УДК 550.348.098.64 (571.66)

КАМЧАТКА И КОМАНДОРСКИЕ ОСТРОВА

В.И. Левина, Е.И. Иванова, Е.М. Гусева

Камчатский филиал ГС РАН, г. Петропавловск-Камчатский, ***valeria@emsd.iks.ru***

Сеть сейсмических станций Камчатки в 2001 г. несколько изменилась: 8 августа была введена в строй новая радиотелеметрическая станция «Алаид» (ALID); станция «Козырь» (KZY) 1 июня была закрыта, вместо нее вновь открылась станция «Козыревск» (KOZ); 18 сентября на территории Корякского автономного округа была восстановлена станция «Каменское». Список станций и параметры аппаратуры приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1. Сейсмические станции Камчатки (в хронологии их открытия), работавшие в 2001 г., и параметры аппаратуры с аналоговой записью

№	Станция			Дата открытия	Координаты			Аппаратура			
	Название	Код			φ°, N	λ°, E	h_y, *м*	Тип прибора	Компонента	V_{max}	ΔT_{max}, *с*
		межд.	рег.								
1	Ключи	KLY	KLY	1946	56.317	160.858	50	Телеметрия – СМ-3			
2	Петропавловск	PET	PET	01.03.1951	53.024	158.653	68	СКД+S	N	760	18.0–52
								PG		210	17.0–47
										740	17.0–50
									E	207	16.0–45
										1330	24.0–39
									Z	590	19.0–38
								СКД+ГК	N, E, Z	1000	0.20–20
										480	0.20–17
										190	0.20–17
								КПЧ	N, E, Z	100	0.20–18
								ДС-БП	N, E, Z	150	0.20–18
								Телеметрия – СМ-3 IRIS STS-1V/VBB IRIS FBA-23 IRIS GS-13			
3	Козыревск	KOZ	KOZ	1958	56.058	159.872	45				
				21.06.2006				Телеметрия – СМ-3			
4	Паужетка	PAU	PAU	03.11.1961	51.468	156.815	110	СМ-3	N, E, Z	5000	0.15–1.2
5	Беринг	BKI	BKI	00.00.1962	55.204	165.972	10	СМ-3	N, E, Z	5000	0.15–1.2
6	Шипунский	SPN	SPN	20.11.1962	53.104	160.011	50	Телеметрия – СМ-3			
7	Авача	AVH	AVH	1963	53.265	158.738	900	Телеметрия – СМ-3			
8	Эссо	ESO	ESO	23.11.1965	55.925	158.700	490	СМ-3	N, E, Z	40000	0.15–1.2
9	Кроноки	KRI	KRI	01.09.1966	54.596	161.134	50	СМ-3	N, E, Z	5000	0.15–1.2
10	Крутоберегово	KBG	KBG	10.04.1968	56.255	162.705	30	СМ-3	N, E, Z	1000	0.15–1.2
11	Карымский	KRYR	KRY	01.05.1970	54.036	159.449	900	Телеметрия – СМ-3			
12	Оссора	OSSR	OSS	01.01.1973	59.250	163.060	5	СМ-3	N, E, Z	10000	0.15–1.2
13	Коряка	KOK	KRK	30.08.1977	53.292	158.636	1050	Телеметрия – СМ-3			
14	Горелый	GRL	GRL	14.08.1980	52.552	158.073	1250	Телеметрия – СМ-3			
15	Шивелуч	SVLR	SVL	29.10.1980	56.577	161.22	840	Телеметрия – СМ-3			
16	Институт	INSR	INS	20.11.1981	53.066	158.605	175	Телеметрия – СКД			
17	Налычева	NLC	NLC	30.03.1987	53.171	159.345	20	Телеметрия – СМ-3			
18	Русская	RUS	RUS	01.12.1987	52.433	158.513	75	Телеметрия – СМ-3			
19	Ганалы	GNL	GNL	17.01.1988	53.695	157.942	1200	Телеметрия – СМ-3			
20	Крестовский	KRSR	KRS	08.04.1988	56.217	160.565	1120	Телеметрия – СМ-3			
21	Зеленая	ZLN	ZLN	30.10.1988	56.017	160.804	1120	Телеметрия – СМ-3			
22	Апача	APC	APC	23.02.1990	52.925	157.158	100	СМ-3	N, E, Z	10000	0.15–1.2

№	Станция			Дата открытия	Координаты			Аппаратура			
	Название	Код			φ°, N	λ°, E	h_y, *м*	Тип прибора	Компонента	V_{max}	ΔT_{max}, *с*
		межд.	рег.								
23	Каменистая	KMNR	KMN	10.11.1990	55.756	160.247	1150	Телеметрия – СМ-3			
24	Сомма	SMAR	SMA	27.02.1991	53.263	158.801	1950	Телеметрия – СМ-3			
25	Срединный	SRDR	SRD	04.01.1992	56.316	159.697	750	Телеметрия – СМ-3			
26	Седловина	SDLR	SDL	29.07.1993	53.278	158.884	1235	Телеметрия – СМ-3			
27	Каменское	KAMR	KAM	10.10.1994	62.456	166.210	64				
				18.09.2001				POSEIDON STS – 1V/VBB			
28	Угловая	UGLR	UGL	23.05.1995	53.209	158.824	1140	Телеметрия – СМ-3			
29	Мыс Козлова	MKZ	MKZ	25.09.1997	54.556	161.730	520	Телеметрия – СМ-3			
30	Малая Ипелька	MIPR	MIP	05.10.1997	52.276	156.758	370	Телеметрия – СМ-3			
31	Крутоберегово-1	KBTR	KBT	21.10.1997	56.208	162.819	200	Телеметрия – СМ-3			
32	Копыто	KPT	KPT	25.10.1997	55.966	160.222	1004	Телеметрия – СМ-3			
33	Цирк	CIRR	CIR	07.12.1998	56.115	160.748	1420	Телеметрия – СМ-3			
34	Логинов	LGNR	LGN	01.09.1999	56.083	160.690	2500	Телеметрия – СМ-3			
35	Алаид	ALID	ALD	01.08.2000	50.868	155.550	1400	Телеметрия – СМ-3			
36	Карымшина	KRMR	KRM	20.01.2001	52.83	158.13	120	ЦССА – СМ-3 КВ			

Примечание. Станция «Институт» используется только для определения магнитуды *Mc* по коде; станция «Карымшина» работала в опытном режиме и ее данные в обработке землетрясений не использовались, как и станции «Каменское».

Таблица 2. Данные об аппаратуре цифровых станций

Название станции	Тип станции и сейсмоприемника	Перечень каналов	Частотный диапазон, *Гц*	Частота опроса данных, *Гц*	Разрядность АЦП	Чувствительность, велосиграф – отсчет/(*м*/*с*), акселерограф – отсчет/(*м*/*с*²)
Авача	Телеметрия – СМ-3	SH(N, E, Z) v EH(Z) v	0.7–20 4–20	128 128	11 11	$1.0\cdot10^7$ $4.0\cdot10^8$
Алаид	Телеметрия – СМ-3	SH(N, E, Z) v EH(Z) v	0.7–20 4–20	128 128	11 11	$1.0\cdot10^7$ $4.0\cdot10^8$
Ганалы	Телеметрия – СМ-3	SH(N, E, Z) v EH(Z) v	0.7–20 4–20	128 128	11 11	$1.0\cdot10^7$ $4.0\cdot10^8$
Горелый	Телеметрия – СМ-3	SH(N, E, Z) v EH(Z) v	0.7–20 4–20	128 128	11 11	$1.0\cdot10^7$ $2.0\cdot10^8$
Зеленая	Телеметрия – СМ-3	SH(N, E, Z) v	0.7–20	128	11	$1.0\cdot10^7$
Институт	Телеметрия – СКД	N, E, Z смещение	0.04–0.5	128	11	$1.0\cdot10^6$
Каменистая	Телеметрия – СМ-3	SH(N, E, Z) v EH(Z) v	0.7–20 4–20	128 128	11 11	$1.0\cdot10^7$ $4.0\cdot10^8$
Каменское	POSEIDON STS-1V/VBB	BH(N, E, Z) v	0.003–2.5	20	24	$9.1\cdot10^8$
Карымский	Телеметрия – СМ-3	SH(N, E, Z) v EH(Z) v	0.7–20 0.7–20	128 128	11 11	$1.0\cdot10^7$ $8.0\cdot10^5$
Карымшина	ЦССА СМ-3 КВ	SH(N, E, Z) v	0.025–2	150	22	$3.3\cdot10^9$
Ключи	Телеметрия – СМ-3	SH(N, E, Z) v	0.7–20	128	11	$1.0\cdot10^7$
Козыревск	Телеметрия – СМ-3	SH(N, E, Z) v	0.7–20	128	11	$1.0\cdot10^7$
Копыто	Телеметрия – СМ-3	SH(N, E, Z) v	0.7–20	128	11	$1.0\cdot10^7$
Коряка	Телеметрия – СМ-3	SH(N, E, Z) v EH(Z) v	0.7–20 4–20	128 128	11 11	$1.0\cdot10^7$ $4.0\cdot10^7$
Крестовский	Телеметрия – СМ-3	SH(N, E, Z) v	0.7–20	128	11	$1.0\cdot10^7$
Крутоберегово-1	Телеметрия – СМ-3	SH(N, E, Z) v EH(Z) v	0.7–20 4–20	128 128	11 11	$1.0\cdot10^7$ $4.0\cdot10^8$
Логинов	Телеметрия – СМ-3	SH(N, E, Z) v EH(Z) v	0.7–20 4–20	128 128	11 11	$1.0\cdot10^7$ $4.0\cdot10^8$
Малая Ипелька	Телеметрия – СМ-3	SH(N, E, Z) v EH(Z) v	0.7–20 4–20	128 128	11 11	$1.0\cdot10^7$ $4.0\cdot10^8$
Мыс Козлова	Телеметрия – СМ-3	SH(N, E, Z) v EH(Z) v	0.7–20 4–20	128 128	11 11	$1.0\cdot10^7$ $4.0\cdot10^8$

Название станции	Тип станции и сейсмоприемника	Перечень каналов	Частотный диапазон, *Гц*	Частота опроса данных, *Гц*	Разрядность АЦП	Чувствительность, велосиграф – отсчет/(*м*/*с*), акселерограф – отсчет/(*м*/*с*²)
Налычева	Телеметрия – СМ-3	SH(N, E, Z) v	0.7–20	128	11	$1.0\cdot10^{7}$
		EH(Z) v	4–20	128	11	$2.0\cdot10^{8}$
Петропавловск	Телеметрия – СМ-3	SH(N, E, Z) v	0.7–20	128	11	$1.0\cdot10^{7}$
		EH(Z) v	4–20	128	11	$4.0\cdot10^{8}$
	IRIS STS-1V/VBB	BH(N, E, Z) v	0.003–5	20	24	$1.0\cdot10^{9}$
		LH(N, E, Z) v	0.003–0.25	1	24	$4.0\cdot10^{9}$
		VH(N, E, Z) v	0.003–0.025	0.1	24	$1.4\cdot10^{11}$
		UH(N, E, Z) v	0.003	0.01	24	$1.3\cdot10^{11}$
	IRIS FBA-23	HL(N, E, Z) a	0–25	80	24	$5.3\cdot10^{4}$
		LL(N, E, Z) a	0–0.25	1	24	$5.3\cdot10^{4}$
	IRIS GS-13	SH(N, E, Z) v	1–10	40	24	$5.0\cdot10^{10}$
		EH(N, E, Z) v	1–20	80	24	$5.0\cdot10^{10}$
Русская	Телеметрия – СМ-3	SH(N, E, Z) v	0.7–20	128	11	$1.0\cdot10^{7}$
		EH(Z) v	4–20	128	11	$4.0\cdot10^{8}$
Седловина	Телеметрия – СМ-3	SH(N, E, Z) v	0.7–20	128	11	$1.0\cdot10^{7}$
		EH(Z) v	4–20	128	11	$4.0\cdot10^{8}$
Сомма	Телеметрия – СМ-3	SH(N, E, Z) v	0.7–20	128	11	$1.0\cdot10^{7}$
		EH(Z) v	4–20	128	11	$4.0\cdot10^{8}$
Срединный	Телеметрия – СМ-3	SH(N, E, Z) v	0.7–20	128	11	$1.0\cdot10^{7}$
Угловая	Телеметрия – СМ-3	SH(N, E, Z) v	0.7–20	128	11	$1.0\cdot10^{7}$
		EH(Z) v	4–20	128	11	$4.0\cdot10^{8}$
Цирк	Телеметрия – СМ-3	SH(N, E, Z) v	0.7–20	128	11	$1.0\cdot10^{7}$
Шивелуч	Телеметрия – СМ-3	SH(N, E, Z) v	0.7–20	128	11	$1.0\cdot10^{7}$
		EH(Z) v	4–20	128	11	$4.0\cdot10^{8}$
Шипунский	Телеметрия – СМ-3	SH(N, E, Z) v	0.7–20	128	11	$1.0\cdot10^{7}$
		EH(Z) v	4–20	128	11	$2.0\cdot10^{8}$

Расположение станций и система изолиний представительной регистрации приведены на рис. 1. Методика определения параметров землетрясений не изменилась и изложена в [1–3].

Всего в 2001 г. определены эпицентры 3808 землетрясений с K_S=4.9–14.2, из них 980 с K_S≥8.6 включены в каталог [4], 43 имеют K_S≥11.6[1], а для 37 определены механизмы очагов землетрясений [5] по знакам первых вступлений *P*-волн на региональных сейсмических станциях с привлечением данных мировой сети. Механизмы рассчитывались по программе FA2002 А.В. Ландера [6, 7].

Распределение землетрясений по классам и суммарная сейсмическая энергия за 2001 г. приведены в табл. 3 в сопоставлении с данными за 1992–2000 гг.

Таблица 3. Число землетрясений разных классов K_S и суммарная сейсмическая энергия Σ*E* за 1992–2001 гг.

Год	$K_{S1,2}^{\Phi 68}$											N_Σ	$\Sigma E\cdot10^{14}$, *Дж*
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1992	–	–	65	502	496	244	82	24	6	2	1	1422	6.3968
	–	–	65	500	490	234	80	23	6	2	1	1401	6.3818
1993	–	3	72	500	519	235	78	19	5	1	2	1434	15.4883
	–	3	72	498	503	223	73	18	5	1	2	1398	15.4677
1994	–	3	104	456	379	199	63	18	6	–	–	1228	1.1220
	–	3	104	454	363	179	53	17	6	–	–	1179	1.1050
1995	–	–	109	467	353	144	41	9	3	–	–	1126	0.4830
	–	–	109	465	338	129	34	7	2	–	–	1084	0.3824
1996	1	67	658	1565	1027	447	157	50	11	2	–	3985	4.8651
	1	67	658	1539	970	407	139	40	10	2	–	3833	4.6287

[1] Здесь и далее под K_S понимается $K_{S1,2}^{\Phi 68}$ из [3]

Год	$K_{S1,2}^{\Phi 68}$											N_Σ	$\Sigma E \cdot 10^{14}$, *Дж*
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1997	11	151	974	1552	1070	583	317	114	20	5	1	4798	39.1788
	11	151	972	1521	1006	546	306	108	20	5	1	4647	39.0938
1998	45	570	2035	1901	773	273	100	22	5	1	–	5725	1.6621
	45	570	2029	1844	700	238	89	19	5	1	–	5540	1.5926
1999	–	123	1040	1326	668	294	104	34	14	3	–	3606	5.6543
	–	123	1040	1272	583	267	89	25	11	1	–	3411	4.0034
2000	34	366	1260	1160	577	224	63	25	5	–	–	3714	0.8831
	34	366	1249	1087	457	167	38	17	4	–	–	3419	0.6523
2001	33	375	1206	1214	620	217	100	31	8	4	–	3808	5.4851
	33	375	1199	1158	498	169	71	15	5	3	–	3526	3.3734

Примечание. Таблица содержит два ряда чисел за каждый год: первый указывает число и суммарную энергию всех землетрясений, которые удалось обработать в группе обработки, второй – только тех, что внутри «законных» границ региона, показанных на рис. 2.

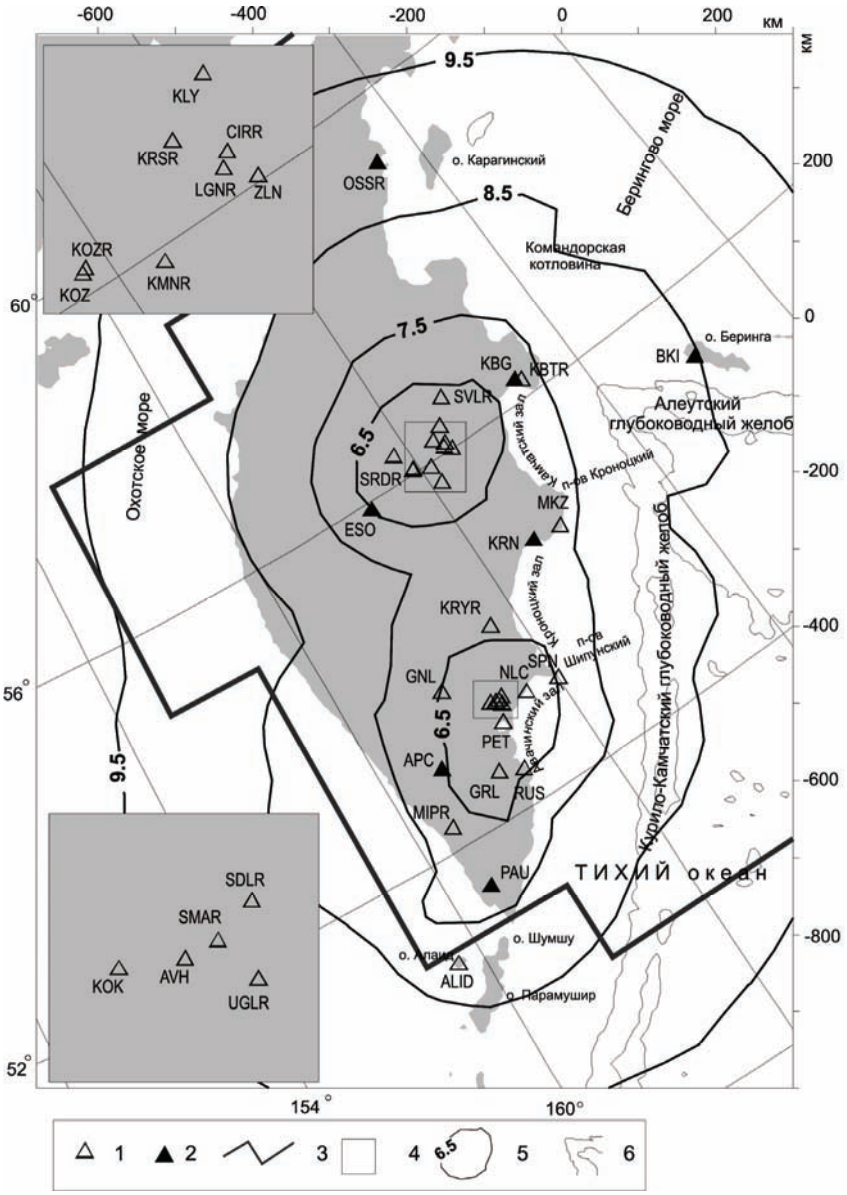

Рис. 1. Карта энергетической представительности землетрясений $K_{\min}$ и сеть сейсмических станций Камчатки в 2001 г.

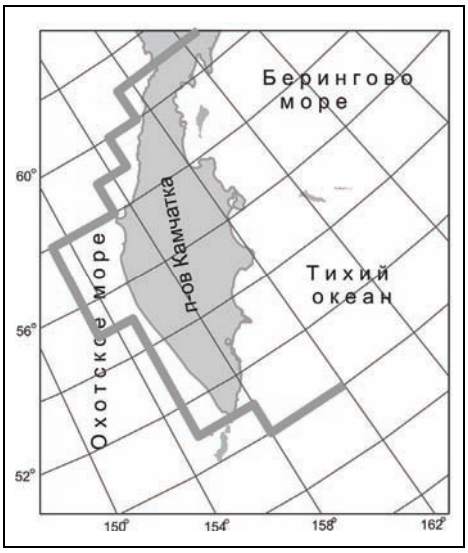

Рис. 2. Схема границ территории «ответственности» региона Камчатки и Командорских островов в 2001 г.

Суммарная сейсмическая энергия, высвобожденная в 2001 г. в очагах всех локализованных землетрясений, составляет ΣE=5.48·10^{14} *Дж*, что почти в два раза ниже соответствующего среднегодового значения уровня энергии (ΣE=12·10^{14} *Дж*), рассчитанного по материалам за 1962–2000 гг.

На рис. 3 (а, б) представлены графики распределения во времени ежесуточного числа землетрясений и накопленной сейсмической энергии. Как видим, увеличение числа землетрясений зарегистрировано 11 апреля (N=18), 3 августа (N=12) и 8–10 октября с числами землетрясений N=50, 44, 25 соответственно (рис. 3, а). Для двух последних случаев скачки суммарной энергии синхронны с изменением чисел землетрясений (рис. 3, б), тогда как увеличение числа землетрясений 10 апреля (рис. 3, а) не сопровождалось заметным изменением суммарной энергии (рис. 3, б). В то же время значительная энергетическая ступень на графике $E=f(t)$ (рис. 3, б) в первой декаде февраля, связанная с двумя одиночными толчками 7 февраля в 03^{h}16^m и 15^{h}16^m (мелким землетрясением с K_S=12.6, h=41 *км* и более сильным глубоким с K_S=14.2, h=476 *км* соответственно), совершенно не выражена на графике $N=f(t)$ (рис.3, а), поскольку в этот день зарегистрировано, кроме названных выше, еще только два события [4].

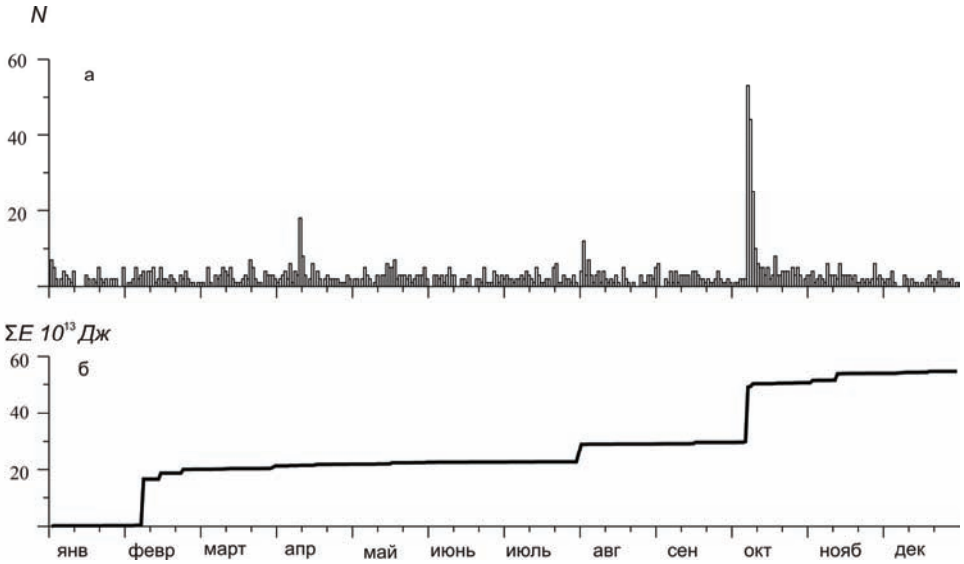

Рис. 3. Графики изменения суточных чисел N землетрясений с $K_S \geq 8.6$ (а) и высвобожденной сейсмической энергии $\sum E$ (б) за 2001 г.

Карта эпицентров сильных (K_S≥11.6) землетрясений изображена на рис. 4 с одинаковым обозначением землетрясений разных энергетических классов. Общее их число в 2001 г. составило N=43, четыре из которых события с энергией на уровне K_S÷14. Они произошли 7 февраля в 15^h16^m с K_S=14.2, h=476 *км*, 2 августа в 23^h41^m с K_S=13.8, h=25 *км*, 8 октября в 18^h14^m и 18^h20^m с K_S=13.8, h=31 *км* и K_S=14.1, h=24 *км* [4] и более детально рассматриваются ниже по месту их локализации. На этом же рисунке приведены диаграммы механизмов очагов в стереографической проекции нижней полусферы по [5] для 37 землетрясений и указан тип подвижки в очаге. Механизмы очагов шести землетрясений (3, 9, 19, 26, 37 и 40) определить не удалось. Распределение землетрясений по типам подвижки за 2001 г. приведено в табл. 4, откуда видно, что наиболее часто (в 54% случаев) наблюдалась подвижка типа взбросо-сдвиг, а реже всего – сброс (в 2.7% случаев).

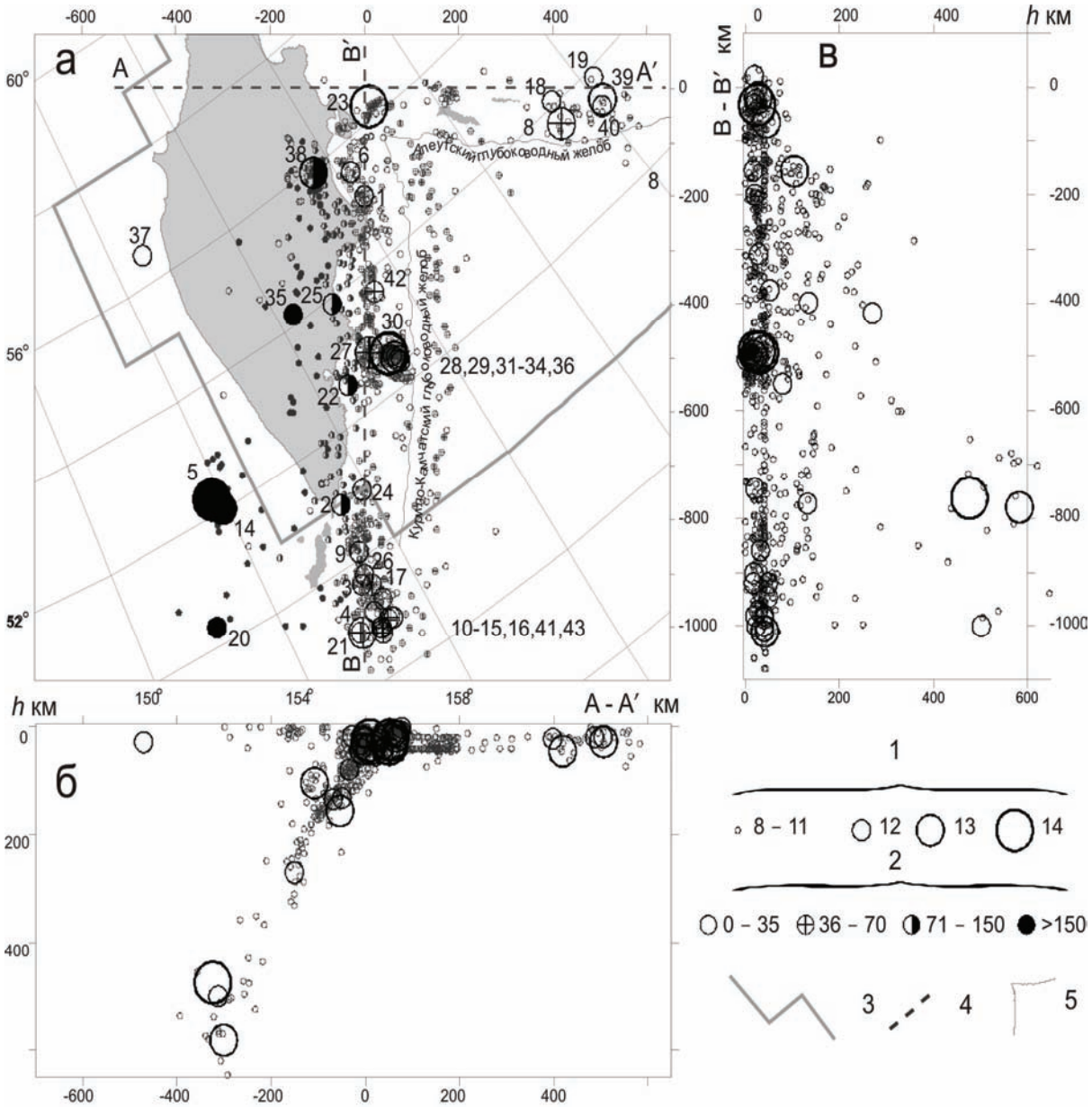

Рис. 4. Карта эпицентров землетрясений Камчатки за 2001 г. (а) и вертикальные разрезы А–А′ (б) и В–В′ (в)

1 – энергетический класс K_S; 2 – глубина h гипоцентра, *км*; 3 – граница региона; 4 – линии вертикальных разрезов; 5 – изобата морских глубин, 6000 *м*. Числа соответствуют номерам землетрясений с K_S≥11.6 в первой графе каталога [4].

Таблица 4. Распределение землетрясений Камчатки и Командорских островов по типам подвижек

№	Тип подвижки	Номера землетрясений	*n*	%
1	Сброс	4	1	2.71
2	Сбросо-сдвиг	5, 7, 8, 17, 32, 35, 38	7	18.92
3	Взброс	25, 27, 42	3	8.11
4	Взбросо-сдвиг	1, 2, 6, 10, 11, 13, 14, 15, 18, 20, 21, 22, 24, 29, 30, 31, 33, 34, 39, 40	20	54.05
5	Сдвиг	12, 16, 23, 28, 36, 43	6	16.21
	Сумма		37	100%

Карта эпицентров всех землетрясений с $K_S \geq 8.6$ по [4] дана на рис. 4а. Здесь же помещены два вертикальных разреза поля гипоцентров – поперечный А–А′ (рис. 4б) и продольный В–В′ (рис. 4в). На первых двух фрагментах (4а и 4б) хорошо видно последовательное заглубление очагов землетрясений в западном направлении. Рассмотрим особенности сейсмического процесса региона в направлении с запада на восток по следующим территориям: Охотское море, п-ов Камчатка, восточное побережье Камчатки, Алеутская дуга, Курило-Камчаткий глубоководный желоб.

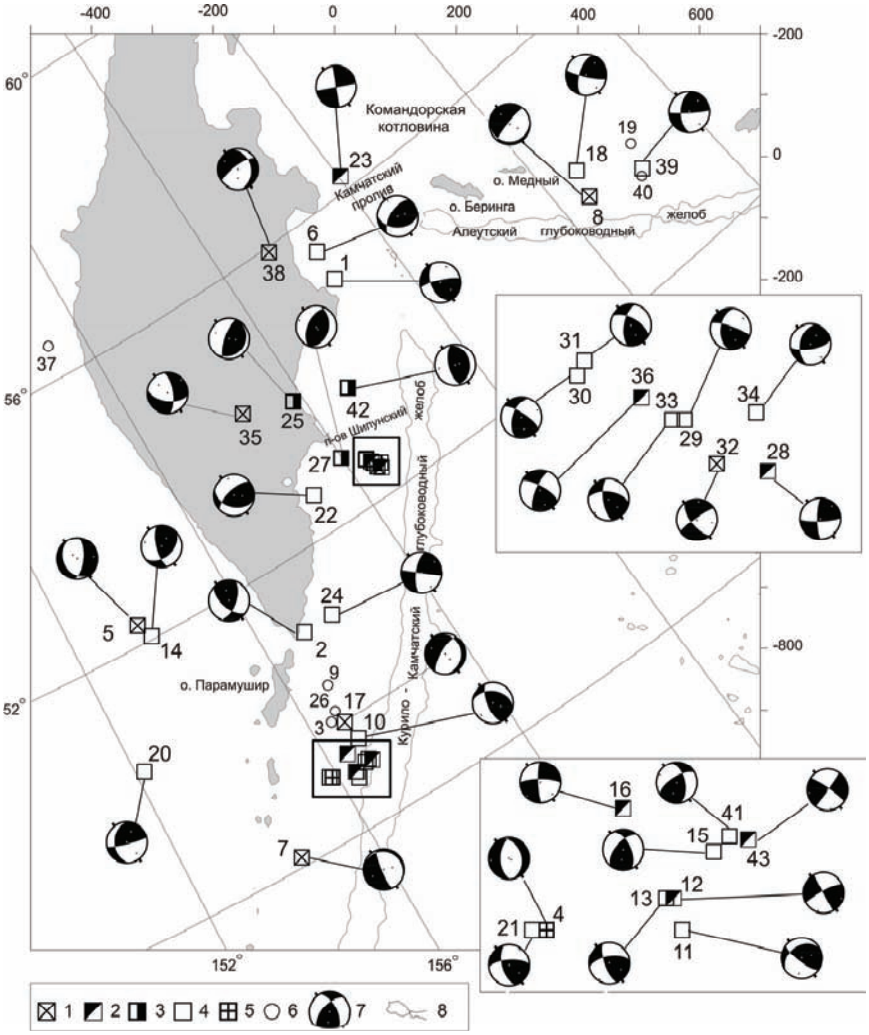

Рис. 5. Карта эпицентров сильных $K_S \geq 11.6$ землетрясений Камчатки, Командорских островов и Северных Курил за 2001 г.

1–5 – эпицентры землетрясений и тип подвижки (1 – сбросо-сдвиг; 2 – сдвиг; 3 – взброс; 4 – взбросо-сдвиг; 5 – механизм не определен); 6 – механизм очага не определен; 7 – стереограмма механизма очага (числа возле эпицентров соответствуют номерам землетрясений первой графы каталога [4]); 7 – изобата морских глубин, 6000 *м*. На врезках показаны стереограммы механизмов очагов землетрясений из районов, обозначенных квадратами на основной карте.

В Охотском море самая нижняя часть склона поля гипоцентров (рис. 4б) погружена на глубину свыше 600 *км* и локализована западнее о. Парамушир (рис. 4а). Это два землетрясения, зарегистрированные 5 февраля в 10^h13^m с K_S=11.1, h=646 *км* и 30 ноября в 09^h18^m с K_S=10.7, h=620 *км*. Землетрясений с глубинами от 500 до 600 *км* – 13. Из них отметим события 14 и 20, произошедшие 1 апреля в 00^h48^m с K_S=12.7, h=582 *км* и 27 мая в 00^h28^m с K_S=11.6, h=501 *км*. Землетрясение 14 произошло под воздействием сжимающих напряжений. Тип подвижки в очаге – правосторонний взбросо-сдвиг по плоскости субширотного простирания (рис. 5). Землетрясение 20 возникло под действием превалирующих сжимающих напряжений, ориентированных на юг. Движение в очаге представлено взбросом с правосторонним сдвигом по крутопадающей плоскости субширотного простирания [5]. Еще семь землетрясений локализованы в этой же области на глубине от 400 до 500 *км*, среди которых упомянутое выше самое сильное (K_S=14.2, M_W=5.7) землетрясение (5), произошедшее 7 февраля с h=476 *км*. Тип подвижки в его очаге – сброс по обеим нодальным плоскостям с незначительной сдвиговой компонентой (рис. 5), простирающимся на северо-восток. Ось напряжения растяжения близгоризонтальна и направлена на юго-восток. И лишь одно землетрясение – 37 – локализовано в акватории Охотского моря намного севернее (рис. 4а), вблизи центральной части западного побережья Камчатки, но оно мелкое (h=26 *км*).

На территории Камчатки практически все землетрясения (N÷100) произошли вдоль восточного побережья в полосе шириной 100–130 *км* (рис. 4а), которая обрывается на севере на широте φ~57°N. Все поле гипоцентров в пределах Камчатки распределяется примерно поровну в трех горизонтах: ниже 150 *км*, от 150 до 70 *км* и выше. Наиболее сильными здесь были три одиночных землетрясения (25, 35, 38) с промежуточной глубиной очага, произошедшие 1 сентября в 12^h16^m с K_S=11.6, h=134 *км*; 19 октября в 10^h50^m с K_S=11.8, h=270 *км*; 3 ноября в 17^h03^m с K_S=12.9, h=134 *км*. Первое из них находится на побережье Кроноцкого залива (рис. 4, а). Тип подвижки в его очаге – взброс по крутой плоскости и надвиг – по пологой, с небольшими компонентами сдвига, обе возможные плоскости разрыва простираются в северо-восточном направлении (рис. 5). Два других возникли под воздействием субгоризонтальных сил растяжения. Тип подвижки в их очагах – сбросо-сдвиг [5].

Восточное побережье Камчатки наиболее сейсмически активно в 2001 г. как по числу землетрясений, так и по суммарной сейсмической энергии. Однако эта зона по плотности эпицентров неоднородна. Повышенная плотность в 2001 г. видна в районе Северных Курил, у по-ва Шипунский и на стыке Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг.

В районе Северных Курил, юго-восточнее о. Парамушир (рис. 4, а), произошло 15 сильных землетрясений с K_S=11.8–13.3 (3, 4, 7, 9–13, 15–17, 21, 26, 41, 43). Максимальным (K_S=13.3) в этой группе очагов явилось землетрясение 7, зарегистрированное 14 февраля в 13^h36^m с h=156 *км*, ощутимое в Северо-Курильске [4]. В очагах землетрясений 10, 11, 15, 41 преобладают взбросовые подвижки; в очагах 12, 13, 16, 21, 43 характерны сдвиги по обеим плоскостям крутого залегания. Механизм землетрясения 4 – чистый сброс, а в очагах 7 и 17 тип подвижки – сброс с элементами сдвига [5].

На западном склоне глубоководного Курило-Камчатского желоба южнее п-ва Шипунский зарегистрирован мощный рой (рис. 4а), который начался 5 октября и продолжался больше месяца [5]. За этот период было зарегистрировано 158 событий с K_S≥8.6, из них восемь – сильных (K_S=12.1–14.1) (28–34, 36), в том числе два (30 и 31) – наиболее сильные землетрясения года. Они зарегистрированы 8 октября с промежутком в 6 минут – в 18^h14^m с K_S=13.8, Mw=6.3 и 18^h20^m с K_S=14.1, Mw=6.6. Суммарная сейсмическая энергия, выделившаяся в процессе формирования очагов роя, составила $\Sigma E=20.6\cdot10^{13}$ *Дж*. Подвижки в очагах 29–31, 33, 34, 36 – взбросы со сдвигами, в очагах 28, 32 – сдвиги.

Помимо октябрьского роя в Камчатской прибрежной зоне было зарегистрировано пять событий (2, 22, 24, 27, 42) с K_S≥11.6. Тип подвижки в очагах землетрясений 2, 22 – взброс со значительной сдвиговой компонентой. В очаге события 24 отмечен левосторонний сдвиг по плоскости, ориентированной вдоль Курило-Камчатского глубоководного желоба с небольшой взбросовой компонентой. В очагах землетрясений 27 и 42 произошли чистые взбросы. Обе нодальные плоскости простираются в северо-восточном направлении, оси напряжения сжатия близгоризонтальны.

В зоне стыка Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг зарегистрировано два относительно слабых мелких землетрясения 1 и 6 с K_S=12.3 и 11.8 соответственно. Тип подвижки в их очагах – взброс со сдвиговой компонентой.

В пределах Алеутской дуги по-прежнему наблюдалась сейсмическая активность юго-восточнее о. Медный. Здесь в течение года произошло около 40 землетрясений с $K_S \geq 8.6$, пять из них (8, 18, 19, 39, 40) – с $K_S \geq 11.6$. Суммарная энергия, выделившаяся в этом районе, составила $\Sigma E = 4.4 \cdot 10^{13}$ *Дж*. Наиболее значительное событие – 39 – произошло 13 ноября в $10^h 43^m$ с K_S=13.4, *Mw*=6.0, *h*=27 *км*. Преобладающим движением в пределах Командорского блока является правосторонний сдвиг по плоскости северо-западного–юго-восточного простирания со взбросовой компонентой (события 18, 39) (рис. 5). Аналогичная подвижка наблюдается для события (23), зарегистрированного в Камчатском проливе 2 августа в $23^h 41^m$ с K_S=13.8, *Mw*=6.3, *h*=25 *км*. Оно сопровождалось небольшой серией слабых афтершоков. Событие 8 на склоне Алеутской дуги, зарегистрированное 23 февраля в $23^h 53^m$ с K_S=13.1, *Mw*=5.3. *h*=25 *км*, является сбросом с незначительной сдвиговой компонентой.

Курило-Камчаткий глубоководный желоб представлен на рис. 4а полосой эпицентров землетрясений не выше 11-го энергетического класса, глубины очагов которых не ниже 70 *км*. Они распределены вдоль желоба практически равномерно.

В 2001 г. получено несколько записей сильных колебаний грунта по записям цифрового акселерографического канала LG широкополосной цифровой сейсмической станции «Петропавловск». В основном это землетрясения с $M \geq 5.5$. В табл. 5 и на рис. 6 приводится анализ двух записей землетрясений с $M \geq 5.5$, записанных с приемлемым качеством.

Таблица 5. Максимальные ускорения грунта на станции «Петропавловск»

№	Дата, *д м*	t_0, *ч мин с*	Эпицентр φ°, N	Эпицентр λ°, E	*h*, *км*	Δ, *км*	K_S	*Mw*	Составляющая	a_{max} (скорректированная), *см/с²*
	08.10	18 14 25.7	52.62	160.46	31	133	13.0	6.4	N	4.58
									E	4.66
									Z	2.83
	08.10	18 20 37.5	52.63	160.49	24	134	14.0	6.6	N	3.28
									E	5.68
									Z	2.14

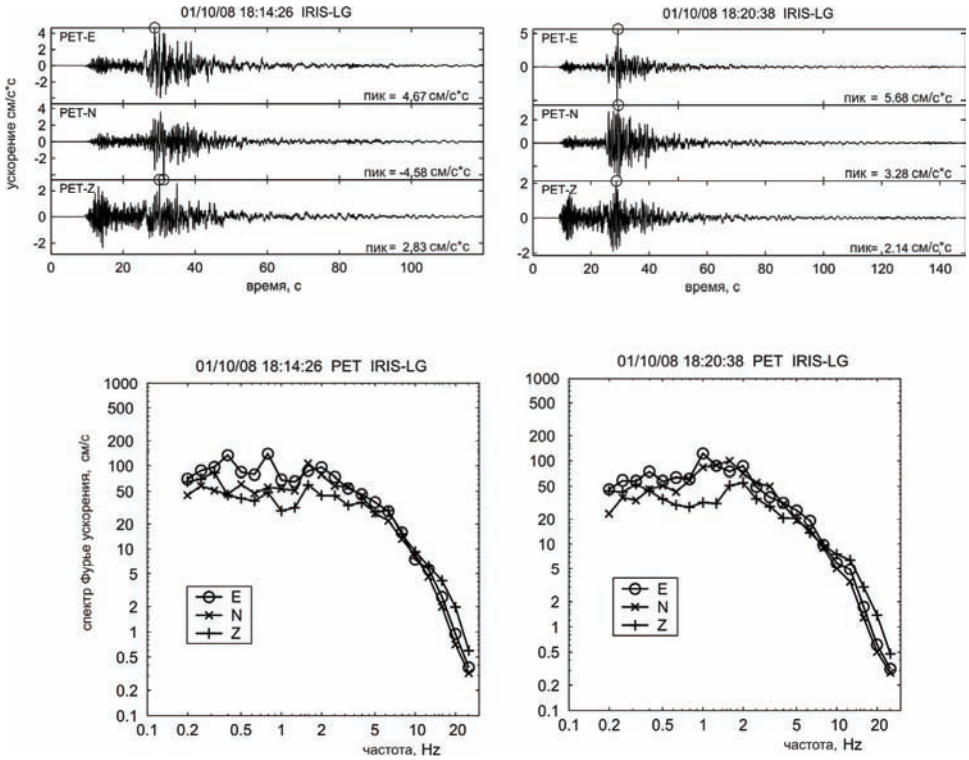

Рис. 6. Записи землетрясений 30, 31 8 октября в $18^h 14^m$ и в $18^h 20^m$ широкополосной сейсмической станцией «Петропавловск» (вверху) и их спектры Фурье (внизу).

Полученные по наблюдениям уровни амплитуд и спектров колебаний, а также форма спектров не показывают каких-либо аномалий и согласуются с ранее наблюденными тенденциями [8].

Литература

1. **Федотов С.А., Зобин В.М., Гордеев Е.И., Иванова Е.И., Лепская Т.С., Митякин В.П., Синельникова Л.Г., Чиркова В.Н.** Землетрясения Камчатки и Командорских островов // Землетрясения в СССР в 1985 году. – М: Наука, 1988. – С. 155–169.
2. **Гусев А.А.** Определение гипоцентров близких землетрясений Камчатки на ЭВМ // Вулканология и сейсмология. – 1979. – № 1. – С. 74–81.
3. **Федотов С.А.** Энергетическая классификация Курило-Камчатских землетрясений и проблема магнитуд. – М.: Наука, 1972. – 117 с.
4. **Левина В.И., Лепская Т.С. (отв. сост.), Бахтиарова Г.М., Карпенко Е.А., Кобзева А.А., Кривогорницына Т.М., Митюшкина С.В., Пархоменко С.А., Пилипенко Л.В., Шевченко Н.А.** Камчатка и Командорские острова. (См. раздел VI (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
5. **Иванова Е.И. (отв. сост.).** Камчатка и Командорские острова. (См. раздел VII (Каталоги механизмов очагов землетрясений) в наст. сб. на CD).
6. **Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки и Командорских островов за 2003 г.** (Отчет). – Петропавловск-Камчатский: Фонды КОМСП ГС РАН, 2004. – 350 с.
7. **Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки и Командорских островов за 2005 г.** (Отчет). – Петропавловск-Камчатский: Фонды КОМСП ГС РАН, 2006. – 330 с.
8. **Гусев А.А., Петухин А.Г., Гусева Е.М., Гордеев Е.И., Чебров В.Н.** Средние спектры Фурье сильных движении грунта при землетрясениях Камчатки // Вулканология и сейсмология. – 2006. – № 5. – С. 60–70.

КАМЧАТКА И КОМАНДОРСКИЕ ОСТРОВА

Сост. ***Е.И. Иванова***

Камчатский филиал ГС РАН, г. Петропавловск-Камчатский, ***valeria@emsd.iks.ru***

№	Дата,	t_0,	h,	Магнитуды			K_S	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Число	Точ-
	д м	*ч мин с*	*км*	*Mc*	*MS*	*Mw*		*T*		*N*		*P*		*NP*1			*NP*2			стан-	ность
								PL	*AZM*	*PL*	*AZM*	*PL*	*AZM*	*STK*	*DP*	*SLIP*	*STK*	*DP*	*SLIP*	ций	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	02.01	18 30 08.4	20	5.2			12.3	36	161	49	307	18	58	293	78	40	193	51	165	26	D
2	22.01	03 17 36.7	132	4			11.6	45	22	45	202	0	292	166	60	35	57	60	145	101	C
4	07.02	03 16 18	41		4		12.6	9	301	6	32	79	157	217	54	–82	23	37	–101	39	D
5	07.02	15 16 10.2	476	5		5.7	*14.2	17	121	15	216	67	344	43	64	–73	189	31	–121	361	B
6	14.02	07 10 14.9	17	4.3			11.8	58	107	31	270	8	5	250	60	54	125	46	135	24	A
7	14.02	13 36 39.3	156	4.8		5.6	13.3	36	276	9	13	53	114	194	81	–81	329	12	–134	301	A
8	23.02	23 53 28.8	45		4.9	5.3	13.1	36	354	9	258	53	156	256	81	–99	121	12	–46	126	D
10	13.03	11 18 22.6	49				11.8	55	148	31	360	15	261	195	67	124	315	40	37	25	C
11	31.03	17 54 55.5	40		4.3		11.9	48	111	33	333	22	228	164	75	125	274	37	25	29	E
12	31.03	18 03 21.8	40		4.6		11.8	7	144	82	0	5	234	189	89	172	279	82	1	39	A
13	31.03	18 30 29	23		4.8	5.3	12.4	33	155	56	346	5	249	197	71	152	297	63	22	87	D
14	01.04	00 48 40.6	582	5.2			12.7	50	68	36	219	14	320	202	69	51	88	44	148	102	D
15	07.04	03 46 23.9	40		5	5.3	11.9	47	225	43	45	0	315	259	59	143	11	59	37	106	E
16	18.04	13 01 07.3	28			5.2	12.5	3	261	74	0	16	171	215	81	–13	307	77	–170	192	E
17	12.05	18 42 42.9	49	4.5		5	12	26	328	12	63	61	175	247	72	–78	32	21	–123	139	D
18	18.05	02 46 31.8	22	4.6		5.2	12.5	26	93	61	304	13	190	140	81	152	234	62	10	65	B
20	27.05	00 28 39.2	501				11.6	40	58	37	288	28	175	114	83	127	213	38	12	33	C
21	01.06	04 54 08.6	41				12	36	165	53	333	5	71	303	69	31	201	61	156	79	C
22	18.06	18 16 33.6	79	4.8			11.7	56	131	30	278	16	17	264	67	57	143	40	142	49	B
23	02.08	23 41 07.1	25	6.6	6.2	6.3	*13.8	0	252	90	7	0	162	207	90	0	297	90	–180	199	E
24	05.08	11 08 55	20	4.3		4.9	11.8	16	88	67	315	16	182	135	90	157	225	67	0	38	A
25	01.09	12 16 40.3	134	4.9		5.2	11.6	62	136	6	238	27	331	236	72	83	77	19	110	154	A
27	17.09	11 13 04.3	41	5.4	4.6	5.3	*12.6	79	183	6	58	9	327	243	54	98	49	37	79	144	D
28	07.10	22 46 15.8	2	5.2	4.8	5.2	*12.4	16	81	74	270	3	171	125	81	167	217	77	10	43	E
29	08.10	06 18 48.9	15	5.2	5	5.2	*12.2	39	194	45	338	19	88	325	77	43	224	48	163	38	D
30	08.10	18 14 25.7	31	6.5	6.3	6.4	***13.8	39	203	49	0	12	104	339	73	38	236	54	158	253	A
31	08.10	18 20 37.5	24		6.6	6.3	***14.1	42	191	48	11	0	101	335	62	33	228	62	147	137	C
32	09.10	02 49 14.4	18				*12.1	11	43	64	288	23	138	272	82	–155	179	66	–9	41	C
33	10.10	01 32 43.2	17	5.3	5.3	5.4	*12.8	41	168	49	0	6	263	209	67	145	314	58	27	77	D

Примечание. Номер землетрясения в графе 1 и его параметры в графах 2–5, 9 соответствуют таковым в [1]; магнитуда *MS* дана по [2], *Mw* – из [3]. Определение класса точности в графе 23 основано на объеме доверительной области в пятимерном пространстве, которому принадлежат все возможные тензоры-решения и на статистике предыдущих решений для механизмов камчатских землетрясений. Класс точности определяет надежность соответствующего механизма по отношению ко всей совокупности камчатских решений. Принадлежность механизма классу A означает, что он входит в число 10% лучших камчатских решений, B – 25%, C – 50%, D – 75%, E – все остальные.

Литература

1. **Левина В.И., Лепская Т.С. (отв. сост.), Бахтиарова Г.М., Карпенко Е.А., Кобзева А.А., Кривогорницына Т.М., Митюшкина С.В., Пархоменко С.А., Пилипенко Л.В., Шевченко Н.А.** Камчатка и Командорские острова. (См. раздел VI (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
2. **Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2001 год** / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2001–2002.
3. **Bulletin of the International Seismological Centre for 2001.** – Berkshire: ISC, 2002–2003.