

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ КАМЧАТКИ И КОМАНДОРСКИХ ОСТРОВОВ

*Е.И. Гордеев, В.И. Левина, В.Н. Чебров, Е.И. Иванова,
Ю.В. Шевченко, В.В. Степанов*

Сеть сейсмических станций и методика обработки.

Сеть сейсмических станций в 1993 г. состояла из двух типов станций - радиотелеметрических и стационарных, с гальванометрической регистрацией.

Сеть стационарных сейсмических станций включает 11 станций. Схема их размещения в регионе представлена на рис. 1, а основные характеристики в табл. 1.

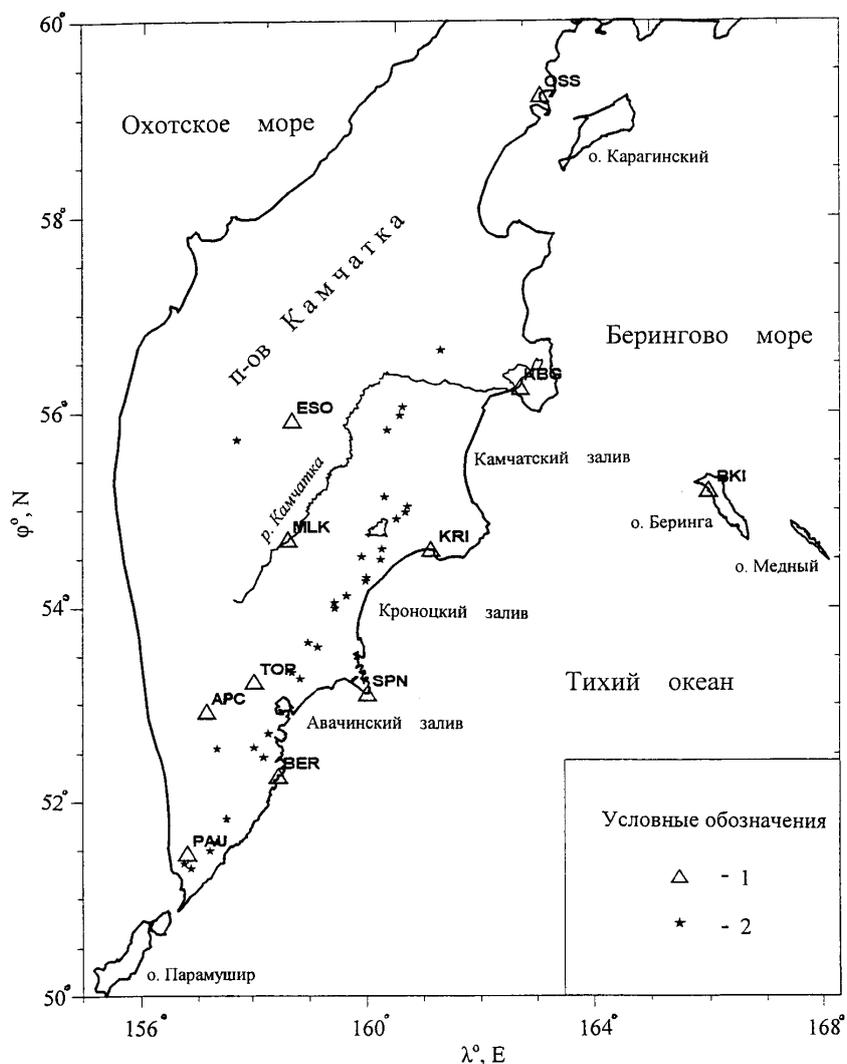


Рис. 1. Сеть стационарных сейсмических станций на территории Камчатки в 1993 г. 1 - стационарная сейсмическая станция (названия станций даны в табл. 1); 2 - вулканы.

Таблица 1. Стационарные сейсмические станции Камчатки в 1993 г.

№	Станция			Год открытия	Координаты			Аппаратура			
	Название	Код			φ°, N	λ°, E	h _y , м	Тип прибора	КомпONENTA	V _{max}	ΔT _{max} , с
		Межд.	Рег.								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Паужетка	PAU	PAU	1961	51.47	156.81	110	СМ-3 СМ-3, КПЧ	N,E,Z E	5000 250	0.1-1.0 0.1-1.0
2	Тополово (закр. 17.06.1993)	TOP	TOP	1961	53.23	158.04	200	СМ-3 СМ-3, КПЧ	N,E,Z E	10000 500	0.1-1.0 0.1-1.0
3	Беринг (закр. 01.09.1993)		BKI	1962	55.20	165.97	10	СМ-3 СМ-3, КПЧ	N,E,Z E	3700 190	0.1-1.0 0.1-1.0
4	Шипунский	SPN	SPN	1962	53.10	160.02	170	СМ-3 СМ-3, КПЧ	N,E,Z E	5000 250	0.1-1.0 0.1-1.0
5	Эссо	ESO	ESO	1965	55.92	158.7	490	СМ-3 СМ-3, КПЧ	N,E,Z E	40000 200	0.1-1.0 0.1-1.0
6	Кроноки	KRI	KRI	1966	54.60	161.13	50	СМ-3 СМ-3, КПЧ	N,E,Z E	3600 ¹ 5000 ² 180 ¹ 250 ²	0.1-1.0 0.1-1.0 0.1-1.0 0.1-1.0
7	Крутоберегово	KBG	KBG	1968	56.25	162.70	30	СМ-3 СМ-3, КПЧ	N,E,Z E	3000 110	0.1-1.0 0.1-1.0
8	Оссора		OSS	1973	59.25	163.06	5	СМ-3	N,E,Z	7300	0.1-1.0
9	Березовая		BER	1981	52.27	158.45	10	СМ-3 СМ-3, КПЧ	N,E,Z E	3600 190	0.1-1.0 0.1-1.0
10	Мильково (закр. 10.11.1993)		MLK	1989	54.70	153.83	90	СМ-3 СМ-3, КПЧ	N,E,Z E	3500 170	0.1-1.0 0.1-1.0
11	Апача		APC	1992	52.92	157.16	100	СМ-3 СМ-3, КПЧ	N,E,Z E	6500 ¹ 10000 ² 330 ¹ 500 ²	0.1-1.0 0.1-1.0 0.1-1.0 0.1-1.0

Примечание. Индексы ¹ и ² в графе 11 указывают интервалы времени действия указанного увеличения на станции: "Апача" - до и после 28.V.93 г. и на станции "Кроноки" - до и после 30.IV.93 г. Все станции региональные и имеют стандартные характеристики: T_s=1.2 с, T_g=10-15 с, D_s=0.4.

Сеть телеметрических станций состояла из 20 станций. Сейсмические сигналы передаются в три приемные центра: в Петропавловске-Камчатском, Ключах и Козыревске. Схема размещения телеметрических станций представлена на рис. 2, а основные характеристики в табл. 2. В качестве датчиков используются стандартные сейсмометры СМ-3 с периодом маятника 1.2 с (тип АЧХ-1), сейсмометры С-5-С с периодом маятника 5 с (тип 2), высокочувствительные датчики с периодом маятника 0.2 с (тип 3), сейсмометры СКД с периодом маятника 25 с (тип 4). Первые три типа датчиков записывают скорость колебаний, тип 4 - смещение. Соответствующие амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) представлены на рис. 3.

Таблица 2. Сейсмические телеметрические станции Камчатки в 1993 г.

№	Станция			Дата открытия	Координаты			Аппаратура			
	Название	Код			φ°, N	λ°, E	h _y , м	Тип прибора	КомпONENTA	V _{max} / чувствит-ть	ΔT _{max} , с
		Межд.	Рег.								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Авача		AVH	июль 1976	53.26	158.74	900	СМ-3 ВЧС	N,E,Z ¹ Z ³	1000 с 40000 с	0.05-1.3 0.05-0.25
2	Горелый		GRL	июль 1980	52.55	158.08	1250	СМ-3 ВЧС	N,E,Z ¹ Z ³	1000 с 20000 с	0.05-1.3 0.05-0.25
3	Шивелуч		SVL	окт. 1980	56.58	161.22	900	СМ-3	N,E,Z ¹	1000-10000	0.05-1.3
4	Институт		INS	нояб. 1981	53.07	158.60	175	СКД	N,E,Z ⁴	100	2.0-25.0
5	Налычева		NLC	март 1984	53.17	159.34	20	С-5-С ВЧС	N,E,Z ² Z ³	200 с 20000 с	0.05-5.0 0.05-0.25
6	Подкова		PDK	апр. 1985	56.14	160.78	800	СМ-3	N,E,Z ¹	1000-10000	0.05-1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7	Шипунский		SPN	апр. 1985	53.11	160.01	170	СМ-3 ВЧС	N,E,Z ¹ Z ³	1000 с 20000 с	0.05-1.3 0.05-0.25
8	Петропавловск		PET	январь 1987	53.02	158.65	100	СМ-3	N,E ¹ Z ¹	500 с 1000 с	0.05-1. 0.05-1.3
9	Крестовский		KRS	июль 1987	56.21	160.56	1200	СМ-3	N,E,Z ¹	1000-10000	0.05-1.3
10	Русская		RUS	декабрь 1987	52.43	158.51	75	СМ-3 ВЧС	N,E,Z ¹ Z ³	1000 с 40000 с	0.05-1.3 0.05-0.25
11	Ганалы		GNL	январь 1988	53.69	157.94	1200	СМ-3 ВЧС	N,E,Z ¹ Z ³	1000 с 40000 с	0.05-1.3 0.05-0.25
12	Зеленая		ZLN	август 1988	56.02	160.80	1083	СМ-3	N,E,Z ¹	1000-10000	0.05-1.3
13	Ключи		KLY	февраль 1989	56.31	160.85	100	СМ-3	N,E,Z ¹	1000-10000	0.05-1.3
14	Карымский		KRY	сентябрь 1989	54.04	159.45	900	СМ-3 ВЧС	N,E,Z ¹ Z ³	1000 с 20000 с	0.05-1.3 0.05-0.25
15	Козыревск		KZY	ноябрь 1989	56.07	159.90	45	СМ-3	N,E,Z ¹	5000-10000	0.05-1.3
16	Каменистая		KMN	октябрь 1990	55.76	160.24	1100	СМ-3	N,E,Z ¹	1000-10000	0.05-1.3
17	Сомма		SMA	февраль 1991	53.26	158.80	1950	СМ-3 СМ-3 ВЧС	E ² Z ¹ Z ¹ Z ³	200 с 1000 с 60 с 40000 с	0.05-1.3 0.05-1.3 0.05-1.3 0.05-0.25
18	Седловина		SDL	сентябрь 1991	53.28	158.88	1235	СМ-3 ВЧС	N,E,Z ¹ Z ³	1000 с 40000 с	0.05-1.3 0.05-0.25
19	Срединный		SRD	август 1992	53.32	159.72	800	СМ-3	N,E,Z ¹	5000-10000	0.05-1.3
20	Угловая		UGL	август 1992	53.21	158.82	1140	СМ-3 ВЧС	N,E,Z ¹ Z ³	1000 с 40000 с	0.05-1.3 0.05-0.25

Примечание. ^{1,2,3,4} - типы АЧХ на рис. 3.

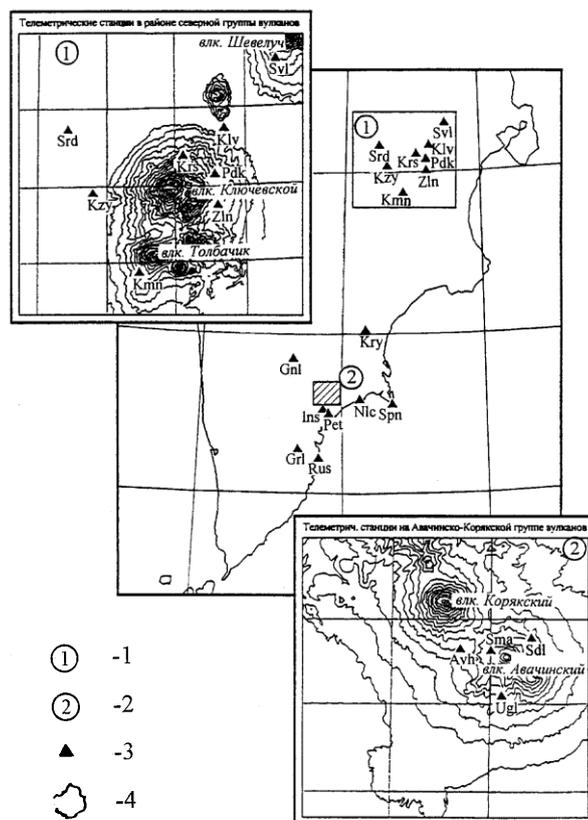


Рис. 2. Схема размещения сейсмических телеметрических станций (названия станций даны в табл. 2)
1 - район северной группы вулканов; 2 - район Авачинско-Корякской группы вулканов; 3 - сейсмическая станция; 4 - горизонтали рельефа с шагом 200 м.

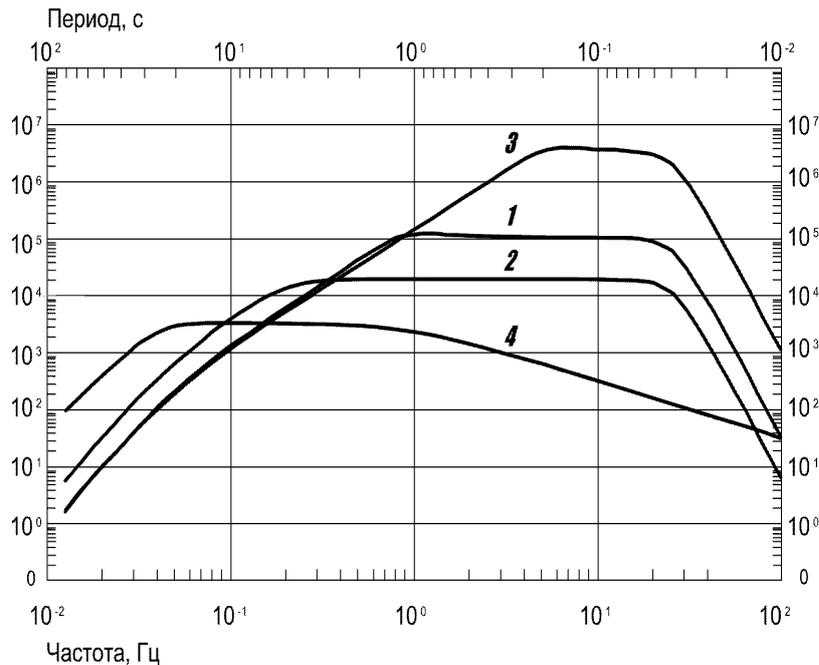


Рис. 3. Амплитудно-частотные характеристики каналов сейсмотелеметрических станций 1-4 -типы АЧХ.

Для регистрации сейсмических сигналов используются регистры РВЗ-3 с записью на тепловой бумаге и прецизионные магнитные регистры Н086. Записи на магнитной ленте далее воспроизводятся на магнитографах Н068 и выборочная запись событий выполняется на чернильных самописцах.

Записи сейсмических сигналов, полученные на тепловой бумаге, соответствуют смещению грунта в полосе периодов 0.125-1.0 с для каналов первого типа, 0.125-5 с для каналов второго типа и 0.5-25 с для каналов четвертого типа. Записи, полученные на чернильном самописце, соответствуют скорости смещения грунта в полосе периодов 0.067-1.0 с для каналов первого типа, в полосе 0.067-5 с для каналов второго типа и в полосе 0.067- 0.2 с для каналов третьего типа. Номинальные значения увеличений каналов сейсмотелеметрических станций представлены в табл. 2. Для некоторых каналов указан диапазон использовавшихся увеличений.

С 1986 г. на сейсмотелеметрических станциях Камчатки используется система метрологии, основанная на импульсной калибровке. Один раз в сутки на каждой сейсмической станции производится автоматическая генерация сигналов калибровки. На приемном центре с помощью аппаратуры КАМАК под управлением ЭВМ ДВК-4 эти сигналы преобразуются в цифровую форму и обрабатываются. Имеющиеся с 1986 г. результаты калибровок (в виде параметров каналов) хранятся в специализированной базе данных в .dbf-файле, доступной для редактирования и дополнения из программы на FoxPro. Вывод информации о канале из базы возможен в файл, на экран или принтер в виде полюсов, нулей и коэффициентов для расчета передаточной функции.

Методика обработки землетрясений Камчатки и Командорских островов изложена в [1,2], энергетическая классификация землетрясений - в [3].

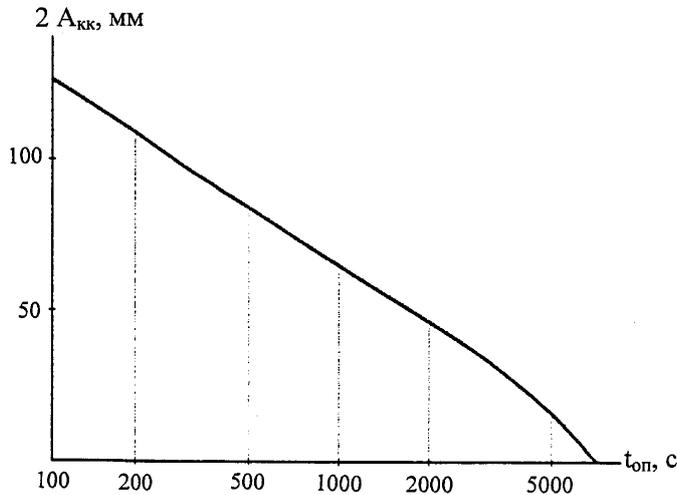
С 1989 г. в приемном центре Петропавловской сети сейсмотелеметрических станций в оперативном режиме используется методика определения магнитуды M_c землетрясений по записям кода-волн, полученным на комплекте приборов СКД - ГК-7. Девятилетний срок применения этой методики показал хорошую устойчивость и надежность полученных оценок магнитуд. Объясняется это, прежде всего, стабильностью асимптоты огибающей коды, а также исключением влияния ограничений сигнала на оценки магнитуды при достаточно сильных событиях из-за недостаточно большого динамического диапазона канала.

На практике процедура определения магнитуды M_c сводится к следующему:

На записи одного из горизонтальных каналов СКД отмечается точка $t_{оп}$, опережающая вступление Р-волны на время $\Delta t = 1.4 \cdot t_{S-P}$, либо $\Delta t = 0.7 \cdot t_{R-P}$, где t_{S-P} - разность вступления S- и Р-волн, t_{R-P} - разность вступления максимальной фазы релеевской волны R_M и волны Р.

На записи отмечается точка t_c таким образом, чтобы разность моментов $t_{оп}$ и t_c была больше $6 \cdot t_{S-P}$, либо $3 \cdot t_{R-P}$. Если для момента t_c уровень огибающей коды незначительно превышает уровень микросейсм (менее чем в три раза), определение магнитуды не проводится.

Для момента t_c измеряется двойная амплитуда огибающей асимптоты коды $2A_c$ (мм) и ордината представленной на рис. 4 калибровочной кривой $2A_{кк}$ (мм). Признаком выхода огибающей коды на асимптоту служит равенство уровней огибающей на разных горизонтальных компонентах.



Рассчитывается магнитуда M_c по формуле

$$M_c = 9 + \lg(2A_c/V) - A_{кк}/50, \quad (1)$$

где V - увеличение канала.

Если $M_c < 4$, можно оценить энергетический класс землетрясения по формуле

$$K_S = 8 + 0.9 M_c \quad (2)$$

Рис. 4. Калибровочная кривая для определения магнитуды M_c по коде-волн

Представленные соотношения для оценки магнитуды M_c получены на основе экспериментальных данных из работы [4]. Для вывода формулы использовались приведенные в этой работе обобщенные огибающие записей СКД приборов, а также графики, представляющие корреляционные асимптоты соотношения уровня огибающей коды и магнитуды MLH для Камчатки.

Соотношение для оценки $\Delta t \approx 1.4 \cdot t_{S-P}$ получено в предположении, что $v_p/v_s = 1.73$. Приблизительное соотношение $\Delta t \approx 0.7 \cdot t_{R-P}$ получено из годографов для P- и R-волн. Условие $t_c > 3 \cdot t_{R-P}$ приведено в упомянутой выше работе [4]. С учетом того, что $1.4 \cdot t_{S-P} \approx 0.7 \cdot t_{R-P}$, получим $t_c > 6 \cdot t_{S-P}$.

Методика определения магнитуды M_c по записям СКД начала использоваться на практике после проверки соответствия полученных значений M_c величине магнитуды MLH на станции Петропавловск (MLH^{PTR}) примерно для 40 событий. Для каждого из них проводилось несколько измерений $2A_c$ для различных времен коды, и, соответственно, определено несколько значений магнитуды M_c , которые затем осреднялись. Линейная регрессионная связь между магнитудой MLH^{PTR} , определяемой на сейсмостанции Петропавловск по записям поверхностных волн, и кодовой магнитудой M_c была рассчитана по выборке из 31 пары значений (MLH^{PTR} , M_c):

$$M_c = 0.707 + 0.953 MLH^{PTR} \quad (3).$$

При этом оказалось, что разница $\Delta M = M_c - MLH^{PTR}$ непостоянна, а зависит от магнитуды MLH^{PTR} :

$$\Delta M = 0.630 + 0.030 MLH^{PTR} \quad (4).$$

Соотношение между классами K_S и кодовыми магнитудами M_c было получено по выборке из 21 пары значений (K_S , M_c):

$$K_S = 7.750 + 0.927 M_c \quad (5),$$

что после округления соответствует соотношению (2).

Была также рассчитана регрессионная связь между величинами $\Delta M = M_c - MLH^{PTR}$ и MLH^{PTR}

$$\Delta M = 0.630 + 0.030 MLH^{PTR} \quad (6).$$

Вид этой зависимости показывает, что оценки M_c больше оценок MLH^{PTR} станции Петропавловск примерно на 0.5.

Сейсмичность региона.

Всего на территории региона в 1993 г. определены гипоцентры 1435 землетрясений с $K_S = 6-15$. Здесь и далее под K_S понимается класс $K_{S1.2}^{Ф68}$ из [3]. Распределение числа землетрясений

по классам приведено в табл. 3.

Таблица 3. Распределение числа землетрясений Камчатки и Командорских островов по энергетическим классам K_S

K_S	<8.5	9	10	11	12	13	14	15
N	505	548	261	90	22	5	2	2

На рис. 5-6 представлены карта эпицентров землетрясений Камчатки с $K_S \geq 8.5$ и вертикальные глубинные разрезы А-А' и В-В' вдоль и вкрест фокальной зоны, на рис. 7 - графики сейсмической активности региона и накопленной высвобожденной энергии. Суммарная за год сейсмическая энергия составила $14 \cdot 10^{14}$ Дж, что почти вдвое выше среднегодового значения ($7.4 \cdot 10^{14}$ Дж). На рис. 7 видно, что в 1993 г. произошли две вспышки сейсмической активности в июне и ноябре месяце после сильных ($M_S=7.4$ и 7.1) землетрясений 8 июня и 13 декабря.

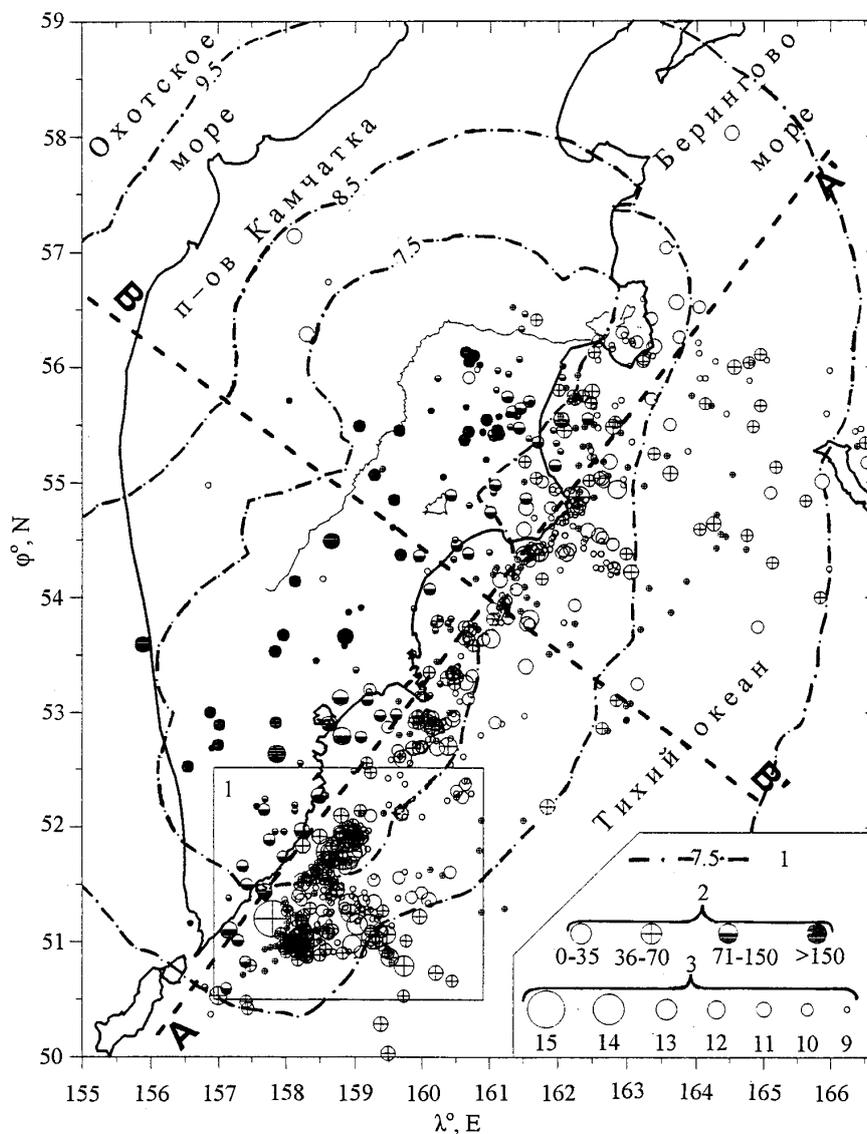


Рис. 5. Карта эпицентров землетрясений Камчатки за 1993 г. с $K_S \geq 8.5$
 1 - изолиния K_{min} ; 2 - глубина гипоцентра, км; 3 - энергетический класс K_S . Пунктирными линиями обозначены вертикальные разрезы вдоль и вкрест фокальной зоны - А-А' и В-В'; прямоугольником показан район 1 сильнейших землетрясений года.

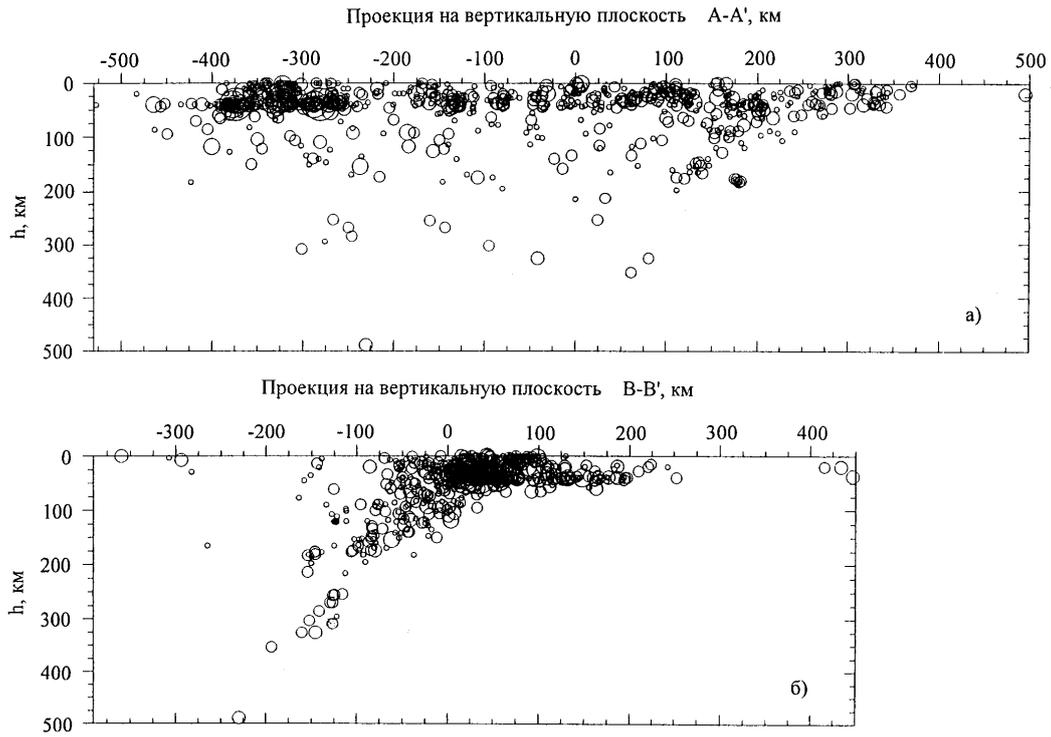


Рис. 6. Вертикальные разрезы на плоскости А-А' и В-В' для землетрясений, показанных на рис. 5

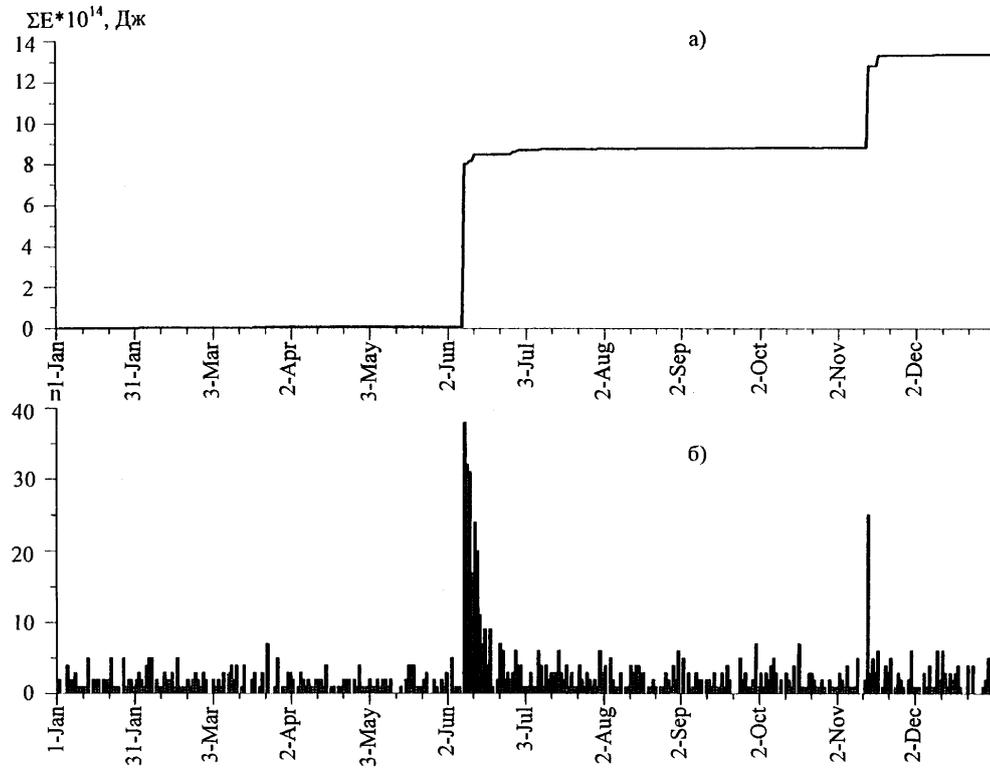


Рис. 7. Графики изменения во времени (по декадам) высвобожденной сейсмической энергии и числа N землетрясений за 1993 г.
 а - сейсмическая энергия в единицах $\Sigma E \cdot 10^{14}$ Дж; б - число землетрясений за сутки.

Общее число сильных ($K_S \geq 11.5$) землетрясений в 1993 г - 31. Для 26 из них определены механизмы очагов по распределениям знаков первых вступлений Р-волн на станциях региональной сети с привлечением данных мировой сети. Карта механизмов очагов землетрясений представлена на рис. 8. Сведения о механизмах очагов сильных землетрясений даны в соответствующем каталоге (см. наст. сб).

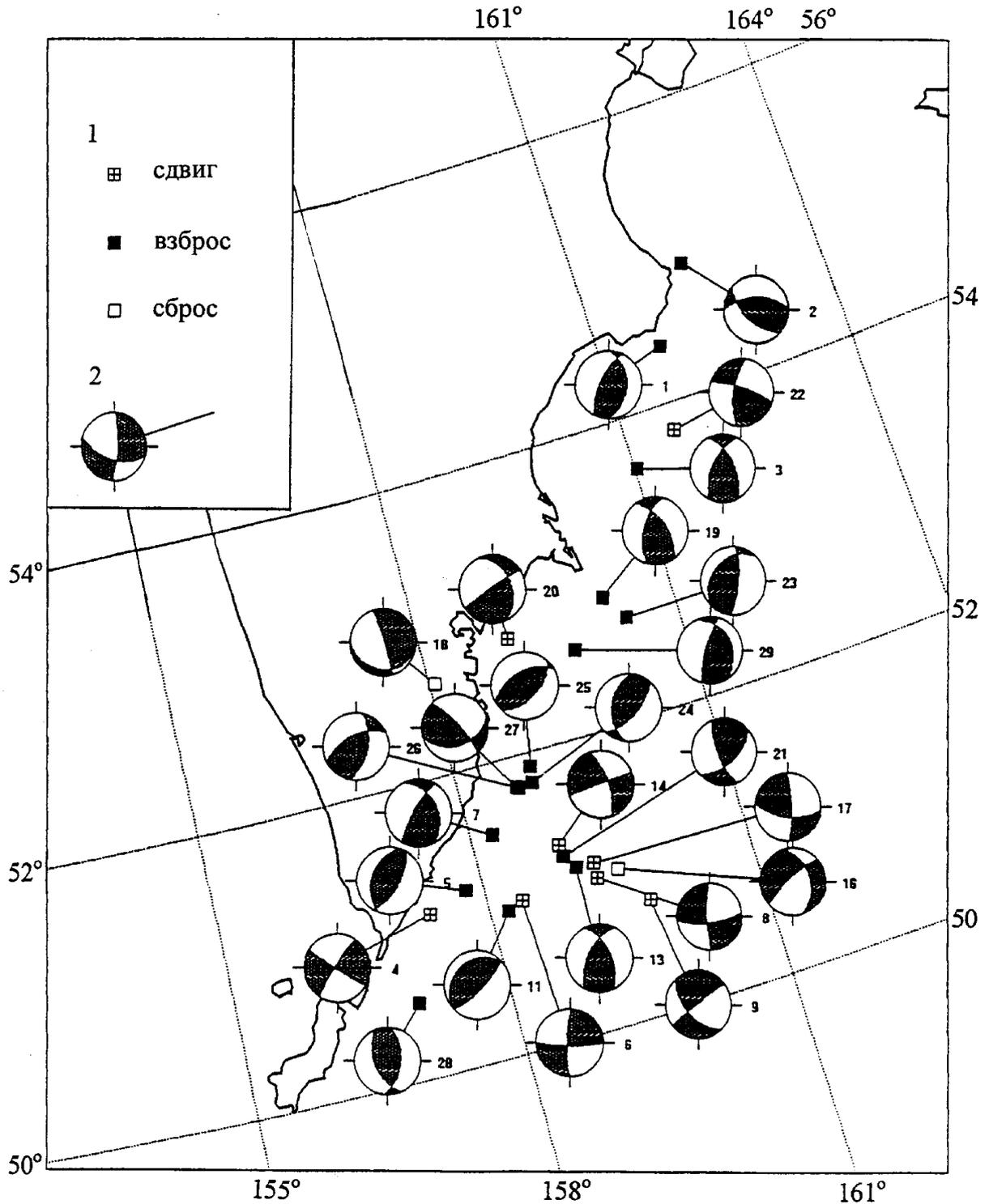


Рис. 8. Карта механизмов сильных ($K_S \geq 11.5$) землетрясений Камчатки и Командорских островов в 1993 г. 1 - эпицентры землетрясений и тип подвижки; 2 - диаграмма механизма очага. Номера очагов соответствуют номерам землетрясений в региональном каталоге.

Сильные землетрясения.

Наиболее сильное ($M_S=7.4$) землетрясение произошло 8 июня в 13 ч 03 мин в Тихом океане недалеко от юго-восточного побережья Камчатки ($\varphi=51.20^\circ N$, $\lambda=157.80^\circ E$, $h=40$ км). Землетрясение предварялось не многочисленными ($n=8$) форшоками, которые произошли с 14 мая по 3 июня, наиболее сильный ($K_S=11.5$) из них (4) произошел 23 мая. Карта эпицентров (а) и вертикальные разрезы афтершоков этого землетрясения (б,в) изображены на рис. 9. Разрезы построены по плоскостям А-А' и В-В' (рис. 5). В течение месяца после главного землетрясения в рамках карты зарегистрировано 262 афтершока, из них 211 - с $K_S \geq 8.5$ и 12 - с $K_S \geq 11.5$. Наиболее сильный ($M_S=6.1$, $K_S=13.5$) афтершок (11 на рис. 9) произошел 12 июня в 20 ч 33 мин. На карте эпицентров афтершоков за первый месяц (рис. 9) видно, что инструментальный эпицентр основного толчка находится на юго-западной окраине облака афтершоков, которое отчетливо распадается на две области. Первая компактная зона (I) – к юго-востоку от инструментального эпицентра, располагающаяся на той же глубине, что и гипоцентр главного события. Механизмы очагов афтершоков (11 и б) те же, что и у основного толчка – взброс, взбросо-сдвиг (рис. 8). Вторая область (II) – довольно протяженная - расположена к северо-востоку от инструментального эпицентра. Зона II, вытянутая с северо-запада на юго-восток, вкрест основным структурам островной дуги, включает 7 сильных афтершоков. Механизмы очагов этой группы представлены как сбросовым, так и взбросо-сдвиговым типом подвижки, что характерно для Курило-Камчатского глубоководного желоба. Гипоцентры афтершоков из области II находятся в диапазоне глубин 0 – 40 км и имеют тенденцию к заглужению по направлению на восток-юго-восток. Следует отметить, что группирования афтершоков во времени в областях I и II не наблюдалось, то есть, заполнение зоны афтершоков шло равномерно.

Землетрясение ощущалось на территории Камчатки с интенсивностью до 6 баллов. Сводка данных макросейсмического обследования приведена в табл. 4, карта изосейст - на рис. 10.

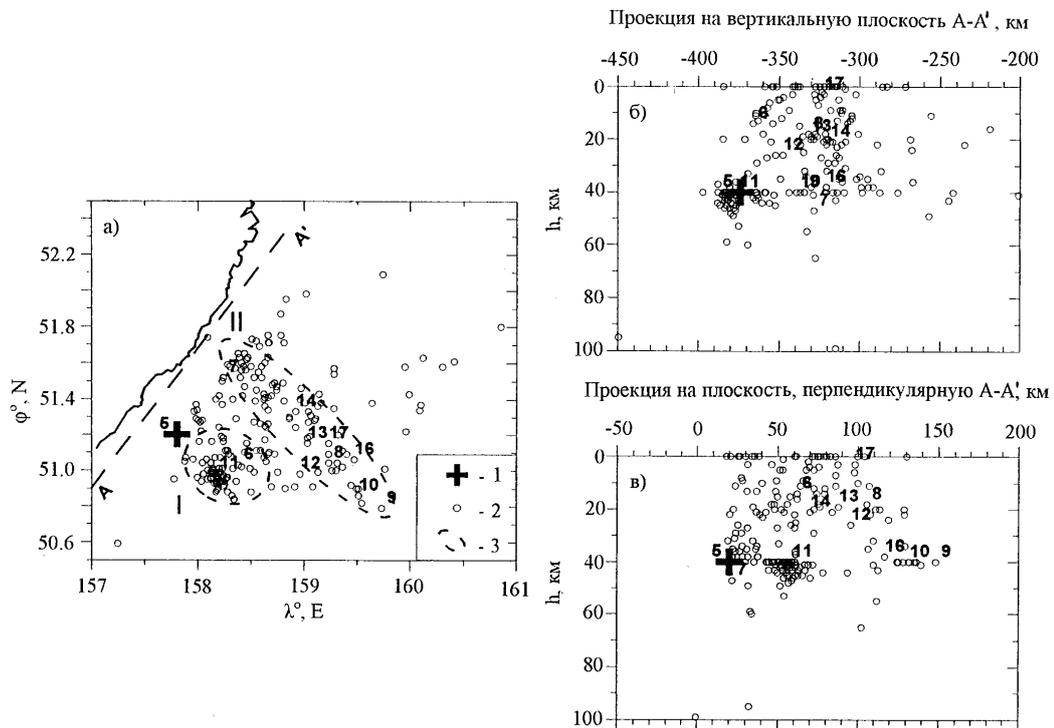


Рис. 9. Карта эпицентров афтершоков в районе 1 (на рис. 5) и вертикальные разрезы области афтершоков за первый месяц после землетрясения 8 июня ($M_S=7.4$)

1 - инструментальный эпицентр основного толчка; 2 - эпицентры афтершоков с $K_S \geq 8.5$ за период с 8 июня по 7 июля 1993 г.; 3 - граница области сгущения афтершоков (I и II). Цифрами обозначены номера землетрясений с $K_S \geq 11.5$ по региональному каталогу.

Таблица 4. Сводка макросейсмических проявлений землетрясения 8 июня в 13 ч 03 мин (MS=7.4)

№	Пункт	Координаты пункта		Δ, км	№	Пункт	Координаты пункта		Δ, км
		φ°, N	λ°, E				φ°, N	λ°, E	
6 баллов					4-5 баллов				
1.	Б. Вестник	51.53	157.58	56	18.	Паужетка	51.47	156.81	75
2.	Водопадная	51.80	158.08	71	19.	вулк. "Вилючинский"	52.65	158.28	172
3.	маяк "Круглый"	52.07	158.30	103	20.	26 км елизовского шоссе	53.14	158.48	228
4.	с/станция "Березовая"	52.27	158.45	126	4 балла				
5.	Северо-Курильск	50.67	156.10	133	21.	Октябрьский	52.67	156.22	214
5 баллов					22.	Светлый	53.09	158.58	224
6.	оз. Курильское	51.50	157.03	83	23.	Усть-Большерецк	52.82	156.25	226
7.	ист. "Дачные"	52.53	158.19	158	24.	Лесной	53.26	158.02	239
8.	р. Карымшина (стационар)	52.78	158.07	190	25.	Раздольный	53.27	158.32	241
9.	Приморский	52.92	158.43	196	26.	Коряки	53.28	158.18	242
10.	Паратунка	52.97	158.25	208	27.	Мильково	54.70	158.63	393
11.	Петропавловск	53.02	158.65	210	28.	с/станция "Кроноки"	54.60	161.13	439
12.	Николаевка	53.05	158.35	217	3 балла				
13.	с/хоз "Дальний"	53.18	157.60	221	29.	Усть-Камчатск	56.22	162.47	640
14.	Авача	53.08	158.54	222	2 балла				
15.	Елизово	53.19	158.38	233	30.	ист. "Тумрокские"	55.22	160.36	480
16.	46 км елизовского шоссе	53.28	158.24	242	31.	Ключи	56.31	160.85	603
17.	мыс Шипунский	53.11	160.01	260	32.	Крутоберегово	56.26	162.71	651
					33.	Никольское	55.20	165.98	704

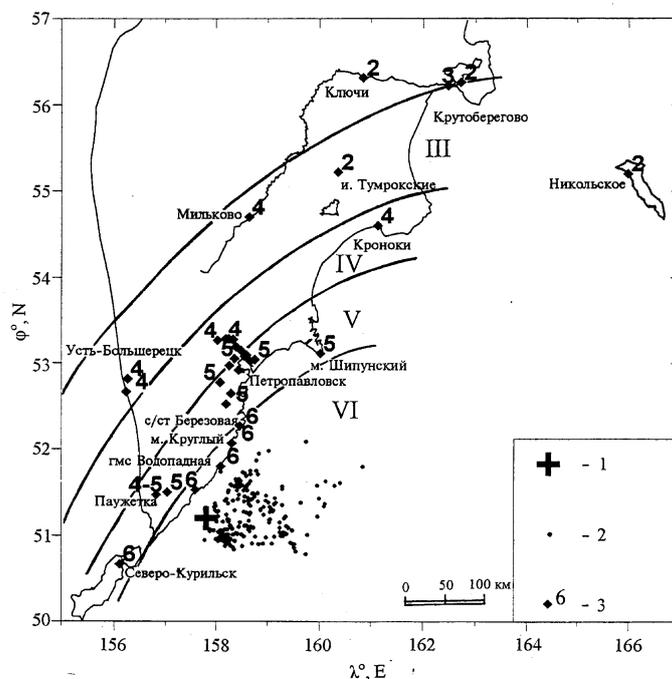


Рис. 10. Карта изосейст землетрясения 8 июня в 13 ч 03 мин (MS=7.4)

1 - инструментальный эпицентр; 2 - эпицентры афтершоков за период с 8 июня по 7 июля 1993 г.; 3 - населенные пункты и значения интенсивности сотрясений в баллах.

Сейсмическая активность в очаге этого землетрясения продолжалась в июле – октябре

1993 г. На рис. 11 представлена карта эпицентров землетрясений исследуемого района и глубинные разрезы вдоль и вкрест фокальной зоны за период с 6 июля по 12 ноября. На карте жирными крестами нанесены эпицентры сильных землетрясений (5,13), происшедших 8 июня и 13 ноября. Из рисунка видно, что форшоки сильного землетрясения 13 ноября, которое произошло на расстоянии 95 км к северо-востоку от июньского землетрясения, выделить нельзя.

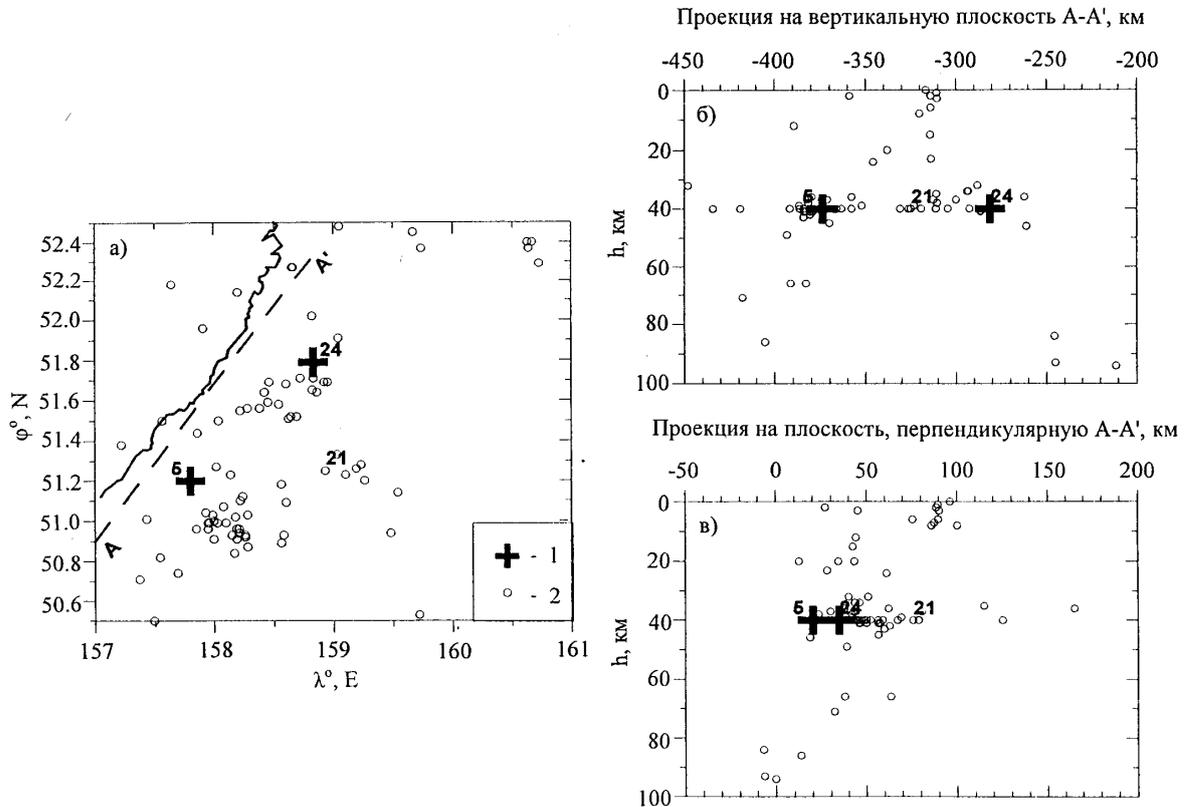


Рис. 11. Карта эпицентров землетрясений района 1 (см. рис. 5) и вертикальные разрезы области афтершоков за период с 6 июля по 12 ноября 1993 г.

1 - эпицентры сильных ($M_S=7.4$ и 7.1) землетрясений 8 июня и 13 ноября 1993 г.; 2 - эпицентры землетрясений за указанный период. Цифры соответствуют номерам землетрясений с $K_S \geq 11.5$ по региональному каталогу.

Землетрясение 13 ноября в 01 ч 18 мин с $M_S=7.1$ произошло также в Тихом океане на юге Камчатки ($\varphi=51.79^\circ N$, $\lambda=158.83^\circ E$, $h=40$ км), на расстоянии 95 км к северо-востоку от июньского землетрясения. Карта эпицентров афтершоков и глубинные разрезы их гипоцентров за первый месяц, с 13 ноября по 12 декабря, показаны на рис. 12. За этот период в рамках карты рис. 12 зарегистрировано 105 событий, из них 60 - с $K_S \geq 8.5$ и 4 - с $K_S \geq 11.5$. Механизмы очагов сильных афтершоков (25,26,27 на рис. 8) очень близки по типу и определяются как взбросы с близгоризонтальной осью сжатия P, ориентированной вкрест простириания структур Курило-Камчатской фокальной зоны и близвертикальной осью растяжения. Область афтершоков довольно компактна: проекция ее на дневную поверхность имеет форму, близкую к окружности радиусом около 25 км; диапазон глубин - 20–50 км. Инструментальный эпицентр главного толчка находится в юго-западной части зоны афтершоков.

Землетрясение ощущалось на территории Камчатки с интенсивностью до 6 баллов. Сводка данных макросейсмического обследования приведена в табл. 5.

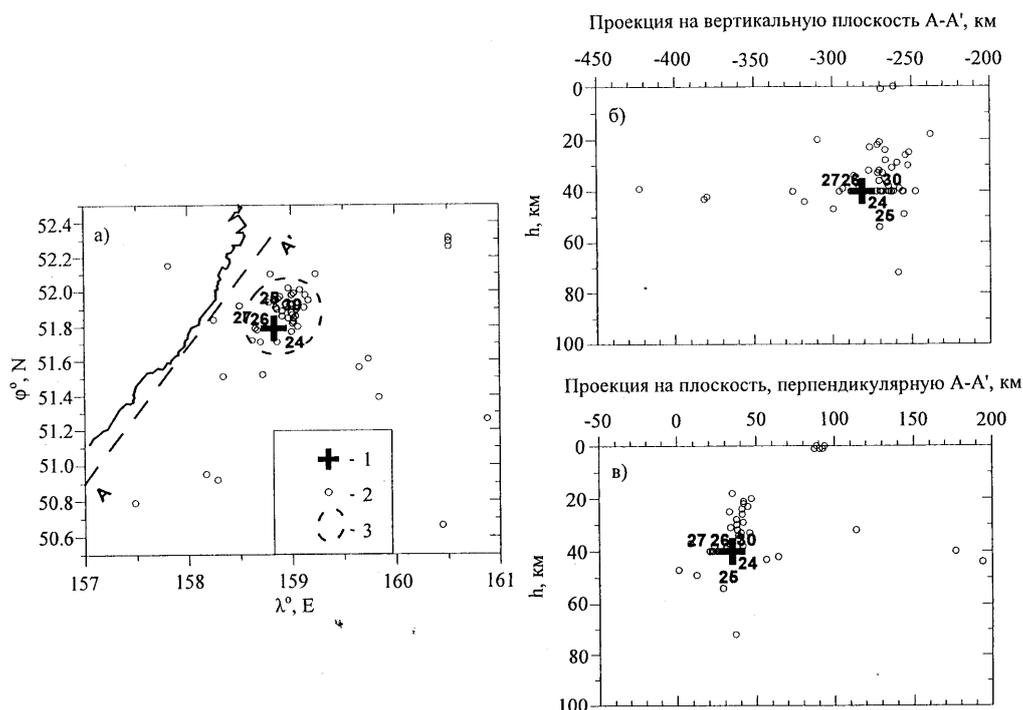


Рис. 12. Карта эпицентров землетрясений района 1 (см. рис. 5) и вертикальные разрезы области афтершоков за период с 13 ноября по 12 декабря 1993 г. 1 - эпицентр землетрясения 13 ноября в 01 ч 18 мин ($M_S=7.1$); 2 - эпицентры афтершоков с $K_S \geq 8.5$; 3 - граница области сгущения афтершоков. Цифры соответствуют номерам землетрясений с $K_S \geq 11.5$ по региональному каталогу.

Таблица 5. Макросейсмические данные о землетрясении 13 ноября в 01 ч 18 мин ($M_S=7.1$)

№	Пункт	Координаты пункта		Δ, км	№	Пункт	Координаты пункта		Δ, км
		φ°, N	λ°, E				φ°, N	λ°, E	
6 баллов					5 баллов				
1.	маяк "Круглый"	52.07	158.30	48	14.	Елизово	53.19	158.38	153
2.	с/станция "Березовая"	52.27	158.45	59	15.	Лесной	53.26	158.02	162
3.	р. Карымшина (стационар)	52.78	158.07	117	16.	Коряки	53.28	158.18	166
4.	Приморский	52.92	158.43	123	4-5 баллов				
5.	с/хоз "Дальний"	53.18	157.60	133	17.	с/станция "Кроноки"	54.60	161.13	348
6.	Авача	53.08	158.54	139	4 балла				
7.	Радыгино	53.11	158.85	140	18.	Начики	53.12	157.74	160
8.	с/хоз "Урожай"	53.04	158.48	141	19.	Северо-Курильск	50.67	156.10	228
9.	Чапаевка	53.05	158.82	141	20.	Крутоберегово	56.26	162.71	558
10.	оз. Синичкино	53.05	158.41	143	2 балла				
11.	мост Кеткинский	53.14	158.48	152	21.	Паужетка	51.47	156.81	144
12.	мыс Шипунский	53.11	160.01	167	22.	Апача	52.93	157.13	168
5-6 баллов					23.	Усть-Большереецк	52.82	156.25	210
13.	Петропавловск	53.02	158.65	137	24.	Мильково	54.70	158.63	318

Л и т е р а т у р а .

1. **Федотов С.А., Зобин В.М., Гордеев Е.И. и др. 1988.** Землетрясения Камчатки и Командорских островов // Землетрясения в СССР в 1985 году. М.: Наука. С. 155-169.
2. **Гусев А.А. 1979.** Определение гипоцентров близких землетрясений Камчатки на ЭВМ // Вулканология и сейсмология. №1. С. 74-81
3. **Федотов С.А. 1972.** Энергетическая классификация Курило-Камчатских землетрясений и проблема магнитуд. М.: Наука. 117 с.
4. **Раутиан Т.Г., Халтурин В.И., Закиров М.Г., Земцова М.Г., Проскурин А.П., Пустовитенко Б.Г., Пустовитенко А.Н., Синельникова А.Г., Филина А.Г., Шенгелия И.С. 1981.** Экспериментальные исследования сейсмической коды М.: Наука. 142 с.