

МАКРОСЕЙСМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ ОЛЮТОРСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ КАО, КАМЧАТСКОЙ И МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТЕЙ

Митюшкина С. В., Иванова Е.И.

Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский

Введение

Олюторское землетрясение магнитудой $M_w = 7.6$ произошло 21 апреля 2006 г. в 12 часов 24 минуты местного времени в слабозаселенной Южной части Корякского Нагорья. Это самое сильное землетрясение когда-либо зарегистрированное в этом районе. Макросейсмическому воздействию подверглась территория порядка 400000 кв. км. Оно ощущалось в 31 населенном пункте на территории Корякского Автономного округа (КАО) и прилегающих к нему районах Камчатской и Магаданской областей. Землетрясение можно назвать катастрофическим, хотя жертв среди населения не было. Это объясняется тем, что застройка поселков в основном деревянная одно- двухэтажная, землетрясение произошло в дневное время суток, и люди успели выбежать на улицу. В первые часы и дни был проведен телефонный опрос жителей населенных пунктов КАО и Камчатки. Удаленность территории и отсутствие телефонной связи в ближней зоне некоторое время после землетрясения существенно осложняли сбор макросейсмических сведений. В дальнейшем сбор макросейсмических материалов был продолжен по письменным сообщениям, получаемым по почте, по результатам опросов очевидцев, по материалам групп, проводивших обследование населенных пунктов и местности в эпицентральной зоне [2,5,7]. В работе проводится анализ материалов собранных как в эпицентральной зоне, так и на более далеких расстояниях.

Анализ макросейсмических данных

Макросейсмические данные Олюторского землетрясения обрабатывались на основе шкал сейсмической интенсивности MSK-64 [4] и модифицированной MMSK-84 [1]. Основные признаки оценки балльности: реакция людей, реакция предметов, повреждение зданий, явления на поверхности земли. В работе мы руководствовались установленным порядком следования этим признакам. Например, для интенсивности 7 баллов и более приоритетными становятся признаки повреждения зданий, а не признаки реакции предметов и людей, как для интенсивности 5-6 баллов. Оценка информации проводилась без учета характеристик грунтов из-за отсутствия данных по ним. Следует отметить, что землетрясение произошло в период сезонного промерзания грунтов до 2.5 метров, реки были скованы льдом, толщина которого доходила до 1.5 метров. Сезонная мерзлота могла привести к уменьшению макросейсмического проявления землетрясения. С другой стороны, реакция людей, живущих в районе со слабой сейсмической активностью, могла оказаться более бурной, чем у жителей восточного побережья Камчатки.

Характерной особенностью землетрясения явилось его сильное физиологическое воздействие на людей. Кроме сильного испуга и паники в большинстве поселков жители ощущали недомогание, тошноту и сильную головную боль.

В ближней зоне землетрясение вызвало многочисленные протяженные разрывы на поверхности земли от 10 см до 2 м шириной и глубиной до 7 м. Все здания в населенных пунктах получили повреждения. В ближнюю зону попали поселки Хаилино, Тиличики и Корф, два геологических поселка Левтыриновьям и Ледяное, а также переправы на реках Авьенваям и Вывенка. В зоне интенсивности больше 8 баллов расположено 3 населенных пункта – поселки Хаилино, Тиличики и Корф. Причем 2 последних находятся на удалении почти 100 км от эпицентра. Несмотря на то, что поселок Хаилино оказался в самом центре очаговой области, всего в 28 км от эпицентра, учитывая предусмотренный шкалой порядок следования признакам для каждого балла, мы не имели права поставить для него интенсивность выше, чем 8-9 баллов. Характер повреждения зданий и явления на поверхности земли в поселке Тиличики указывают на то, что интенсивность сотрясений здесь была 8-9 баллов. По признакам явлений на поверхности земли и по ощущениям очевидцев такая же оценка и для пункта «переправа на р.Вывенка». По степени разрушений в поселке Корф – 9 баллов. Интенсивность более 9 баллов дана для пункта «переправа на р. Авьенваям», т.к. довольно крепкий деревянный домик получил существенные повреждения снаружи и внутри. Здание находится в нескольких километрах от кулисы

сейсморазрыва. По оценке Т.К. Пинегиной в районе, непосредственно прилегающем к сейсморазрыву, сила сотрясения составляла не менее 11 баллов. Пункты Ледяное и Левтыриновьям – это поселки геологов, состоящие из деревянных балков без фундамента, стоящих прямо на земле. Возможно, что сейсмическая интенсивность здесь была более 7 баллов, но нет оснований утверждать это, имея лишь признаки реакции предметов и людей.

Перечень населенных пунктов с указанием макросейсмической интенсивности в них, а также расстояний до гипоцентра Олюторского землетрясения и макросейсмического гипоцентра приведены в таблице 1. Карта «пункты – баллы» показана на рисунке 1.

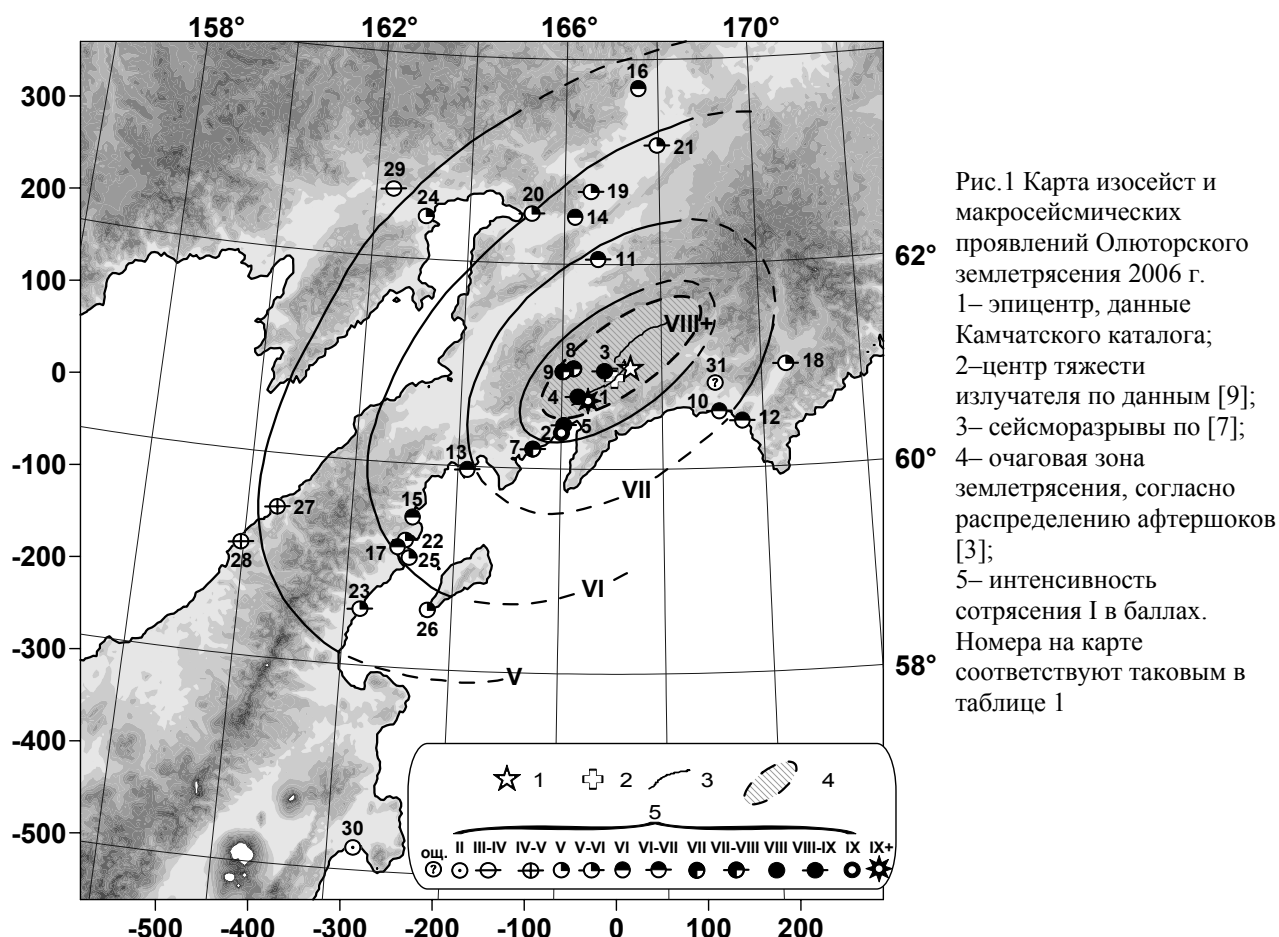


Рис.1 Карта изосейст и макросейсмических проявлений Олюторского землетрясения 2006 г.
1– эпицентр, данные Камчатского каталога;
2–центр тяжести излучателя по данным [9];
3– сейсморазрывы по [7];
4– очаговая зона землетрясения, согласно распределению афтершоков [3];
5– интенсивность сотрясения I в баллах.
Номера на карте соответствуют таковым в таблице 1

Карта изосейст была построена при активном участии А.А. Гусева. Надо сказать, что проведение изосейст было связано с большими трудностями. Для оценки интенсивности сотрясений в эпицентральной зоне дважды собирался экспертный совет, в состав которого входили сотрудники ИВиС РАН и Камчатского Филиала Геофизической Службы [6]. В связи с отсутствием достаточного количества данных мы не могли провести изосейсты высокой балльности – 9 и более. По той же причине на карте отсутствуют изосейсты менее 5 баллов. Недостаточность и противоречивость сведений в зоне интенсивности выше 8 баллов затруднили и определение положения макросейсмического эпицентра. Поэтому было решено поместить его в точке центра тяжести излучателя по данным Гарвардского каталога [9], и принять за глубину источника значение, равное 12 км (средняя глубина облака афтершоков по [3]). Изосейсты на карте сильно сглажены из-за малого объема данных. Наблюдается вытянутость их в направлении ЮЗ–СВ, вдоль простираения тектонических структур Корякского Нагорья. Направление вытянутости изосейст совпадает с направлением большой оси очагового эллипса, очерченного облаком афтершоков главного землетрясения [3].

Таблица 1. Сводка оценок макросейсмической интенсивности.

№	Название пункта	Координаты		Балл	r ₁ , км	r ₂ , км
		φ°	λ°			
1	Переправа на р. Авьенваям	60.67	166.52	>9	58	40
2	Корф	60.37	166.01	9	101	82

3	Хаилино	60.96	166.85	8-9	28	18
4	Переправа на р. Вывенка	60.74	166.17	8-9	70	52
5	Тиличики	60.43	166.05	8-9	95	76
6	Усть-Вывенка	60.20	165.50	7-8	134	115
7	Вывенка	60.19	165.45	7-8	137	118
8	Левтыриновьям	60.98	166.23	7	62	47
9	Ледяное	60.95	166.02	7	73	58
10	Пахачи	60.56	169.13	6-7	107	120
11	Таловка	62.05	166.71	6-7	124	131
12	Апука	60.46	169.58	6-7	134	147
13	Ильпырский	59.97	164.18	6-7	208	189
14	Каменское	62.46	166.22	6	176	181
15	Тымлат	59.48	163.17	6	286	267
16	Аянка	63.72	167.57	6	306	317
17	Карага	59.18	162.92	6	319	299
18	Ачайваям	61.00	170.50	5-6	169	188
19	Оклан	62.71	166.55	5-6	198	205
20	Манилы	62.49	165.30	5-6	201	201
21	Слаутное	63.16	167.96	5-6	245	258
22	Оссора	59.25	163.06	5-6	307	288
23	Ивашка	58.55	162.29	5-6	393	374
24	Парень	62.42	163.08	5	278	271
25	Кострома	59.08	163.15	5	316	297
26	Маяк Карагинский	58.58	163.55	5	343	324
27	Лесная	59.48	160.57	4-5	412	392
28	Палана	59.10	159.95	4-5	463	443
29	Верхний Парень	62.66	162.36	3-4	323	317
30	Усть-Камчатск	56.22	162.47	2	601	584
31**	Средние Пахачи	60.83	169.06	ощущалось	93	110
32	Воямполка	58.31	159.39	не ощущ.	539	519
33	Крутоберегово	56.26	162.71	не ощущ.	591	574
34	Тигиль	57.77	158.66	не ощущ.	610	590
35	Седанка	57.73	158.27	не ощущ.	631	611
36	Ключи	56.31	160.85	не ощущ.	643	624
37	Никольское	55.20	165.98	не ощущ.	649	637

Примечание: g_1 – расстояние до гипоцентра; g_2 – расстояние до макросейсмического гипоцентра; ** – землетрясение в пункте 31 ощущалось, но нет данных для определения величины балла.

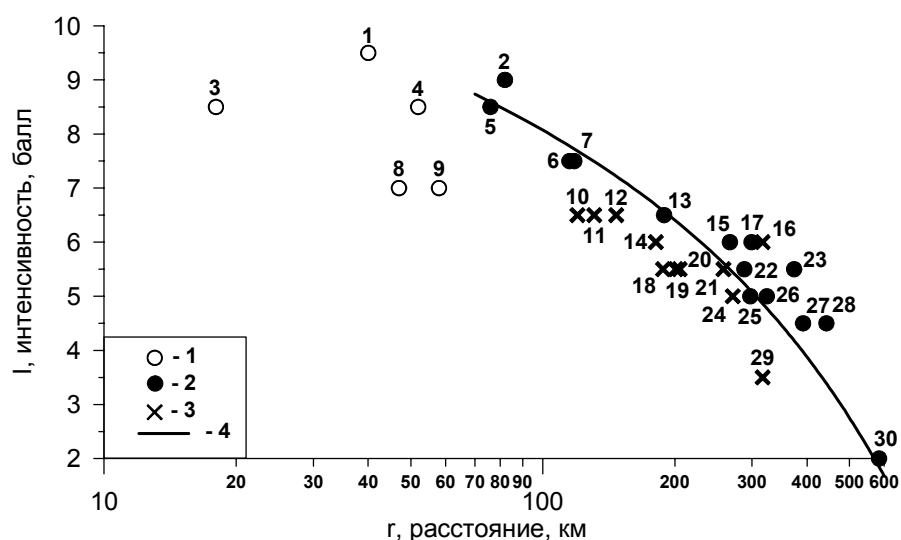


Рис. 2 График спадания интенсивности с расстоянием. 1 – пункты, расположенные на расстоянии менее, чем 70 км от макросейсмического эпицентра; 2 – пункты, расположенные юго-западнее очаговой зоны; 3 – пункты, расположенные северо-западнее, восточнее и севернее очаговой зоны; 4 – кривая спадания балльности для значения магнитуды $M=7.8$; номера на графике соответствуют населенным пунктам табл. 1

Для определения макросейсмической магнитуды был построен график спадания интенсивности с расстоянием (рис.2) и использовалась формула эмпирической зависимости интенсивности от расстояния, выведенная для камчатских землетрясений С.А.Федотовым и

Л.С.Шумиловой [8]: $I = 1.5M - 2.63Lg(r) - 0.0087r + 2.5$, где I – расчетная интенсивность в баллах; r – расстояние от пункта наблюдения до макросейсмического гипоцентра; M – искомая магнитуда.

Подбирая кривую, наилучшим образом соответствующую исходным данным, мы получили макросейсмическую магнитуду события равную 7.8, что практически совпадает со значением M_w . На графике хорошо видно, что значения интенсивности для населенных пунктов, расположенных юго-западнее очага, выше, чем в других пунктах имеющих такую же удаленность от макросейсмического гипоцентра. Например, макросейсмические проявления землетрясения на маяке Карагинский заметно выше, чем в поселке Верхний Парень Аналогично, Вывенка и Пахачи. Вероятнее всего это связано с направленностью излучения в очаге.

Олюторское землетрясение сопровождалось мощной серией афтершоков. У нас имеются достоверные макросейсмические данные по 39 событиям, хотя ощутимых землетрясений было намного больше, но из-за отсутствия телефонной связи часть их не удалось соотнести с данными каталога. Самые сильные афтершоки зарегистрированы в течение первого месяца после землетрясения. Они вызвали сотрясения до 6 – 7 баллов, данные по ним приведены в таблицах 2 и 3. Сильнее всего землетрясения ощущались в поселках Тилички и Корф. Это связано с тем, что основная масса сильных афтершоков сконцентрирована в юго-западной части очаговой зоны.

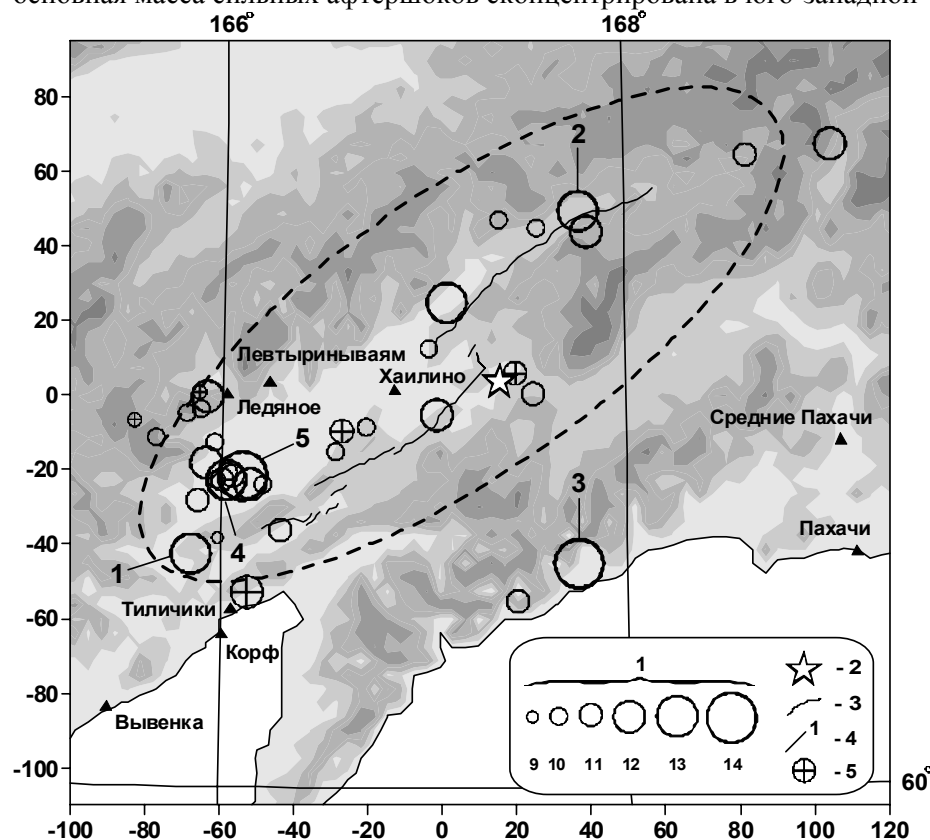


Рис.3 Карта эпицентров землетрясений, на которые имеются сведения о макросейсмических проявлениях
1– энергетический класс K_s ;
2– эпицентр Олюторского землетрясения, данные Камчатского каталога;
3– сейсморазрывы;
4– номер землетрясения в соответствии с табл. 2;
5– эпицентр события 2007 г. Пунктирной линией очерчена область очаговой зоны в соответствии со ст. [3].

Таблица 2. Сильнейшие события афтершоковой серии толчков Олюторского землетрясения.

№	Дата м. д.	Время		Координаты		Н, км	K_s	M_w	mb
		ч.	м.	φ°	λ°				
1	04 21	4	32	60.56	165.85	22	12.8	6.1	6.3
2	04 21	11	14	61.39	167.77	0	13.3	6.0	–
3	04 29	16	58	60.54	167.76	0	14.0	6.6	–
4	05 09	11	2	60.74	166.02	5	13.1	5.7	–
5	05 22	11	11	60.75	166.10	3	14.5	6.6	–

Таблица 3. Сведения о макросейсмических проявлениях сильных афтершоков на территории Корякского Автономного округа и Камчатки.

Название пункта	№ 1		№ 2		№ 3		№ 4		№ 5	
	г, км	I, балл	г, км	I, балл	г, км	I, балл	г, км	I, балл	г, км	I, балл
Тилички	29	–	142	–	95	5–6	35	6–7	36	6–7
Корф	32	6–7	148	–	98	4–5	42	6–7	43	6–7

Ледяное	50	—	106	—	105	5–6	24	—	23	—
Левтыринываям	56	—	95	—	97	5–6	30	6	27	—
Хаилино	74	—	69	—	68	—	52	5–6	47	—
Ильпырский	116	5–6	252	5–6	208	4–5	133	5	137	5–6
Апука	206	5	143	5	100	5	197	—	193	—
Пахачи	181	4–5	118	4–5	75	4–5	171	4–5	167	—
Таловка	174	4	92	4	177	—	151	—	149	ощущали
Каменское	214	4	144	4	229	3–4	192	3	191	4
Оклан	243	4	160	4	250	—	221	—	220	4
Оссора	215	3–4	353	3	300	3	234	2–3	238	4–5
Парень	255	—	272	—	326	—	244	—	246	3–4
Слаутное	311	—	198	—	292	—	288	—	286	ощущали
Лесная	319	3–4	450	3–4	418	—	334	2	338	3–4
Аянка	364	—	260	3	355	—	342	—	340	5–6
Палана	369	3–4	502	3–4	466	—	385	—	390	3–4
Тымлат	193	3	331	3	282	4–5	212	3	216	5
Манилы	218	3	178	—	254	—	199	—	199	ощущали
Кострома	225	—	363	—	305	3	245	3	249	3–4
Карага	226	3	364	3	310	3–4	245	—	249	4
Ивашка	302	3	440	3	380	—	322	—	326	3

Примечание: «—» – нет данных; «ощущали» – недостаточно данных для определения величины балла; номер землетрясения соответствует номеру события в таблице 2.

Афтершоковая деятельность все еще продолжается. Последнее землетрясение, на которое у нас есть макросейсмические данные, произошло в марте 2007 года в 30 км от геологического поселка Ледяное. В поселках Тилички и Корф оно наблюдалось интенсивностью до 3 баллов.

Заключение

Олюторское землетрясение 20 апреля 2006 г. вызвало значительный макросейсмический эффект на территории Корякского Автономного округа. Определено значение сейсмической интенсивности для 37 населенных пунктов, в которых землетрясение проявилось с интенсивностью от 0 до 10 баллов. Построена карта изосейст. Полученные изосейсты хорошо согласуются с направлением основных геотектонических структур Корякского нагорья. Значение макросейсмической магнитуды ($M=7.8$) практически совпадает со значением инструментально определенной магнитуды ($M_W=7.6$).

Список литературы

1. Ершов И.А., Шебакин Н.В. Проблема конструкции шкалы интенсивности землетрясений с позиции сейсмологов // Прогноз сейсмических воздействий (Вопросы инженерной сейсмологии; выпуск 25). М.: Наука, 1984. С. 78–89.
2. Константинова Т.К. Макросейсмическое обследование последствий Олюторского землетрясения 21 апреля 2006 года // Олюторское землетрясение (20(21) апреля 2006г., Корякское нагорье). Первые результаты исследований. Петропавловск–Камчатский: ГС РАН, 2007. С.54–125.
3. Ландер А.В., Левина В.И., Иванова Е.И. Олюторское землетрясение 20(21) апреля 2006 г. $M_w=7.6$: сейсмическая история региона и предварительные результаты исследования серии афтершоков. // Олюторское землетрясение (20(21) апреля 2006г., Корякское нагорье). Первые результаты исследований. Петропавловск–Камчатский: ГС РАН, 2007. С.14–33.
4. Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK– 64. М.: Изд-во МГК АН СССР, 1965. 11 с.
5. Пинегина Т.К. Сейсмические деформации в эпицентральной зоне Олюторского землетрясения // Олюторское землетрясение (20(21) апреля 2006г., Корякское нагорье). Первые результаты исследований. Петропавловск–Камчатский: ГС РАН, 2007. С. 126–169.
6. Протокол заседания экспертного совета // Олюторское землетрясение (20(21) апреля 2006г., Корякское нагорье). Первые результаты исследований. Петропавловск–Камчатский: ГС РАН, 2007. С.52–53.
7. Рогожин Е.А., Овсяченко А.Н., Мараханов А. В. Новиков С.С., Пинегина Т.К. Олюторское землетрясение в Корякии 20 (21) апреля 2006 г.: результаты геологического и макросейсмического изучения эпицентральной области // Олюторское землетрясение (20(21) апреля 2006г., Корякское нагорье). Первые результаты исследований. Петропавловск–Камчатский: ГС РАН, 2007. С.170–206.
8. Федотов С.А., Шумилина Л.С. Сейсмическая сотрясаемость Камчатки // Физика Земли. 1971. №9. С. 3–15.
9. Harvard CMT catalog <http://www.globalcmt.org/CMTsearch.html>.