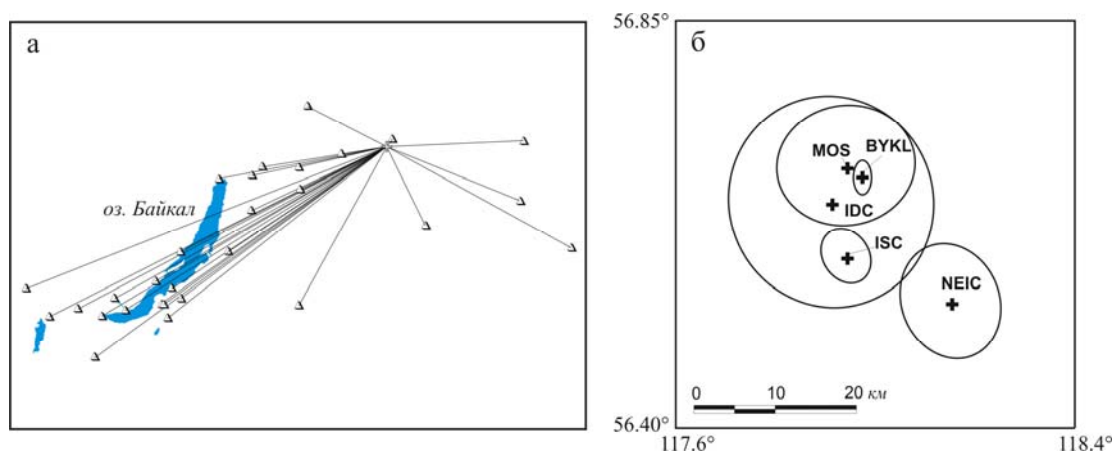


Рис. 2. Расположение эпицентра относительно региональных сейсмических станций (а) и решения эпицентра главного толчка (б)

а – треугольниками показаны станции, данные которых использовались при локации эпицентра Чарского-III землетрясения; б – эллипсы ошибок по данным разных агентств в соответствии с их кодами в табл. 1.

Таблица 1. Основные параметры Чарского-III землетрясения 28 июня 2004 г. по определениям различных сейсмологических агентств

№	Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр						Магнитуда	Источник
				φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$	h , км	δh , км		
1	BYKL	14 22 46.5	0.2	56.68	0.02	117.97	0.02	17	3	$K_p=13.5/25$, $M_w=5.1/4$	[3]
2	MOS	14 22 46.5	2.08	56.69	0.07	117.94	0.14	19		$M_S=4.2/14$, $M_{PSP}=4.7/18$	[4]
3	NEIC	14 22 47.27	0.27	56.54	0.06	118.15	0.09	13.7		$m_b=4.8/41$	[5]
4	IDC	14 22 46.71	0.61	56.65	0.11	117.91	0.19	12.7	3.2	$M_S=4.0/10$, $m_b=4.3/21$	[5]
5	ISC	14 22 44.47	0.56	56.59	0.03	117.94	0.04	4.6	3.6	$M_S=4.2/21$, $m_b=4.6/68$	[5]

Примечание. BYKL – БФ ГС СО РАН (Иркутск); MOS – Геофизическая служба РАН (Обнинск); NEIC – Национальный сейсмологический информационный центр США; IDC – Международный центр данных, США; ISC – Международный сейсмологический центр, Великобритания.

Наличие региональных цифровых записей позволило вычислить сейсмический момент M_w Чарского-III землетрясения. Его среднее значение, рассчитанное по амплитудным спектрам поперечных сейсмических волн (на компоненте с максимальной амплитудой) в рамках модели Дж. Брюна [6], составило $M_0=(3.8\pm 1.6)\cdot 10^{16}$ Н·м. Использовались записи станций «Суво», «Онгурены», «Тырган» и «Закаменск» сейсмометрами типа СМ-3, СМ-3-КВ в диапазоне эпицентральных расстояний $\Delta=600-1200$ км. Значение моментной магнитуды, вычисленное по формуле Х. Канамори [7], составляет $M_w=5.1\pm 0.3$.

Форшок-афтершоковая последовательность Чарского-III землетрясения продолжалась до конца 2004 г. Приблизительно за час до основного толчка был зарегистрирован единственный слабый форшок, перед которым в области радиусом около 15 км (оконтурена пунктиром на рис. 1) в течение двух месяцев сейсмических событий не наблюдалось (рис. 3).

Максимальный по энергии афтершок ($K_p=10.8$) зарегистрирован 24 октября в 04^h31^m (табл. 2). Схема пространственного расположения афтершокового поля представлена на рис. 1, график распределения числа афтершоков во времени показан на рис. 3. Указанная серия толчков превратилась еще одним сильным событием, зарегистрированным 2 января 2005 г. в $00^h24^m38.7^s$ GMT ($K_p=13.8$, $MPSP=5.4$) и сопровождавшимся собственной афтершоковой последовательностью. Оно произошло практически в том же самом месте ($\varphi=56.66\pm 0.02$; $\lambda=118.01\pm 0.02$; $h=15\pm 3$) [8], где и Чарское-III землетрясение. Несколько забегая вперед, событие 2 января 2005 г., с учетом местоположения его эпицентра, можно назвать Чарским-IV.

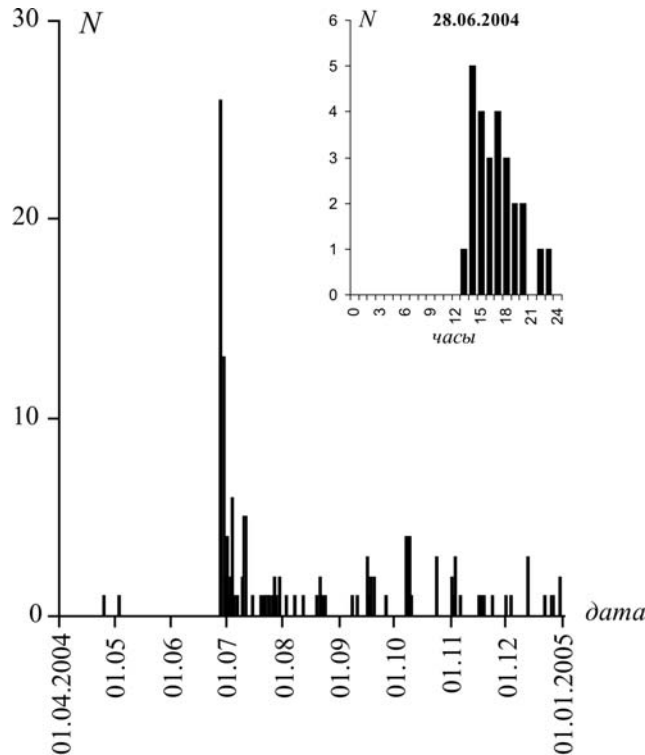


Рис. 3. Распределение во времени числа N землетрясений в эпицентральной зоне Чарского-III землетрясения за период 01.04.2004 г.– 01.01.2005 г. (на врезке детализирована ситуация за 28 июня)

Таблица 2. Основные параметры форшока, главного толчка и афтершоков Чарского-III землетрясения

№	Дата д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	$MPSP$	K_p
			φ° , N	λ° , E			
Форшок							
	28.06	13 35 09.4 ± 1.8	56.67 ± 0.07	117.91 ± 0.08			6.8 ± 0.2
Основной толчок							
	28.06	14 22 46.5 ± 0.2	56.68 ± 0.02	117.97 ± 0.02	17 ± 3	4.7	13.5 ± 0.2
Афтершоки							
1	28.06	14 48 05.5 ± 0.3	56.67 ± 0.02	117.92 ± 0.02	8 ± 7		6.5 ± 0.5
2	28.06	14 48 48.7 ± 1.9	56.69 ± 0.07	117.92 ± 0.08			6.1 ± 0.5
3	28.06	14 50 12.8 ± 1.2	56.67 ± 0.05	117.94 ± 0.05			6.5 ± 0.5
4	28.06	14 53 27.7 ± 0.5	56.67 ± 0.03	117.98 ± 0.04			7.4 ± 0.5
5	28.06	15 03 29.7 ± 0.6	56.69 ± 0.03	117.95 ± 0.03	18 ± 8		6.5 ± 0.5
6	28.06	15 14 21.2 ± 0.3	56.67 ± 0.02	117.94 ± 0.02	9 ± 6		6.5 ± 0.4
7	28.06	15 30 47.1 ± 0.4	56.70 ± 0.03	117.97 ± 0.03	21 ± 6		8.5 ± 0.3
8	28.06	15 49 21.6 ± 1.9	56.69 ± 0.08	117.93 ± 0.09			5.8 ± 0.4
9	28.06	16 33 32.0 ± 1.4	56.67 ± 0.06	117.95 ± 0.07			5.9 ± 0.4

№	Дата д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	MPSP	K_p
			φ° , N	λ° , E			
10	28.06	16 43 45.2 ± 0.5	56.67 ± 0.03	117.94 ± 0.03	15 ± 8		6.8 ± 0.3
11	28.06	16 55 28.6 ± 0.5	56.70 ± 0.03	117.96 ± 0.04	18 ± 7		8.6 ± 0.5
12	28.06	17 10 14.8 ± 6.9	56.66 ± 0.27	117.95 ± 0.18			5.5 ± 1.0
13	28.06	17 13 29.9 ± 0.4	56.69 ± 0.02	117.94 ± 0.03	19 ± 5		6.9 ± 0.4
14	28.06	17 25 57.9 ± 0.4	56.70 ± 0.03	117.94 ± 0.03	17 ± 5		10.0 ± 0.2
15	28.06	17 41 08.7 ± 0.3	56.66 ± 0.02	117.94 ± 0.03	4 ± 8		6.7 ± 0.7
16	28.06	18 14 30.7 ± 1.7	56.71 ± 0.07	117.93 ± 0.08			5.9 ± 0.5
17	28.06	18 55 54.7 ± 0.7	56.69 ± 0.04	117.89 ± 0.05			5.9 ± 0.4
18	28.06	18 58 32.8 ± 0.3	56.69 ± 0.02	117.90 ± 0.03	13 ± 5		8.5 ± 0.3
19	28.06	19 42 03.0 ± 0.6	56.69 ± 0.03	117.92 ± 0.04	15 ± 9		6.3 ± 0.5
20	28.06	19 47 16.5 ± 1.0	56.68 ± 0.04	117.95 ± 0.05			6.4 ± 0.5
21	28.06	20 02 41.8 ± 1.5	56.71 ± 0.06	117.94 ± 0.07			5.9 ± 0.7
22	28.06	20 58 06.7 ± 1.1	56.68 ± 0.04	117.96 ± 0.06			5.9 ± 0.6
23	28.06	22 17 20.4 ± 1.3	56.69 ± 0.05	117.93 ± 0.06			6.1 ± 0.4
24	28.06	23 02 11.4 ± 3.3	56.67 ± 0.13	117.93 ± 0.09			5.6 ± 0.1
25	29.06	03 08 51.3 ± 0.7	56.67 ± 0.03	117.93 ± 0.03			6.6 ± 0.3
26	29.06	06 41 09.8 ± 1.1	56.68 ± 0.04	117.90 ± 0.05			6.2 ± 0.5
27	29.06	08 48 26.0 ± 0.7	56.70 ± 0.03	117.93 ± 0.04			7.4 ± 0.4
28	29.06	08 49 24.1 ± 1.2	56.66 ± 0.05	117.93 ± 0.05			7.6 ± 0.3
29	29.06	09 43 04.7 ± 0.4	56.68 ± 0.03	117.92 ± 0.03	12 ± 9		8.3 ± 0.4
30	29.06	10 25 40.3 ± 0.9	56.67 ± 0.04	117.92 ± 0.04			6.7 ± 0.3
31	29.06	11 27 43.5 ± 0.3	56.69 ± 0.03	118.00 ± 0.02	12 ± 5		10.6 ± 0.2
32	29.06	11 37 53.4 ± 0.6	56.68 ± 0.02	117.96 ± 0.03	12 ± 11		6.0 ± 1.4
33	29.06	12 35 02.6 ± 1.1	56.67 ± 0.04	117.96 ± 0.06			6.6 ± 0.5
34	29.06	14 29 57.2 ± 1.1	56.66 ± 0.05	117.95 ± 0.06			6.7 ± 0.4
35	29.06	18 13 26.9 ± 0.9	56.67 ± 0.04	117.95 ± 0.05			7.1 ± 0.5
36	29.06	18 24 11.7 ± 1.1	56.67 ± 0.05	117.93 ± 0.04			6.2 ± 1.6
37	29.06	23 30 29.8 ± 0.9	56.67 ± 0.04	117.91 ± 0.04			6.9 ± 0.4
38	30.06	02 14 53.4 ± 0.8	56.66 ± 0.03	117.95 ± 0.04			7.3 ± 0.6
39	30.06	06 53 25.2 ± 1.2	56.67 ± 0.05	117.95 ± 0.07			6.4 ± 0.8
40	01.07	00 37 10.1 ± 0.6	56.67 ± 0.02	117.93 ± 0.03	12 ± 11		7.4 ± 0.5
41	01.07	10 56 28.7 ± 1.2	56.67 ± 0.05	117.93 ± 0.04			6.0
42	01.07	12 26 01.8 ± 0.9	56.67 ± 0.04	117.92 ± 0.04			6.3 ± 0.5
43	01.07	20 02 26.0 ± 0.9	56.67 ± 0.04	117.90 ± 0.05			6.6 ± 0.5
44	02.07	18 45 29.1 ± 0.9	56.66 ± 0.03	117.93 ± 0.05			6.1 ± 0.7
45	03.07	13 01 55.3 ± 0.5	56.68 ± 0.02	117.96 ± 0.03	16 ± 7		7.7 ± 0.2
46	03.07	13 37 23.0 ± 0.9	56.69 ± 0.04	117.95 ± 0.05			7.9 ± 0.3
47	04.07	02 14 03.5 ± 1.6	56.65 ± 0.06	117.91 ± 0.05			5.7
48	04.07	06 09 39.5 ± 0.4	56.67 ± 0.03	117.92 ± 0.04	4 ± 11		6.8 ± 1.1
49	04.07	06 54 20.2 ± 0.8	56.71 ± 0.03	117.97 ± 0.05	31 ± 8		6.9 ± 0.0
50	04.07	19 06 09.3 ± 0.8	56.66 ± 0.03	117.93 ± 0.04			6.6 ± 0.4
51	04.07	23 02 50.7 ± 0.6	56.64 ± 0.02	117.93 ± 0.03			6.7 ± 0.5
52	04.07	23 46 25.4 ± 1.2	56.67 ± 0.05	117.94 ± 0.06			6.5 ± 0.3
53	05.07	02 49 09.8 ± 1.2	56.68 ± 0.05	117.94 ± 0.06			6.3 ± 0.4
54	07.07	07 24 54.5 ± 1.2	56.67 ± 0.05	117.94 ± 0.06			6.2 ± 0.4
55	10.07	02 03 43.8 ± 0.3	56.67 ± 0.02	117.99 ± 0.02	12 ± 4		9.7 ± 0.2
56	10.07	19 04 56.9 ± 1.3	56.67 ± 0.07	117.95 ± 0.07			6.3 ± 0.3
57	11.07	03 00 23.4 ± 2.0	56.73 ± 0.08	117.94 ± 0.10			6.1 ± 0.5
58	11.07	03 20 29.4 ± 0.7	56.67 ± 0.03	117.94 ± 0.03			6.5 ± 0.3
59	11.07	11 26 06.2 ± 0.3	56.65 ± 0.02	117.92 ± 0.03	12 ± 6		8.1 ± 0.3
60	11.07	12 00 53.9 ± 0.6	56.65 ± 0.03	117.91 ± 0.03			6.0 ± 0.4
61	11.07	13 10 29.6 ± 0.4	56.66 ± 0.02	117.93 ± 0.03	10 ± 8		7.1 ± 0.6
62	15.07	10 56 05.9 ± 0.6	56.58 ± 0.02	117.99 ± 0.03			7.2 ± 0.4
63	20.07	03 18 19.0 ± 2.9	56.67 ± 0.12	117.93 ± 0.09			5.7
64	22.07	22 18 12.2 ± 1.0	56.66 ± 0.04	117.94 ± 0.05			6.0 ± 0.4
65	23.07	20 31 12.8 ± 0.6	56.66 ± 0.02	117.90 ± 0.03			6.1 ± 0.4
66	24.07	23 06 42.8 ± 3.2	56.65 ± 0.12	117.91 ± 0.10			5.6
67	26.07	00 25 09.3 ± 0.3	56.69 ± 0.02	117.86 ± 0.02	11 ± 5		9.7 ± 0.2

№	Дата д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	MPSP	K_p
			φ° , N	λ° , E			
68	27.07	00 08 54.5 ± 1.7	56.65 ± 0.09	117.89 ± 0.12			6.8 ± 0.2
69	27.07	23 28 09.9 ± 1.2	56.67 ± 0.05	117.88 ± 0.06			6.8 ± 0.5
70	28.07	00 43 57.4 ± 0.9	56.69 ± 0.04	117.89 ± 0.03			6.7 ± 0.5
71	30.07	05 08 18.1 ± 0.8	56.64 ± 0.03	117.93 ± 0.04			6.7 ± 0.4
72	30.07	11 27 05.1 ± 0.5	56.65 ± 0.02	117.94 ± 0.03	10 ± 9		8.3 ± 0.2
73	03.08	19 34 05.3 ± 1.1	56.67 ± 0.04	117.95 ± 0.05			5.5 ± 0.7
74	07.08	23 41 47.0 ± 0.7	56.63 ± 0.03	117.79 ± 0.03			5.7 ± 1.4
75	12.08	14 09 57.9 ± 0.7	56.67 ± 0.03	117.90 ± 0.03			7.1 ± 0.3
76	19.08	15 08 11.9 ± 0.4	56.67 ± 0.02	117.95 ± 0.03	14 ± 6		6.8 ± 0.4
77	21.08	06 28 44.0 ± 1.0	56.66 ± 0.04	117.98 ± 0.05			6.8 ± 0.3
78	21.08	06 37 14.1 ± 0.8	56.70 ± 0.03	118.00 ± 0.04	21 ± 9		7.3 ± 0.6
79	22.08	13 56 18.3 ± 0.8	56.68 ± 0.03	117.96 ± 0.04			7.0 ± 0.4
80	24.08	15 05 16.9 ± 3.2	56.68 ± 0.12	117.94 ± 0.10			5.9
81	08.09	22 40 49.7 ± 0.4	56.65 ± 0.03	117.93 ± 0.04	11 ± 8		7.1 ± 0.3
82	10.09	05 08 05.9 ± 0.5	56.65 ± 0.03	117.94 ± 0.04	17 ± 7		7.4 ± 0.2
83	16.09	02 22 17.6 ± 0.9	56.65 ± 0.04	117.92 ± 0.04			6.5 ± 0.3
84	16.09	03 29 00.4 ± 0.7	56.63 ± 0.03	117.91 ± 0.03			7.0 ± 0.4
85	16.09	03 48 59.2 ± 0.3	56.65 ± 0.02	117.92 ± 0.02	8 ± 6		9.1 ± 0.3
86	17.09	17 28 53.6 ± 0.7	56.64 ± 0.03	117.91 ± 0.04			7.1 ± 0.4
87	18.09	16 33 18.3 ± 0.9	56.65 ± 0.04	117.93 ± 0.05			6.5 ± 0.4
88	18.09	18 03 18.8 ± 0.6	56.64 ± 0.03	117.91 ± 0.04			7.5 ± 0.3
89	20.09	16 59 53.0 ± 1.6	56.64 ± 0.06	117.94 ± 0.08			6.0
90	20.09	20 53 45.1 ± 1.7	56.68 ± 0.07	117.94 ± 0.08			6.8 ± 0.5
91	26.09	05 37 42.8 ± 0.5	56.64 ± 0.03	117.91 ± 0.03			8.2 ± 0.3
92	07.10	07 40 32.1 ± 1.3	56.60 ± 0.05	117.89 ± 0.06			6.2 ± 0.7
93	07.10	08 01 29.7 ± 0.2	56.60 ± 0.02	117.89 ± 0.02	10 ± 4		8.5 ± 0.6
94	07.10	08 44 09.1 ± 1.5	56.76 ± 0.06	117.93 ± 0.07			5.9 ± 0.1
95	07.10	11 30 24.2 ± 0.2	56.60 ± 0.01	117.90 ± 0.01	13 ± 3		7.4 ± 0.5
96	09.10	03 50 59.7 ± 0.3	56.59 ± 0.02	117.88 ± 0.02	8 ± 5		8.9 ± 0.4
97	09.10	05 00 55.0 ± 5.4	56.73 ± 0.17	117.86 ± 0.27			5.9 ± 0.8
98	09.10	05 04 52.3 ± 3.2	56.57 ± 0.10	117.90 ± 0.15			6.2 ± 0.7
99	09.10	11 27 01.2 ± 0.2	56.61 ± 0.01	117.87 ± 0.02	12 ± 4		8.6 ± 0.4
100	10.10	19 55 17.8 ± 1.1	56.63 ± 0.04	117.88 ± 0.05			6.0 ± 0.6
101	24.10	04 31 38.6 ± 0.2	56.63 ± 0.02	117.93 ± 0.02	12 ± 3		10.8 ± 0.2
102	24.10	04 37 42.4 ± 2.1	56.64 ± 0.07	117.92 ± 0.09			6.6 ± 0.3
103	24.10	06 39 21.3 ± 1.5	56.64 ± 0.06	117.94 ± 0.08			6.6 ± 0.3
104	01.11	11 51 56.8 ± 0.3	56.67 ± 0.02	117.96 ± 0.03	11 ± 6		6.7 ± 0.5
105	01.11	17 15 54.2 ± 0.2	56.68 ± 0.01	117.98 ± 0.01	9 ± 3		10.4 ± 0.3
106	02.11	19 06 39.7 ± 0.2	56.67 ± 0.01	117.98 ± 0.01	9 ± 3		10.0 ± 0.3
107	03.11	02 17 03.5 ± 0.2	56.66 ± 0.01	117.97 ± 0.02			6.8 ± 0.4
108	03.11	15 10 06.4 ± 0.8	56.63 ± 0.04	117.92 ± 0.05			6.8 ± 0.4
109	03.11	18 48 40.7 ± 0.8	56.64 ± 0.03	117.91 ± 0.04			7.9 ± 0.3
110	06.11	13 44 50.1 ± 1.0	56.70 ± 0.04	117.91 ± 0.06			6.4 ± 0.4
111	16.11	00 54 12.0 ± 0.2	56.63 ± 0.01	117.90 ± 0.02	7 ± 4		8.2 ± 0.3
112	17.11	17 10 48.4 ± 0.6	56.65 ± 0.04	117.94 ± 0.04	19 ± 8		6.2 ± 0.5
113	19.11	16 43 31.6 ± 0.9	56.75 ± 0.03	118.14 ± 0.06			6.4 ± 0.5
114	23.11	12 29 04.7 ± 1.0	56.64 ± 0.04	117.91 ± 0.05			7.0 ± 0.2
115	01.12	12 10 07.4 ± 0.9	56.64 ± 0.04	117.90 ± 0.04			7.4 ± 0.6
116	03.12	03 15 35.4 ± 1.7	56.65 ± 0.06	118.09 ± 0.09			6.4 ± 0.6
117	13.12	23 03 27.8 ± 0.3	56.62 ± 0.02	118.07 ± 0.03			6.3 ± 0.5
118	13.12	23 31 18.5 ± 1.4	56.64 ± 0.06	117.91 ± 0.08			6.7 ± 0.3
119	13.12	23 34 02.2 ± 0.4	56.63 ± 0.02	118.10 ± 0.03	13 ± 5		8.2 ± 0.4
120	22.12	01 48 26.7 ± 0.3	56.63 ± 0.02	118.09 ± 0.04	8 ± 7		6.9 ± 0.6
121	26.12	05 31 03.7 ± 0.9	56.66 ± 0.04	117.92 ± 0.05			8.1 ± 0.3
122	30.12	10 34 00.0 ± 0.5	56.68 ± 0.04	117.91 ± 0.04	13 ± 8		7.9 ± 0.3
123	30.12	18 55 33.6 ± 0.4	56.68 ± 0.03	117.92 ± 0.03	15 ± 6		9.1 ± 0.3

Механизм очага Чарского-III землетрясения демонстрирует взбросо-сдвиговые и сдвиговые подвижки по плоскостям разрывов северо-западного и северо-восточного простираний соответственно, при этом субгоризонтальные оси растяжения и сжатия имеют близширотную и близмеридиональную ориентацию [9]. Подобный характер разрядки напряжений в очаге землетрясения не противоречит местным особенностям поля напряжений. Известно [10–12], что землетрясения, зарегистрированные в районе Чарской впадины в период инструментальных наблюдений, характеризуются разнообразными типами смещений в очагах. Чаще всего в плоскостях разрывов близмеридионального или северо-восточного простираний реализуются смешанные типы подвижек: сдвиго-сбросы (сдвиго-взбросы) или сбросо-сдвиги (взбросо-сдвиги), но встречаются также и чисто сдвиговые или сбросовые подвижки (рис. 4). Особенностью рассматриваемого района является стабильная ориентация осей напряжений растяжения в очагах – в большинстве случаев они близгоризонтальны и направлены на северо-запад. В то же время параметры осей сжатия (азимуты и углы погружения) отличаются большим разбросом.

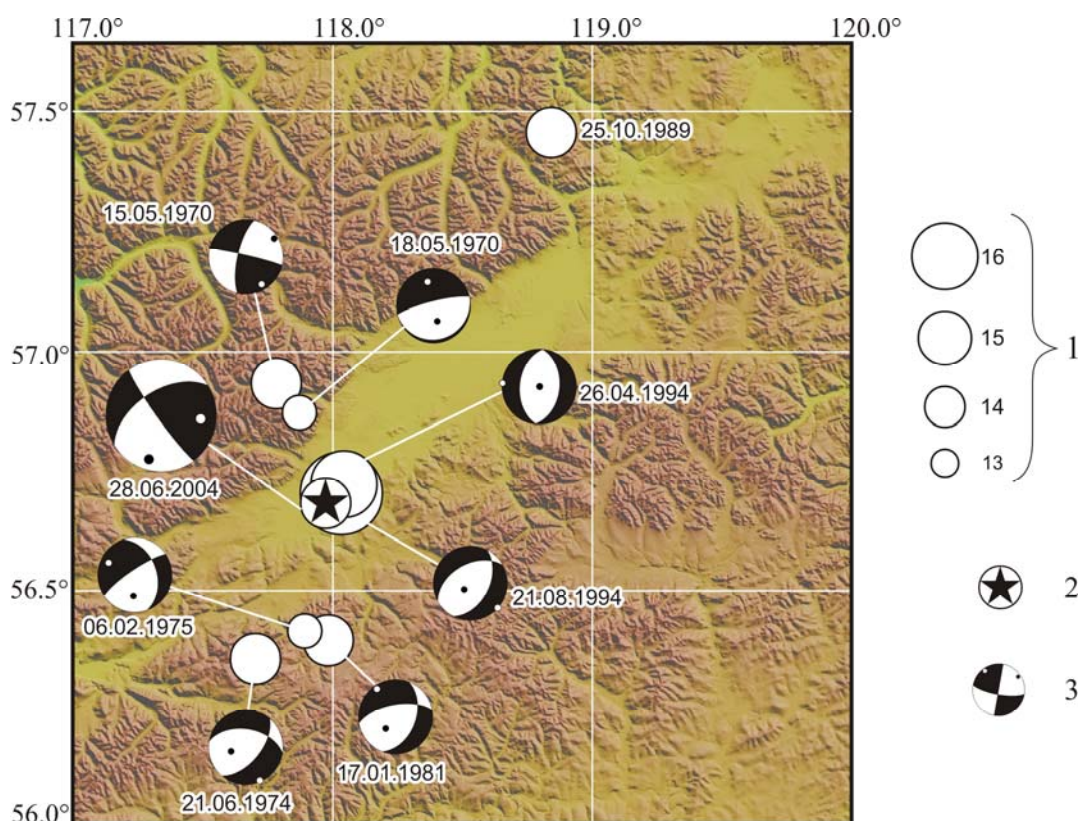


Рис. 4. Карта эпицентров сильных ($K_p \geq 13$, $M \geq 4.8$) землетрясений в районе Чарской впадины и прилегающих хребтах за период 1960–2004 гг.

1 – эпицентр землетрясения с указанием даты (число, месяц, год); 2 – эпицентр землетрясения 28 июня 2004 г.; 3 – механизм очага в проекции нижней полусферы.

Сейсмичность района исследований. В течение периода инструментальных наблюдений в 1960–2004 гг. в Чарской впадине и в обрамляющих ее горных хребтах было зарегистрировано около десятка землетрясений с энергетическим классом $K_p \geq 13$ ($M \geq 4.8$) (табл. 3). Из значительных событий можно указать на Кодарское землетрясение 15.05.1970 г. ($K_p=14$) [13], Каларское 21.06.1974 г. ($K_p=14$) [14] и Удоканское 17.01.1981 г. ($K_p=14$) [15]. Пространственно обособленным по отношению к перечисленным выше событиям является землетрясение 25.10.1989 г. ($K_p=14.3$) [16] – его эпицентр расположен в северо-восточном окончании хр. Кодар. Особый интерес вызывают два землетрясения 1994 г. (Чарское-I и Чарское-II), произошедшие 26 апреля ($MS=5.8$) и 21 августа ($MS=6.3$) [1]. Их эпицентры почти совпадают с эпицентром землетрясения 28 июня 2004 г. Остальные достаточно сильные землетрясения локализируются уже вне впадины (рис. 4).

Таблица 3. Сведения о землетрясениях с $K_p \geq 13$ ($M \geq 4.8$), произошедших в районе Чарской впадины за период инструментальных наблюдений в 1960–2004 гг.

№	Дата, д м год	t_0 , ч мин с $\pm \delta t_0$	Эпицентр		h $\pm \delta h$, км	K_p	M $\pm \delta M$	I_0 , баллы $\pm \delta I_0$	Примечания	Источник
			φ° , N $\pm \delta \varphi^\circ$	λ° , E $\pm \delta \lambda^\circ$						
1	15.05.1970	20 50 11 ± 2 с	56.93 ± 0.1	117.78 ± 0.1	20 ± 10	14.0	5.5 M_{LH} ± 0.2	7 ± 0.5	Кодарское 6–35(1); 5–80(1); 4–155(3)	[13, 17]
2	18.05.1970	14 36 40	56.87 ± 0.15	117.87 ± 0.15	10	13.0	4.8 M_{LH}			[13]
3	21.06.1974	20 56 44.5	56.35 ± 0.15	117.70 ± 0.15		14.0	4.8 M_{LH}		Каларское 4–58(2)	[14]
4	06.02.1975	21 26 38.7	56.41 ± 0.15	117.89 ± 0.15		13.0	4.7 M_{LH}		3–60(1)	[18]
5	17.01.1981	11 23 31.0 ± 1 с	56.39 ± 0.07	117.98 ± 0.07	11 ± 10	14.0	5.1 M_{LH} ± 0.5		Удоканское 3–284(2)	[15, 19]
6	25.10.1989	20 29 01.9 ± 1.3 с	57.45 ± 0.08	118.84 ± 0.07	27 ± 29	14.3	5.4 M_S ± 0.1	6 ± 0.5	5–6–68(4); 5–132(7); 4–250(6); 3–4–211(3); 2–3–280(2)	[16, 20]
7	26.04.1994	18 59 27.8 ± 0.3	56.72 ± 0.03	118.04 ± 0.03	17 ± 4	14.5	5.8 M_S ± 0.1	7–8 ± 1	Чарское-I 5–53–(3); 4–5–182(6); 4–304(5); 3–4–237(2); 3–465(1); 2–3–450(1)	[1, 21]
8	21.08.1994	15 56 00.4 ± 0.6	56.70 ± 0.04	118.03 ± 0.04	18 ± 5		6.3 M_S ± 0.1	8 ± 1	Чарское-II 5–7–20(1); 5–124(10); 4–5–350(1); 4–238(5); 3–4–342(3); 3–212(2); 2–295(2)	[1, 21]
9	28.06.2004	14 22 46.5 ± 0.2	56.68 ± 0.02	117.97 ± 0.02	17 ± 3	13.5	5.1 M_w	(6) ± 1	Чарское-III 5–28(2); 4–153(2); 3–4–266(4); 3–329(2); 2–590(1)	

Примечание. Сведения об ощутимости типа [5–132(7)] означают, что интенсивность сотрясений $I=5$ баллов отмечена на среднем для 7 пунктов эпицентрального расстоянии 132 км; расчетное значение I_0 для Чарского-III землетрясения дано в скобках.

В сеймотектоническом плане землетрясения Чарской впадины, в том числе и Чарское-III, относятся к приосевой части рифтовой зоны, секущей почти ортогонально структуры древнего докайнозойского фундамента. Здесь выделяется выведенный на поверхность блок архейских пород, ограниченный с запада и востока зонами глубинных разломов субмеридионального простирания. Узлы сочленений и пересечений с ними новейших рифтовых структур северо-восточной и субширотной ориентаций определяют по всей вероятности сейсмический потенциал территории и разные типы подвижек в очагах землетрясений [22].

Макросейсмическая информация о Чарском-III землетрясении получена с сейсмических станций региональной сети, а также от отдельных корреспондентов посредством рассылки опросных листов. Сведения немногочисленны, поскольку значительные пространства вокруг эпицентральной области до настоящего времени остаются малонаселенными. По этой причине построить карту изосейст оказалось невозможно.

С максимальной интенсивностью $I=5$ баллов землетрясение проявилось в наиболее близких к эпицентру пунктах Чара и Новая Чара (табл. 4).

В Н о в о й Ч а р е сотрясения ощущались всеми жителями поселка, находившимися в помещениях на различных этажах. В зданиях дрожали и скрипели полы, скрипели и трещали стены, раскачивались всяческие предметы, дребезжали стекла окон и посуда, колебалась мебель, самопроизвольно открывались и закрывались ее дверцы. Сдвигались с места незакрепленные предметы. Спавшие просыпались, многие в испуге покидали помещения. Отмечено беспокойство домашних животных (кошек, собак). При землетрясении слышался гул.

В Ч а р е землетрясение ощущалось в деревянных домах практически всеми людьми, находившимися в состоянии покоя. Спавшие просыпались. Скрипели полы, стены и потолки, колебалась и скрипела мебель, слышалось дребезжание посуды и оконных стекол, раскачивались всяческие предметы. Здесь также при землетрясении слышался гул.

К ю ст ь - К е м д а. Землетрясение ощущалось людьми, находившимися в покое; некоторые спавшие просыпались. В помещениях скрипели полы, слышался треск стен. Дребезжала посуда, скрипела мебель, колебались всякие предметы. Отмечено беспокойство домашних животных.

В пос. М а м а к а н ощутимые сотрясения отмечены в деревянных зданиях на первых–вторых этажах (чувствовались вибрация и колебания пола). По сообщению одного из очевидцев, землетрясение имело волнообразный характер. Скрипели полы, потолки и мебель, колебались всякие предметы, трясся стоявший на столе цветок. Под одним из наблюдателей закачался стул. Хлопали дверцы платяных шкафов. Отмечены случаи пробуждения спящих.

В и т и м с к и й. Землетрясение в виде легкого дрожания ощущалось людьми, находившимися в состоянии покоя в помещениях на первых–вторых этажах. Дребезжали посуда, стекла окон. Многие люди землетрясения не заметили.

В пос. Л у г о в с к и й наблюдались аналогичные эффекты.

Ч и т а. Непосредственно после события на сейсмическую станцию «Чита» начали поступать телефонные звонки от жителей города. Землетрясение замечено немногими людьми, проживающими на верхних этажах многоэтажных зданий. В итоге констатируется лишь факт ощутимости землетрясения в городе с $I=2$ балла, однако детальных сведений о макросейсмических эффектах нет.

Оценка интенсивности сотрясений по шкале MSK-64 [23] представлена в табл. 4, карта пунктов-баллов – на рис. 5.

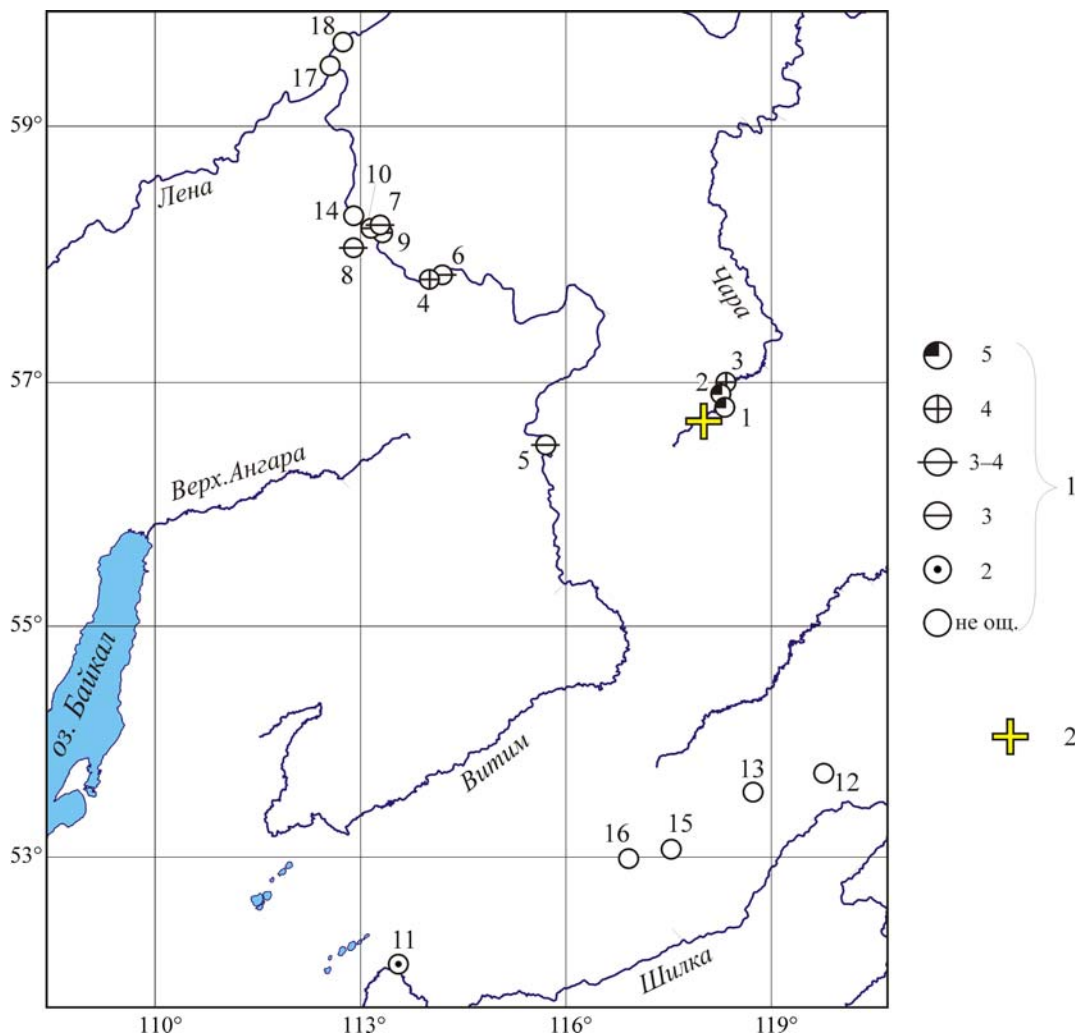


Рис. 5. Карта пунктов-баллов Чарского-III землетрясения 28 июня в $14^{\text{h}}22^{\text{m}}$ с $K_p=13.5$, $MPSP=4.7$

1 – интенсивность сотрясений в баллах по шкале MSK-64; 2 – инструментальный эпицентр. Номера пунктов на схеме соответствуют табл. 4.

Таблица 4. Макросейсмические сведения о Чарском-III землетрясении 28 июня с $K_p=13.5$.

№	Пункт	Δ , км	№	Пункт	Δ , км
	<u>5 баллов</u>			<u>3 балла</u>	
1	Новая Чара	25, гул	9	Мусковит	326
2	Чара	31, гул	10	Колотовка	331
	<u>4 балла</u>			<u>2 балла</u>	
3	Кюсть-Кемда	38	11	Чита	590
4	Мамакан	268		<u>Не ощущалось</u>	
	<u>3–4 балла</u>		12	Могоча	348
5	Неляты	139	13	Ксеньевка	350
6	Бодайбо	260	14	Мама	351
7	Витимский	327	15	Аксеново-Зиловское	403
8	Луговский	339	16	Букачача	417
			17	Витим	440
			18	Пеледуй	446

Из особенностей макросейсмических проявлений Чарского-III землетрясения можно выделить сравнительно высокую интенсивность сотрясений в населенных пунктах, расположенных на значительных эпицентральных расстояниях в пределах Сибирской платформы. Пониженное затухание колебаний в северных румбах и, соответственно, повышенное значение интенсивности сотрясений неоднократно наблюдалось и ранее при умеренных и сильных землетрясениях северо-восточного фланга БРЗ [1, 24–26]. Так, несмотря на значительное эпицентрального расстояние, ощутимые колебания были отмечены в Чите, хотя в пунктах, расположенных между Читой и эпицентром, землетрясение не ощущалось. Эффект локального повышения интенсивности сотрясений в районе Читы имеет достаточно выраженный характер и проявляется при большинстве сильных землетрясений северо-восточного фланга Байкальской рифтовой зоны. Его можно отчасти объяснить влиянием местных инженерно-геологических условий (значительная часть города расположена на неблагоприятных грунтах).

Записи сильных движений при Чарском-III землетрясении на станциях «Чара» и «Бодайбо» (рис. 6) показали, что максимальные значения ускорений наблюдаются на компонентах NS, на частотах $f=12.0$ и 4.8 Гц.

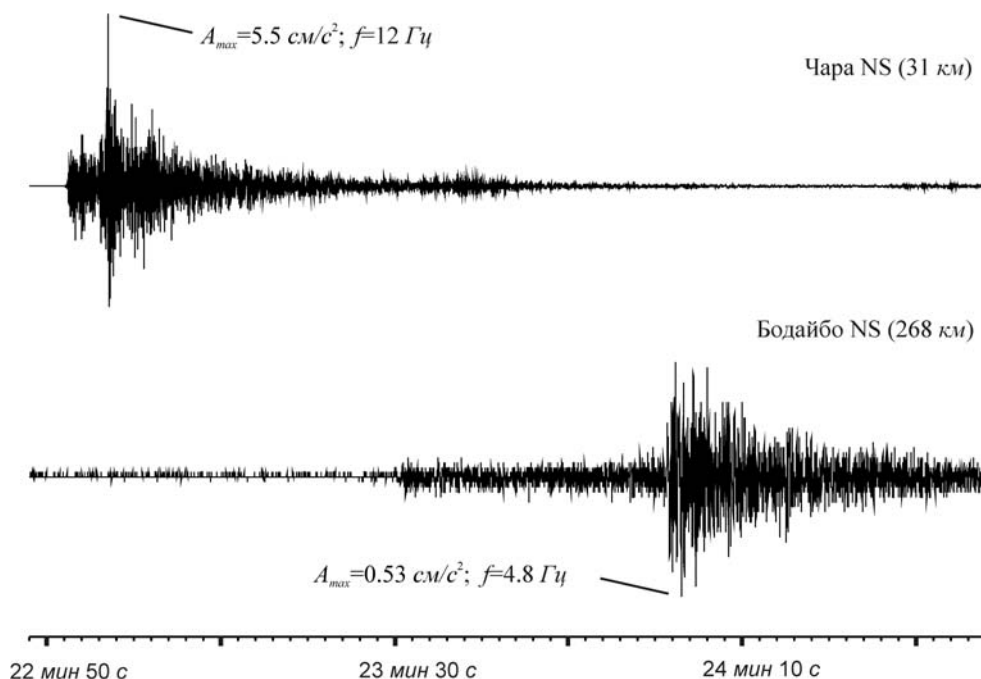


Рис. 6. Акселерограммы горизонтальных компонент записи (NS) Чарского-III землетрясения

Оценки значений интенсивности сотрясений, сделанные по наблюдаемым макросейсмическим эффектам и по инструментальным данным о сильных движениях грунта для пос. Чара, демонстрируют удовлетворительное соответствие. При макросейсмической интенсивности $I=5$ баллов максимальная амплитуда ускорений составила $A_{\max}=5.5 \text{ см/с}^2$, что соответствует интенсивности сотрясений 4 балла по шкалам ММСК-92 [27] и РШСИ [28].

Однако в пос. Бодайбо макросейсмические и инструментальные оценки интенсивности сотрясений соотносятся друг с другом намного хуже. Значение максимальной амплитуды ускорений $A_{\max}=0.53 \text{ см/с}^2$ (рис. 6) соответствует 2 баллам по шкале РШСИ и 1 баллу по шкале ММСК-92, что ниже порога осязательности. Между тем макроэффекты в близко расположенных пос. Бодайбо и Мамакан оцениваются не менее чем в 3–4 и 4 балла соответственно. Можно предположить, что подобные расхождения объясняются различиями грунтовых условий сейсмической станции «Бодайбо» и территории пос. Бодайбо и Мамакан. Не исключено также, что на макросейсмический эффект заметно влияют и другие факторы, в частности длительность и частотный состав колебаний. Так или иначе, решение этого вопроса возможно только после накопления и анализа большого числа цифровых записей сильных движений в региональных условиях Прибайкалья.

В заключение отметим, что Чарское-III землетрясение еще раз подтвердило высокий уровень сейсмической активности Чарской впадины. Механизм очага этого события, наряду с решениями по другим сильным землетрясениям, отражает сложную тектонику района, где широко распространены разломы различной ориентации, формирующие разломные узлы. Именно они, очевидно, характеризуются повышенной сейсмической опасностью.

Л и т е р а т у р а

1. **Голенецкий С.И., Дреннова Г.Ф., Ружич В.В.** Землетрясения 1994 г. в районе Чарской впадины на северо-восточном фланге Байкальского рифта // Физика Земли. – 1996. – № 12. – С. 130–139.
2. **Голенецкий С.И., Голенецкая И.Г. (отв. сост.)**. Прибайкалье и Забайкалье // Землетрясения Северной Евразии в 1994 году. – М.: ГС РАН, 2000. – С. 223–226.
3. **Леонтьева Л.Р., Гилёва Н.А. (отв. сост.), Тигунцева Г.В., Хайдурова Е.В., Андрусенко Н.А., Тимофеева В.М., Евсеева Е.Д., Дворникова В.И., Дрокова Г.Ф., Анисимова Л.В., Масальская Л.Н., Дреннова Г.Ф., Курилко Г.В., Хороших М.Б., Емельянова Л.В., Федюшкина Я.И., Черных Т.Е., Попикова Л.А.** Прибайкалье и Забайкалье (каталог землетрясений). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
4. **Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2004 год** / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2004–2005.
5. **Bulletin of the International Seismological Centre for 2004.** – Berkshire: ISC, 2005–2006. – <http://www.isc.ac.uk/search/bulletin/>
6. **Brune J.N.** Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes // Journal of Geophysical Research. – 1970. – **75.** – № 26. – P. 4997–5009.
7. **Hanks T.S., Kanamori H.** A moment magnitude scale // Journal of Geophysical Research. – 1979. – **84.** – № B5. – P. 2348–2350.
8. **Масальский О.К., Гилёва Н.А., Мельникова В.И., Леонтьева Л.Р., Чечельницкий В.В., Архипенко В.И.** Прибайкалье и Забайкалье // Землетрясения России в 2005 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 24–27.
9. **Мельникова В.И., Радзиминович Н.А. (отв. сост.), Татомир Н.В., Добрынина А.А.** Прибайкалье и Забайкалье (каталог механизмов очагов землетрясений). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
10. **Мишарина Л.А.** Напряженное состояние земной коры в районах БАМ по данным о механизме очагов землетрясений // Геологические и сейсмические условия района БАМ. – Новосибирск: Наука, 1978 – С. 150–161.
11. **Солоненко А.В., Солоненко Н.В., Мельникова В.И., Козьмин Б.М., Кучай О.А., Суханова С.С.** Напряжения и подвижки в очагах землетрясений Сибири и Монголии // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. Вып. 1. – М.: ОИФЗ РАН, 1993. – С. 113–122.
12. **Мельникова В.И., Радзиминович Н.А.** Механизм очагов землетрясений Байкальского региона за 1991–1996 гг. // Геология и геофизика. – 1998. – **39.** – № 11. – С. 1598–1607.
13. **Голенецкий С.И., Букина К.И., Новомейская Ф.В., Фомина Е.В., Перевалова Г.И., Анисимова Л.В., Мельникова Г.Л., Третьяк Э.А., Хромовских В.С., Курушин Р.А., Демьянович М.Г., Николаев В.В.** Землетрясения Прибайкалья // Землетрясения в СССР в 1970 году. – М.: Наука, 1973. – С. 124–146.

14. **Голенецкий С.И.** Землетрясения Прибайкалья // Землетрясения в СССР в 1974 году. – М.: Наука, 1977. – С. 114–127.
15. **Голенецкий С.И.** Землетрясения Прибайкалья и Забайкалья // Землетрясения в СССР в 1981 году. – М.: Наука, 1984. – С. 57–65.
16. **Баскаков В.С., Голенецкий С.И., Серебренников С.П.** Землетрясение 25 (26) октября 1989 г. в районе северо-восточного окончания хребта Кодар // Землетрясения в СССР в 1989 году. – М.: Наука, 1993. – С. 113–117.
17. **Голенецкий С.И., Хромовских В.С. (отв. сост.), Кисловская В.В., Кондорская Н.В., Солоненко В.П., Шебалин Н.В.** V. Прибайкалье [(2000 до н.э. – 500 н.э.) – 1974 гг.; $M \geq 5.0$; $I_0 \geq 6$] // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 315–338.
18. **Голенецкий С.И., Букина К.И., Анисимова Л.В., Белова Л.И., Белова Н.И., Виноградова Л.П., Дорогокупец Н.И., Дреннова Г.Ф., Масальская Л.Н., Перевалова Г.И., Фомина Е.В.** Региональный каталог землетрясений Прибайкалья // Землетрясения в СССР в 1975 году. – М.: Наука, 1978. – С. 218–224.
19. **Голенецкий С.И., Голенецкая И.Г., Перевалова Г.И.** Региональный каталог землетрясений Прибайкалья и Забайкалья // Землетрясения в СССР в 1981 году. – М.: Наука, 1984. – С. 179–187.
20. **Голенецкий С.И., Голенецкая И.Г.** Региональный каталог землетрясений Прибайкалья и Забайкалья // Землетрясения в СССР в 1989 году. – М.: Наука, 1993. – С. 308–313.
21. **Голенецкий С.И.** Прибайкалье и Забайкалье // Землетрясения Северной Евразии в 1994 году. – М.: ГС РАН, 2000. – С. 65–79.
22. **Сейсмогеология, глубинное строение и сейсмичность северо-востока Байкальской рифтовой зоны** / Отв. ред. В.П. Солоненко. – Новосибирск: Наука, СО, 1975. – 104 с.
23. **Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В.** Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
24. **Солоненко В.П., Тресков А.А., Флоренсов Н.А., Пучков С.В.** Муйское землетрясение 27 июня 1957 г. // Вопросы инженерной сейсмологии. Вып. 1. (Труды Института физики Земли, №1 (168)). – М.: АН СССР, 1958. – С. 29–43.
25. **Голенецкий С.И., Шмотов А.П.** Усть-Муйское землетрясение 31 августа 1968 г. // Физика Земли. – 1970. – № 11. – С. 68–75.
26. **Мельникова В.И., Гилёва Н.А., Радзиминович Н.А., Ружич В.В., Масальский О.К., Радзиминович Я.Б., Бержинский Ю.А., Бержинская Л.П., Павленов В.А., Емельянова И.А.** Кичерские землетрясения 21 марта 1999 года с $K_p=14.5$ и 14.2 , $I_0=7-8$ (Прибайкалье) // Землетрясения Северной Евразии в 1999 году. – Обнинск: ГС РАН, 2005. – С. 280–295.
27. **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.
28. **Шерман С.И., Бержинский Ю.А., Павленов В.А., Аптикаев Ф.Ф.** Региональные шкалы сейсмической интенсивности. Опыт создания шкалы для Прибайкалья. – Новосибирск: СО РАН, филиал «Гео», 2003. – 189 с.