

ИЗОСЕЙСТЫ ТУВИНСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 27 декабря 2011 г.

с $M_w=6.6$, $I_0=8-9$ (Республика Тыва)

Н.В. Петрова

ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, npetrova@gsras.ru

27 декабря 2011 г. в 15^h21^m в Республике Тыва, в зоне Каахемского разлома, произошло ощутимое землетрясение с $MS=6.6$. Макросейсмическая информация о проявлении этого землетрясения, собранная в эпицентральной области сотрудниками Алтае-Саянского филиала ГС СО РАН, а удаленных населенных пунктов – с помощью интернет-опросов, была отражена в сообщениях РИА-Новости и представлена на сайтах Геофизической Службы РАН [1], Международного сейсмологического центра (ISC) [2] и Геологической службы США (USGS) [3] (табл. 1). Расчет приведенных в табл. 1 эпицентральных расстояний до пунктов, где ощущались сотрясения, производился от инструментального эпицентра, т.к. данные о макросейсмическом эпицентре отсутствуют из-за слабой населенности района эпицентра. Гипоцентральное расстояние рассчитано для глубины $h=17$ км, определенной по данным сейсмических станций Алтае-Саянского филиала Геофизической Службы СО РАН [1].

Таблица 1. Макросейсмические проявления Тувинского землетрясения 27 декабря 2011 г. в населенных пунктах

№	Название пункта	I , балл	φ° , N	λ° , E	Δ , км	r ($h=17$ км)	Источник
1	Сарыг-Сеп	6–5	51.49	95.56	44	47.5	[1]
2	Кызыл	6	51.72	94.45	102	103.9	[1, 2, 3]
3	Подгорный	4	53.88	92.80	311	311.3	[1, 2, 3]
4	Минусинск	4	53.71	91.70	354	354.5	[1, 2, 3]
5	Абакан	4	53.72	91.44	368	368.7	[1, 2, 3]
6	Красноярск	4	56.01	92.85	508	507.9	[3]
6а	Красноярск	3	56.01	92.85	508	507.9	[1, 2]
7	Ачинск	4	56.26	90.48	608	608.1	[3]
8	Бийск	4	52.54	85.18	736	736.7	[3]
9	Саяногорск	4	53.10	91.41	337	337.8	[1, 2]
9а	Саяногорск	3	53.10	91.41	337	337.8	[3]
10	Орлик	3–4	52.51	99.82	276	276.7	[1, 2]
11	Зеленогорск	3–4	56.12	94.62	486	486.0	[1, 2]
12	Кемерово	3–4	55.34	86.09	758	758.1	[1, 2]
12	Кемерово	2	55.34	86.09	758	758.1	[3]
13	Черногорск	3	53.84	91.32	382	382.8	[3]
14	Краснотуранск	3	54.32	91.56	403	403.1	[1, 2]
15	Кырен	3	51.68	102.12	426	426.6	[1, 2]
16	Зеленогорск	3–4	56.12	94.62	486	486.0	[1, 2]
16а	Зеленогорск	3	56.12	94.62	486	486.0	[3]
17	Березовка	3	56.04	93.14	503	503.4	[1, 2]
18	Сосновоборск	3	56.14	93.37	508	508.6	[3]
19	Новокузнецк	3	53.75	87.11	630	630.1	[1, 2, 3]
20	Юрты	3	56.05	97.63	483	483.6	[1, 2]
20а	Юрты	2	56.05	97.63	483	483.6	[3]
21	Усть-Каменогорск		49.98	82.61	955	954.9	[1, 2]
22	Иркутск	2–3	52.29	104.31	575	575.3	[1, 2]
22а	Иркутск	3	52.29	104.31	575	575.3	[3]

№	Название пункта	<i>I</i> , балл	φ°, N	λ°, E	Δ, км	<i>r</i> (<i>h</i> =17 км)	Источник
23	Ангарск	2–3	52.54	103.92	551	550.9	[1, 2]
23а	Ангарск	2	52.54	103.92	551	550.9	[3]
24	Юрты	2	56.05	97.63	483	483.6	[3]
25	Барнаул	2	53.36	83.75	839	839.5	[1, 2, 3]
26	Томск	2	56.50	84.97	882	881.7	[1, 2, 3]
27	Улан-Батор	2	47.93	106.91	897	896.7	[1, 2, 3]
28	Новосибирск	2	55.04	82.93	931	931.1	[1, 2, 3]

Карта изосейст (рис. 1) построена по данным табл. 1. В случае расхождения данных [1, 2] и [3] выбиралось наиболее реалистичное значение с точки зрения интенсивности сотрясений в близлежащих пунктах, либо значения интенсивности по этим источникам осреднялись. Ввиду недостаточного количества данных для построения изосейст высших баллов, их ориентация выбиралась с учетом механизма очага (рис. 1) и данных геологического изучения [5] – правый сдвиг по плоскости север–северо-западного простирания, совпадающей с ориентацией Каахемского разлома в месте эпицентра.

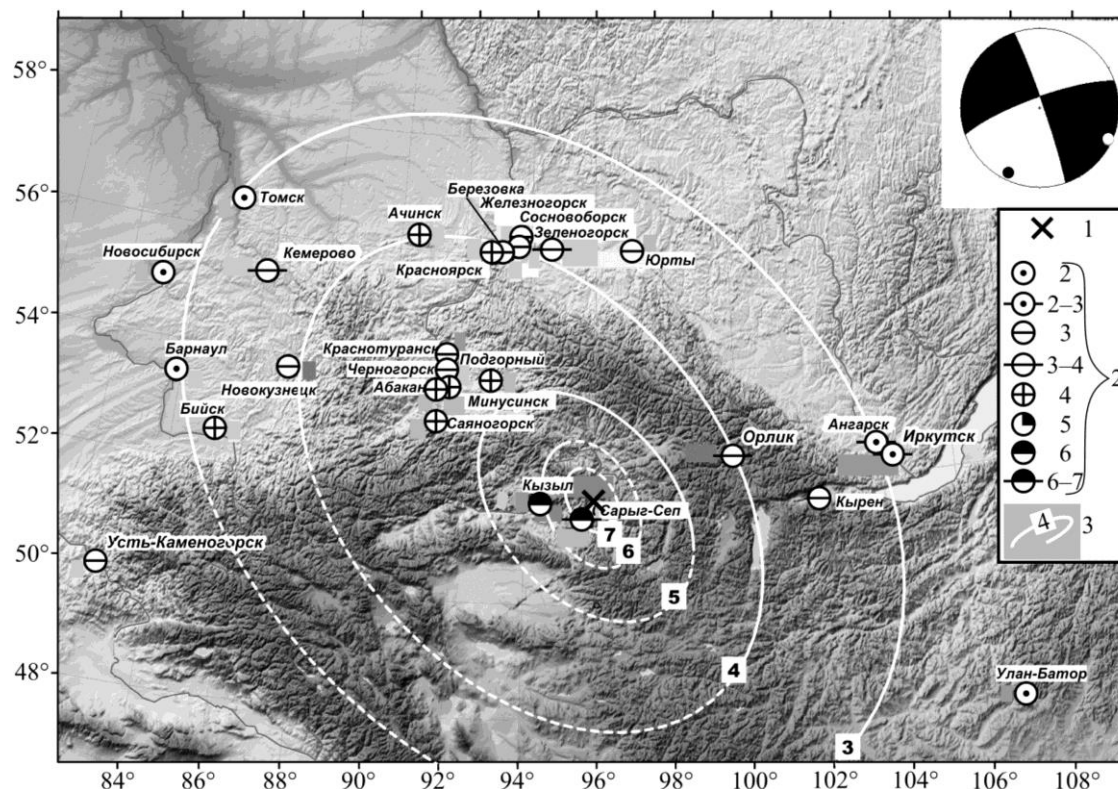


Рис. 1. Карта изосейст Тувинского землетрясения 27 декабря 2010 г. с $M_w=6.6$, $K_p=14.8$

1 – эпицентр по [1]; 2 – балльность по шкале MSK-64; на врезке – стереограмма механизма очага по данным ФИЦ ЕГС РАН (зачернены области сжатия).

Затухание интенсивности сотрясений. В построении зависимости интенсивности сотрясений от расстояния (рис. 2) участвовали все данные из табл. 1, независимо от источника данных, за исключением Усть-Каменогорска (сомнительная интенсивность 3 балла на расстоянии около 1000 км). Глубина по региональным данным [5] равна $h=17$ км; по данным бюллетеней несколько меньше: $h_{MOS}=10$ км, $h_{ISC}=12.8$ км; глубина по фазе pP равна $h_{ISCJB}=12.8$ км. Уравнение регрессии, установленное для наблюдаемых данных с использованием глубины $h=17$ км (рис. 1), имеет вид:

$$I = -3.41 \lg r + 12.293, \quad (1)$$

при коэффициенте корреляции $R=0.82$.

Коэффициент затухания, равный $\nu=3.41$, близок к таковому в осредненном уравнении макросейсмического поля Н.В. Шебалина [6]:

$$I=1.5M-3.5 \lg r+3.0, M=6.4 \quad (2)$$

что позволяет использовать $h=17$ км для расчета интенсивности в эпицентре I_0 , которая не может быть определена надежно по наблюдаемым данным ввиду отсутствия населенных пунктов в районе эпицентра. Действительно, ближайший пункт Сарыг-Сеп находится на расстоянии 44 км от инструментального эпицентра.

Магнитуда $MS^{MOS}=M_W^{NEIC}=6.6$, $MS^{ISC}=M_W^{GCMT}=6.7$ [2] неплохо соответствует наблюдаемым данным, однако наиболее близки зависимости (1) и (2) при магнитуде $M_{мкр}=6.4$ (рис. 2), которую можно считать макросейсмической магнитудой $M_{мкр}$. Из (1) получаем интенсивность в эпицентре по наблюдаемым данным $I_0=8$ баллов, из (2) при $h=17$ км, $M=6.4-6.6-I_0=8-9$ баллов. Принимаем, что интенсивность в эпицентре $I_0=8-9$ баллов.

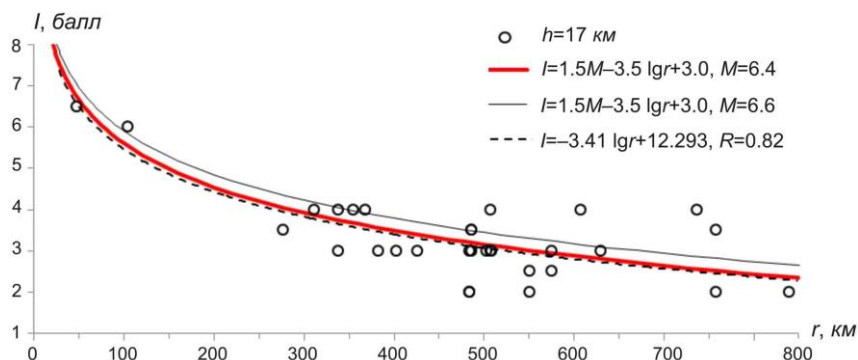


Рис. 2. График зависимости интенсивности I проявления Тувинского землетрясения в населенных пунктах от гипоцентрального расстояния r при $h=17$ км

Геометрические параметры макросейсмического поля, представленного на рис. 1, даны в табл. 2.

Таблица 2. Параметры макросейсмического поля Тувинского землетрясения 27 декабря 2011 г.

I , баллы	l_a , км	l_b , км	$l_{ср}$, км	l_a/l_b	S_2 , км ²
7	66	45	55.5	1.47	9340
6	128	85	106.5	1.51	34473
5	248	168.5	208.25	1.47	132313

I , баллы	l_a , км	l_b , км	$l_{ср}$, км	l_a/l_b	S_2 , км ²
4	535.5	362	448.75	1.48	613986
3	790	568	679	1.39	1412710

Л и т е р а т у р а

1. 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.
2. International Seismological Centre (ISC), On-line Bulletin, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom, 2014. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>.
3. United States Geological Survey Geological Survey. Latest Earthquakes. Did You Feel It? – URL: <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usp000hjuq#dyfi>.
4. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Лескова Е.В., Селезнев В.С., Филина А.Г. Тувинское землетрясение 27.12.2011 г., $ML=6.7$ и его афтершоки // Вестник ОНЗ РАН. Т. 4. NZ2002, doi:10.2205/2012NZ000112, 2012. – С. 1–8.
5. Овсяченко А.Н., Рогожин Е.А., Мараханов А.В., Ларьков А.С., Новиков С.С., Бутанаев Ю.В. Геологические проявления Тувинского-1 землетрясения 27 декабря 2011 г. с $MS=6.6$, $I_0=9$ (Республика Тыва) // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – С. 451–462.
6. Шебалин Н.В. Коэффициенты уравнения макросейсмического поля по регионам // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 30.