

КАМЧАТКА И КОМАНДОРСКИЕ ОСТРОВА

**В.Н. Чебров¹, Е.А. Матвеев¹, Е.И. Ромашева¹, А.Ю. Чеброва¹, С.Я. Дрознина¹,
С.В. Митюшкина¹, Е.И. Иванова¹, Е.М. Гусева¹, П.В. Воропаев¹, А.В. Ландер²**

¹ Камчатский филиал ГС РАН, г. Петропавловск-Камчатский, van@emsd.ru

² Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН,
г. Москва, land@mitp.ru

В 2010 г. работа по модернизации сети сейсмических станций была продолжена. Мероприятия были направлены на повышение надежности работы аппаратуры существующих станций, оснащение станций новым оборудованием, а также на расширение сети регистрирующих пунктов.

В течение года были открыты четыре новые станции: «Звездный», «Автодор», «Каменская», «Маяк»; шесть станций модернизированы: «Администрация_ПК», «Дачная», «Карымшина», «Налычево», «Петропавловск», «Русская». Станция «Каменское» 6 июня 2010 г. была закрыта.

Сведения о сейсмических станциях Камчатки приведены в [1], их расположение представлено на рис. 1. Параметры новых и модернизированных станций даны в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Сведения о сейсмических станциях, установленных и модернизированных Камчатским филиалом ГС РАН в 2010 г.

| Станция | | | Дата открытия/ модернизации станции | Координаты | | | Тип аппаратуры |
|------------------|-------|--------------|---|------------|---------|--------------------|--------------------------|
| Название | Код | | | φ°, N | λ°, E | h _y , м | |
| | межд. | рег. | | | | | |
| Дачная | | DCH | 18.02.2010 | 53.058 | 158.639 | 160 | Цифровая, GSR-24 |
| Администрация_ПК | | ADM | 04.03.2010 | 53.023 | 158.647 | 5 | Цифровая, GSR-24 |
| Петропавловск | PET | PET | 18.03.2010 | 53.023 | 158.65 | 100 | Телеметрия, IRIS, GSR-24 |
| Каменская* | KMSK | KAM, KAMR | 05.07.2010 | 62.467 | 166.206 | 40 | Цифровая, CMGCD-24 |
| Звездный | | SPZ | 13.07.2010 | 53.056 | 158.666 | 168 | Цифровая, GSR-24 |
| Автодор | | UK4 | 25.10.2010 | 56.234 | 162.520 | 5 | CMG-DM24 |
| Маяк | | MPPA | 18.11.2010 | 52.887 | 158.704 | 130 | Цифровая, Wi-Fi |
| Русская | RUS | RUS | 21.12.2010 | 52.432 | 158.513 | 125 | Телеметрия, цифр., Wi-Fi |
| Карымшина | KRMR | KRM | 22.12.2010 | 52.828 | 158.131 | 85 | CMG-DM24 |
| Налычево | NLC | NLC | 24.12.2010 | 53.172 | 159.348 | 6 | Телеметрия, цифр., Wi-Fi |

Примечание. * Код станции «Каменская» менялся в течение года: (KAM) – с 05.04.2010 г. по 07.12.2011 г.; (KAMR) – с 07.12.2010 г. по 09.02.2011 г.

Таблица 2. Данные об аппаратуре цифровых и телеметрических станций, установленных и модернизированных Камчатским филиалом ГС РАН в 2010 г.

| Название станции | Тип сейсмометра | Перечень каналов | Частотный диапазон, Гц | Частота опроса данных, Гц | Разрядность АЦП | Чувствительность, велосигграф – отсчет/(м/с), акселерограф – отсчет/(м/с ²) |
|------------------|-----------------|------------------|------------------------|---------------------------|-----------------|---|
| Автодор | CMG-5TD | HN (E, N, Z) a | 0–40 | 100 | 24 | 5.0·10 ⁵ |
| Администрация_ПК | CMG-5TD | HN (E, N, Z) a | 0–40 | 100 | 24 | 3.3·10 ⁵ |
| Дачная | CMG-5T | HN (E, N, Z) a | 0–40 | 100 | 24 | 6.3·10 ⁵ |
| Звездный | CMG-5T | HN (E, N, Z) a | 0–40 | 100 | 24 | 6.3·10 ⁵ |
| Каменская | CMG-6TD | BH (E, N, Z) v | 0.03–2.5 | 100 | 24 | 2.5·10 ⁹ |
| Карымшина | CMG-5TD | HN (E, N, Z) a | 0–40 | 100 | 24 | 3.2·10 ⁵ |
| | CMG-6TD | BH (E, N, Z) v | 0.033–40 | 100 | 24 | 2.5·10 ⁹ |

| Название станции | Тип сейсмометра | Перечень каналов | Частотный диапазон, Гц | Частота опроса данных, Гц | Разрядность АЦП | Чувствительность, велосиграф – отсчет/(м/с), акселерограф – отсчет/(м/с ²) |
|------------------|-----------------|------------------|------------------------|---------------------------|-----------------|--|
| Маяк | CMG-5TD | HN (E, N, Z) a | 0–40 | 100 | 24 | $5.0 \cdot 10^5$ |
| Налычево | CM-3 | SH (E, N, Z) v | 0.7–20 | 128 | 11 | $2.0 \cdot 10^7$ |
| | CM-3-вч | EH (Z) v | 4–20 | 128 | 11 | $3.7 \cdot 10^8$ |
| | CMG-5TD | HN (E, N, Z) a | 0–40 | 100 | 24 | $3.2 \cdot 10^5$ |
| Петропавловск | CM-3 | SH (E, N, Z) v | 0.7–20 | 128 | 11 | $2.0 \cdot 10^7$ |
| | CM-3-вч | EH (Z) v | 4–20 | 128 | 11 | $8.0 \cdot 10^8$ |
| | STS-1 V/VBB | BB (E, N, Z) v | 0.0027–10 | 20 | 24 | $1.0 \cdot 10^9$ |
| | CMG-5T | HN (E, N, Z) a | 0–40 | 100 | 24 | $5.0 \cdot 10^5$ |
| | FBA-23 | HN (E, N, Z) a | 0–40 | 80 | 24 | $5.3 \cdot 10^4$ |
| | GS-13 | SH (E, N, Z) v | 0.7–20 | 40 | 24 | $4.0 \cdot 10^9$ |
| | CMG-5TD | HN (E, N, Z) a | 0–40 | 100 | 24 | $3.2 \cdot 10^5$ |
| Русская | CM-3 | SH (E, N, Z) v | 0.7–20 | 128 | 11 | $1.1 \cdot 10^7$ |
| | CM-3-вч | EH (Z) v | 4–20 | 128 | 11 | $7.5 \cdot 10^8$ |
| | CMG-5TD | HN (E, N, Z) a | 0–40 | 100 | 24 | $3.2 \cdot 10^5$ |

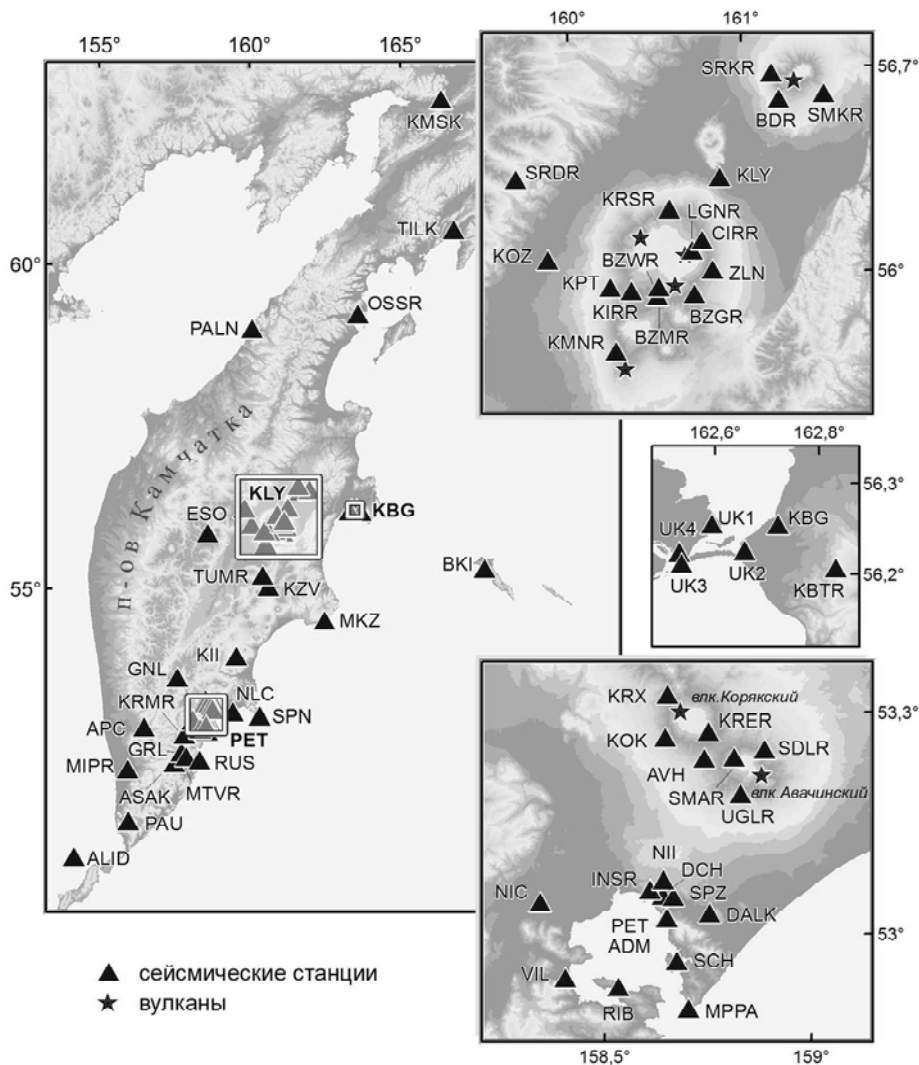


Рис. 1. Сеть сейсмических станций Камчатки в 2010 г. [1]

На основной части сейсмоактивной территории Камчатки расчетный уровень надежной регистрации в 2010 г. не изменился и составляет $K_{\min}=8.5$ [5].

В 2010 г. в работе Камчатской региональной сети произошли организационные преобразования, отразившиеся в некоторых изменениях процесса обработки землетрясений и создания

регионального каталога. В частности, изменилась группа аналитиков, создающих окончательный каталог, и программа обработки. С 2010 г. обработка сигналов цифровых сейсмических станций и расчет параметров гипоцентров и энергетических характеристик землетрясений производится при помощи программы DIMAS [2]. В программе существует возможность использования различных годографов и поиска решений гипоцентра выше уровня моря, необходимых для локации землетрясений из вулканических областей, которые включаются в региональный каталог, начиная с $K_S \geq 7.5$, а с $K_S \geq 8.6$ присутствуют в каталоге [3]. Детально вопрос перехода на новую методику обработки в 2010 г. рассматривается в отдельной статье наст. сб. [4].

В табл. 3 приведены оценки смещений основных параметров землетрясений с $K_S \geq 8.6$, полученные на материале 2009 г., специально обработанном параллельно по процедурам, максимально приближенным к старому и новому процессам создания каталога. Полученные расхождения для всего массива землетрясений с $K_S \geq 8.6$ находятся в пределах допустимых ошибок метода определения, заложенного в программах обработки данных. Как обычно, наибольшие расхождения отмечаются для событий, расположенных на краях области полигона регистрации землетрясений, где наблюдается меньшее число и точность определения землетрясений.

Таблица 3. Оценки расхождения параметров землетрясений с $K_S \geq 8.6$ ($N=789$), полученных на материале 2009 г., обработанного по процедурам, максимально приближенным к старому и новому процессам создания каталога.

| Параметры землетрясения | $ \overline{\Delta X} $ | $[\Delta X]_{0.5}$ | σ |
|-------------------------|-------------------------|--------------------|----------|
| t_0, c | 0.2 | 0.1 | 2.3 |
| $\varphi, ^\circ$ | 0.03 | 0 | 0.18 |
| $\lambda, ^\circ$ | 0.22 | 0.11 | 0.43 |

| Параметры землетрясения | $ \overline{\Delta X} $ | $[\Delta X]_{0.5}$ | σ |
|-------------------------|-------------------------|--------------------|----------|
| $h, км$ | 8 | 8 | 26 |
| K_S | 0.1 | 0 | 0.4 |

Примечание: $\overline{\Delta X}$ – среднее значение; $[\Delta X]_{0.5}$ – медиана; σ – среднеквадратичное отклонение; N – число землетрясений, участвующих в расчете.

Анализ сейсмичности в данной статье проводится по всем зарегистрированным Камчатской региональной сетью землетрясениям, начиная с $K_S \geq 8.6$

Всего в 2010 г. определены эпицентры 5168 землетрясений в энергетическом диапазоне $K_S=3.3-14.1$. В каталог [3] включены 1228 землетрясений с $K_S \geq 8.6$, из них 1091 находится внутри зоны ответственности сети КФ ГС РАН, 137 – за ее пределами. В каталоге присутствует 84 события из района влк. Кизимен, 47 из них имеют гипоцентр, расположенный выше уровня моря. Все вулканические землетрясения имеют соответствующий признак в отдельной графе каталога. Распределение землетрясений по энергетическим классам приведено в табл. 4, содержащей два ряда чисел: первый указывает число и суммарную энергию всех землетрясений, которые определены в Камчатском филиале, второй – только тех, что находятся внутри формальных границ ответственности сети КФ ГС РАН. Всего зарегистрировано 35 сильных ($K_S \geq 11.6$) землетрясений, из них 28 относится к Камчатскому региону.

Таблица 4. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_S и суммарная сейсмическая энергия ΣE в 2010 г.

| K_S | 3.3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14.1 | N_Σ | $\Sigma E, Дж$ |
|------------------------|-----|----|----|-----|------|------|-----|-----|-----|----|----|------|------------|----------------------|
| $N_{\text{всего}}$ | 3 | 17 | 95 | 731 | 1704 | 1390 | 758 | 331 | 104 | 19 | 13 | 3 | 5168 | $3.84 \cdot 10^{14}$ |
| $N_{\text{зона отв.}}$ | 3 | 17 | 95 | 731 | 1704 | 1390 | 721 | 257 | 85 | 16 | 10 | 2 | 5031 | $2.95 \cdot 10^{14}$ |

Уровень сейсмичности в регионе Камчатки и Командорских островов оценивался исходя из величины функции распределения F выделившейся в 2010 г. сейсмической энергии. Методика расчета функции распределения F и градации шкалы уровня сейсмичности «СОУС'09» описаны в [5, 6]. В 2010 г. суммарная энергия зарегистрированных в зоне ответственности КФ ГС РАН землетрясений составила $2.95 \cdot 10^{14}$ Дж. Функция распределения F выделившейся за год сейсмической энергии построена по данным за 1962–2010 гг. (рис. 2). Для 2010 г. $F=0.46 \pm 0.07$, что соответствует фоновому среднему уровню по шкале «СОУС'09».

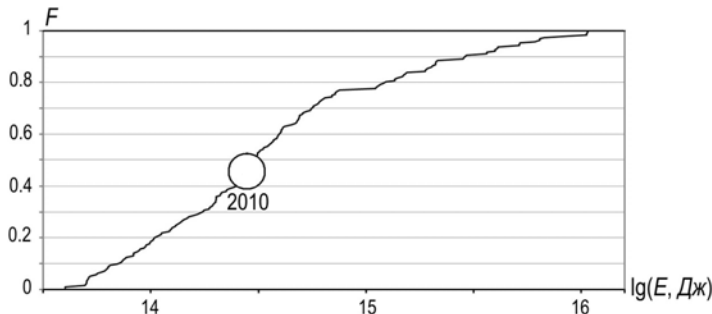


Рис. 2. Функция распределения F сейсмической энергии для региона Камчатки и Командорских островов

Кружком отмечено значение функции распределения F в 2010 г.; диаметр кружка равен величине погрешности определения F .

На рис. 3 а, б представлены ежесуточные числа N землетрясений с $K_S \geq 8.6$ и кумулятивный график выделившейся энергии ΣE . В среднем регистрируется 3–5 событий в день. Максимум на рис. 3 а с $N=33$ обязан серии афтершоков события (11) 30 июля в 03^h56^m с $K_S=14.1$, $M_w=6.5^1$ и $h=38$ км, произошедшего у восточного побережья Камчатки в поверхностном слое сейсмофокальной зоны Курил и Южной Камчатки [3]. Это же событие ответственно и за скачок на графике выделившейся сейсмической энергии (рис. 3 б).

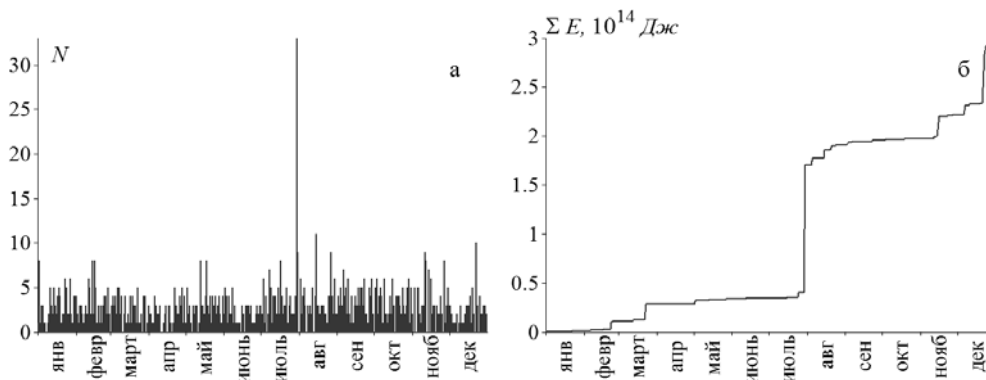


Рис. 3. Графики изменения во времени суточного числа N землетрясений с $K_S \geq 8.6$ (а) и выделившейся сейсмической энергии ΣE (б) в 2010 г. для зоны ответственности сети КФ ГС РАН

Землетрясение (11)² явилось сильнейшим событием года, локализованным в зоне ответственности сети КФ ГС РАН в 2010 г. Оно вызвало сотрясения с интенсивностью $I=4-5$ баллов на расстояниях до 200 км, в том числе в Петропавловске-Камчатском (151 км) [3].

Ниже (рис. 4) дана карта эпицентров всех землетрясений с $K_S \geq 8.6$ и вертикальные разрезы поля гипоцентров (поперечный $A-A'$ и продольный $B-B'$).

На территории Камчатского края, Северных Курил и Командорских островов в 2010 г. ощущалось 59 землетрясений ($K_S=8.9-14.1$) с интенсивностью I от 2 и до 5 баллов [3, 8]. По этим событиям были собраны 302 сообщения о землетрясениях из 61 пункта. Ощущались землетрясения в 40 пунктах [9].

Максимальная интенсивность сотрясений в 2010 г. составила $I_{max}=5$ баллов, и наблюдалась неоднократно. Дважды такая интенсивность зафиксирована на ГМС «Кроноки» ($\Delta=37$ км и $\Delta=32$ км соответственно) во время землетрясений 19 августа в 08^h45^m с $K_S=10.6$, $h=48$ км и 12 ноября в 06^h31^m с $K_S=12.4$, $M_w=5.0$, $h=71$ км, с эпицентрами в Кроноцком заливе вблизи мыса Козлова, на юге Кроноцкого полуострова. 5-балльные сотрясения наблюдались также в поселках Крутоберегово ($\Delta=16$ км) и Усть-Камчатск ($\Delta=22$ км) при землетрясении (18), зафиксированном 20 сентября в 02^h12^m с $K_S=11.7$, $M_s=3.9^3$, $h=27$ км. Такая же интенсивность отмечена на Тумрокских источниках ($\Delta=7$ км и $\Delta=12$ км соответственно [8]) от двух землетрясений, связанных с активизацией вулкана Кизимен [8]. Они произошли 27 ноября в 18^h56^m с $K_S=11.4$, $M_s=4.2$, $h=-2$ км и в 19^h29^m – с $K_S=11.8$, $M_s=4.9$, $h=4$ км.

¹ Здесь и далее $M_w=M_{wGCMT}$ из [7].

² Номера событий здесь и далее соответствуют таковым в каталоге [3].

³ Здесь и далее $M_s=M_{sISC}$ из [7].

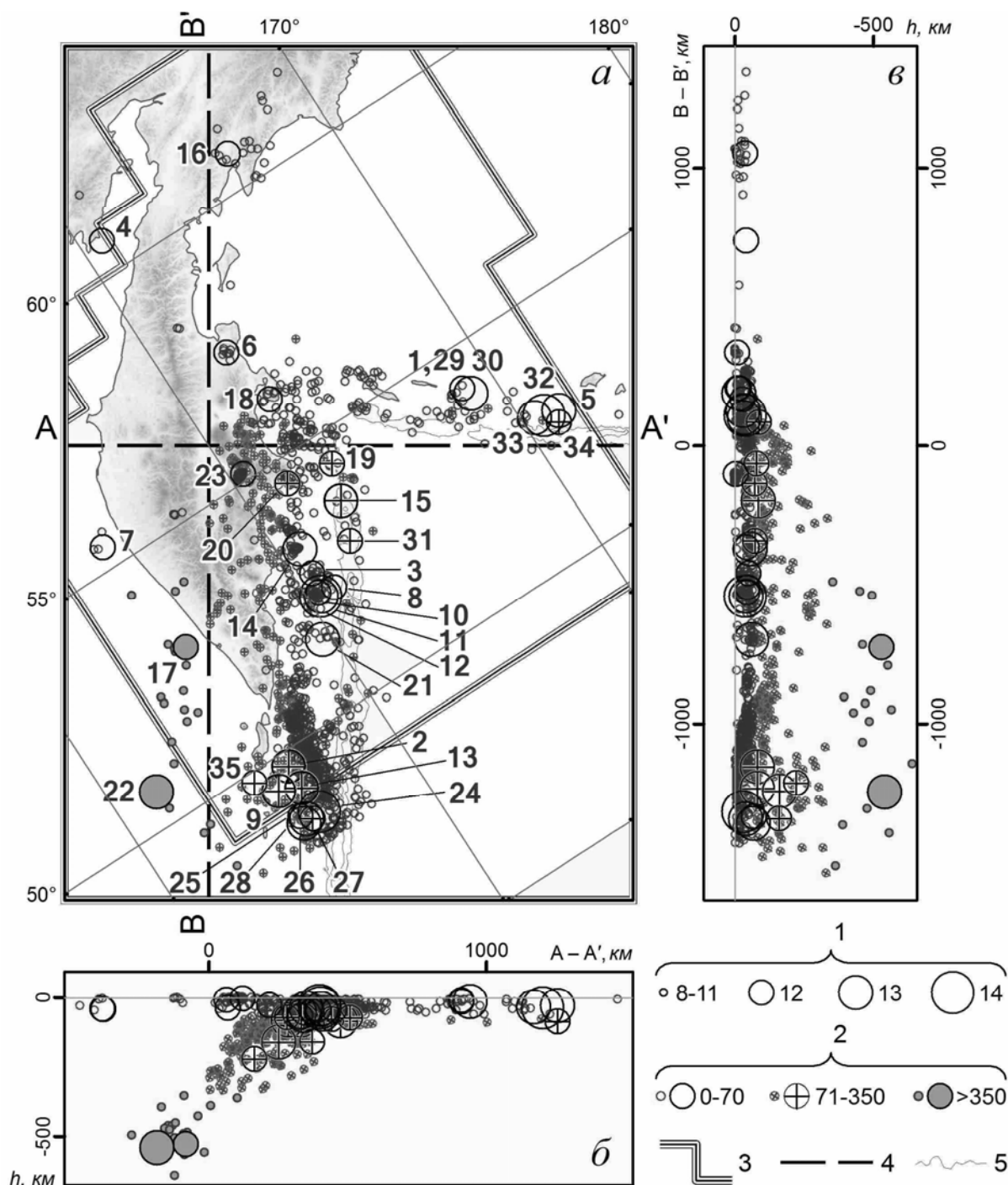


Рис. 4. Карта эпицентров землетрясений Камчатки с $K_S \geq 8.6$ (а) за 2010 г. и проекции на вертикальные плоскости А–А' (б) и В–В' (в)

1 – энергетический класс K_S ; 2 – глубина гипоцентра h , км; 3 – граница региона; 4 – линия вертикального разреза вкрест (А–А') и вдоль (В–В') фокальной зоны; 5 – изобаты 6000 и 7000 м; числа 1–35 соответствуют номерам сильных ($K_S \geq 11.6$) землетрясений в каталоге [3].

В г. Петропавловск-Камчатский сотрясения с интенсивностью I от 2 до 4–5 баллов ощущались в совокупности 16 раз от землетрясений разных классов в диапазоне $K_S = 9.6–14.1$ [8].

Механизмы очагов [11] определены по знакам первых вступлений объемных волн для 29 землетрясений с $K_S \geq 11.6$ по программе FA2011 (усовершенствованная программа FA2002 [12, 13]). Использовались данные региональных станций и знаки вступлений P -волн из бюллетеней: NEIC [14], ГС РАН [15] и ISC [7]. Из распределения землетрясений по типам подвижек в табл. 5 виден ежегодно преобладающий тип – взбросо-сдвиг (40 % событий).

Таблица 5. Распределение сильных землетрясений Камчатки и Командорских островов 2010 г. по типам подвижек в их очагах

| Тип подвижки по классификации [10] | Номера землетрясений по [3] | N_i | N_i/N_{Σ} , % |
|------------------------------------|--|-------|----------------------|
| Сбросо-сдвиг | 2, 3, 6, 8, 9, 13, 15, 17, 21, 32, 35 | 11 | 32 |
| Взбросо-сдвиг | 10, 11, 12, 14, 18, 20, 24, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 34 | 14 | 40 |
| Сдвиг | 1, 5 | 2 | 6 |
| Сброс | 19, 22 | 2 | 6 |
| Не определен | 4, 7, 16, 23, 25, 26 | 6 | 17 |
| Сумма | | 35 | 100 |

Рассмотрим особенности сейсмического процесса региона по 10 зонам и их слоям, перечисленным в графах 2, 3 табл. 6 (подробное описание зон см. в [16, 17]). В 2013 г. границы зон были несколько пересмотрены. Основные изменения относятся к Сейсмофокальной зоне Курил и Южной Камчатки и северной части Камчатской сейсмофокальной зоны. Новые границы опубликованы в сборнике «Землетрясения России в 2013 году» [17]. В таблице 6 представлены значения, полученные с учетом новых границ как для 2010 г., так и за весь период инструментальных наблюдений с 1962 г. по 2009 г. Статистические характеристики землетрясений по зонам приведены на двух энергетических срезах – $K_S \geq 8.6$ и $K_S \geq 11.6$. Они сравниваются с соответствующими средними значениями за период с 1962 г. по 2009 г. При этом учитывались лишь землетрясения, входящие в зону ответственности КФ ГС РАН. Сравнение табл. 6 этого сборника с аналогичными таблицами прошлых лет (в рамках прежних границ зон) некорректно.

Таблица 6. Распределение числа землетрясений с $K_S \geq 8.6$ и $K_S \geq 11.6$, а также выделенной энергии по зонам за 2010 г. в сопоставлении с их средними оценками за период 1962–2009 гг. внутри границ региона Камчатки и Командорских островов

| № | Зона | Слой | Средние значения за 1962–2009 гг. | | | | Значения за 2010 г. | | | |
|----|--|------|-----------------------------------|--------------------|----------------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------|----------------------------|------------------------------|
| | | | N ($K_S \geq 8.6$) | N/N_{Σ} , % | N ($K_S \geq 11.6$) | ΣE , 10^{14} Дж | N ($K_S \geq 8.6$) | N/N_{Σ} , % | N ($K_S \geq 11.6$) | ΣE , 10^{14} Дж |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | Сейсмофокальная зона Курил и Южной Камчатки | I | 164 | 18.3 | 9 | 1.26 | 309 | 28.3 | 1 | 0.22 |
| | | II | 42 | 4.7 | 2 | 0.56 | 126 | 11.5 | 4 | 0.21 |
| | | III | 6 | 0.7 | <1 | 1.42 | 16 | 1.5 | 1 | 0.03 |
| 2 | Северная часть Камчатской сейсмофокальной зоны | I | 370 | 41.2 | 14 | 1.59 | 246 | 22.5 | 6 | 1.42 |
| | | IIa | 85 | 9.4 | 2 | 2.61 | 104 | 9.5 | 2 | 0.05 |
| | | IIIa | <1 | <0.1 | <1 | 0.02 | | | | |
| 3 | Командорский сегмент Алеутской дуги | I | 114 | 12.7 | 5 | 1.23 | 103 | 9.4 | 7 | 0.87 |
| | | II | 1 | 0.1 | <1 | <0.01 | 5 | 0.5 | 1 | 0.03 |
| 4 | Тихий океан | I | 51 | 5.7 | 1 | 0.11 | 41 | 3.8 | | <0.01 |
| | | II | <1 | <0.1 | <1 | <0.01 | 10 | 0.9 | 2 | 0.05 |
| 5 | Северные Курилы | I | 2 | 0.2 | | <0.01 | 1 | <0.1 | | <0.01 |
| 6 | Континентальные области Камчатки | I | 41 | 4.5 | <1 | 0.11 | 100 | 9.2 | 2 | 0.05 |
| 7 | Корякский сейсмический пояс | I | 19 | 2.1 | <1 | 1.73 | 23 | 2.1 | 1 | 0.01 |
| | | II | <1 | <0.1 | | <0.01 | 1 | <0.1 | | <0.01 |
| 8 | Берингово море | I | <1 | <0.1 | | <0.01 | | | | |
| 9 | Залив Шелихова | I | 1 | 0.1 | <1 | <0.01 | 2 | 0.2 | | <0.01 |
| 10 | Охотия | I | <1 | <0.1 | <1 | <0.01 | 4 | 0.4 | 1 | <0.01 |
| | Всего | | 897 | 100 | 35 | 10.6 | 1091 | 100 | 28 | 2.95 |

Примечание. Для зон № 1 и № 2 в графе 3 цифрами I, II и III обозначены поверхностный ($0 \leq h \leq 70$ км), промежуточный ($70 < h \leq 350$ км) и глубокий ($h > 350$ км) слои соответственно; зона № 2 имеет границы зон промежуточного ($70 < h \leq 380$ км) и глубокого ($h > 380$ км) слоев, отличные от других; они обозначаются как IIa и IIIa соответственно.

Далее проведем обзор сейсмичности региона отдельно по зонам.

Сейсмофокальная зона Курил и Южной Камчатки № 1 превысила свой среднегодовой фон сейсмичности по числу землетрясений в два раза (табл. 6). Здесь реализовалось чуть меньше половины ($N=451$) из зарегистрированных землетрясений в пределах зоны ответственности КФ ГС РАН с $K_S \geq 8.6$. События распределились по трем глубинным сейсмическим слоям следующим образом: поверхностные – $N=309$ (28.3 %), промежуточные – $N=126$ (11.5 %) и глубокие – $N=16$ (1.5 %). Зафиксировано 6 сильных землетрясений с $K_S \geq 11.6$ (рис. 5).

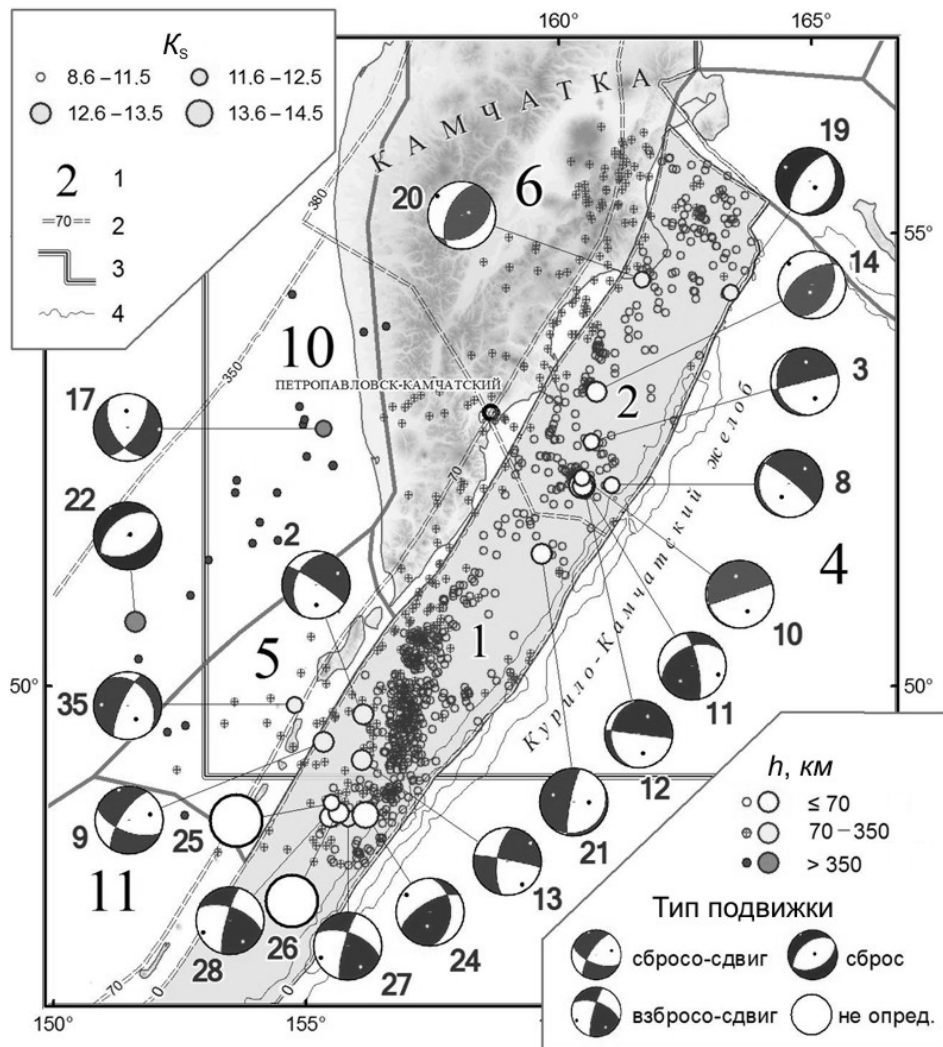


Рис. 5. Карта эпицентров и стереограммы механизмов очагов землетрясений Курило-Камчатской зоны субдукции (зоны № 1 и № 2) за 2010 г.

1 – номер зоны из табл. 6; 2 – граница зоны (обозначениями: =0=, =70=, =350(380)= показаны границы слоев с $h=0$, $h=70$, $h=350$ или 380 км соответственно, в зонах № 1 и № 2); 3 – граница региона; 4 – изобаты 6000 и 7000 м; число возле стереограммы соответствует номеру землетрясения в каталоге [3].

В **зоне № 1** произошло 11 ощутимых землетрясений (3 события вне зоны ответственности КФ ГС РАН) с $K_S=9.5-13.7$ и интенсивностью сотрясений I от 2 до 4–5 баллов [8]. Максимальные сотрясения $I_{\max}=4-5$ баллов были зарегистрированы на РНС Подгорная ($\Delta=85$ км) во время землетрясения 17 января в 10^{14} м с $K_S=11.0$, $h=26$ км.

В поверхностном слое сейсмофокальной зоны Курил и Южной Камчатки в 2010 г. зафиксировано сильное ($K_S=13.3$, $M_w=5.4$) землетрясение (21), произошедшее 16 ноября в 10^{10} м на глубине $h=61$ км. Оно возникло в условиях преобладания растягивающих напряжений, ориентированных в запад–северо-западном направлении. Тип движения по обеим плоскостям – сброс с компонентами сдвига. Землетрясение ощущалось с интенсивностью $I_{\max}=4$ балла в поселках Паратунка и Термальный (193 км); 3 балла – в г. Петропавловск-Камчатский (186 км) и в Николаевке (198 км).

В промежуточном слое произошло 126 землетрясений с $K_S \geq 8.6$, что в три раза больше среднегодового показателя. Четыре события (2, 9, 13 и 35) имели $K_S \geq 11.6$, два из которых были ощутимыми.

Событие (2) 23 февраля в 10^h43^m с $K_S=12.9$, $M_w=5.3$, $h=82$ км ощущалось с интенсивностью $I_{\max}=2-3$ балла в г. Северо-Курильск ($\Delta=109$ км), 2 балла – на мысе Лопатка (136 км). Землетрясение возникло под действием превалирующих растягивающих напряжений, ориентированных в восток–северо-восточном направлении [11]. Тип подвижки по крутопадающей плоскости – сброс с компонентами правостороннего сдвига. Движение по нодалной плоскости $NP2$ представлено левосторонним сдвигом с элементами сброса.

Событие (9) 25 июля в 12^h56^m с $K_S=12.7$, $M_w=5.6$, $h=161$ км ощущалось в двух пунктах: с интенсивностью $I_{\max}=3-4$ балла на маяке Круглый ($\Delta=364$ км) и 2 балла – в г. Северо-Курильск ($\Delta=153$ км). Землетрясение возникло под действием преимущественно растягивающих напряжений, ориентированных в север–северо-западном направлении. Тип движения по обеим нодалным плоскостям – сдвиги с компонентой сброса [11].

Событие (13), произошедшее 5 августа в 19^h03^m с $K_S=12.8$ и $M_w=5.0$ на глубине $h=81$ км, возникло под действием почти равных по величине растягивающих и сжимающих напряжений [11], ориентированных в северо-восточном и юго-восточном направлениях соответственно. Обе нодалные плоскости залегают достаточно круто. Тип движения по обеим плоскостям – сдвиги с компонентами сброса.

Землетрясение (35) 30 декабря в 19^h56^m с $K_S=11.9$, $M_w=5.0$, $h=222 \pm 27$ км возникло под действием напряжений растяжения, ориентированных на запад. Тип подвижки по крутопадающей плоскости – сброс с компонентами левостороннего сдвига. Движение по нодалной плоскости $NP2$ представлено правосторонним сдвигом с элементами сброса [11].

В глубоком слое было зафиксировано 15 событий $K_S \geq 8.6$, из них одно (17) сильное – с $K_S \geq 11.6$.

Землетрясение (17) 3 сентября в 04^h13^m с $K_S=12.4$, $h=528$ км возникло под действием растягивающих напряжений, ориентированных в восточном направлении. Обе нодалные плоскости залегают достаточно круто. Тип движения в очаге – сдвиги по обеим плоскостям с компонентами сброса.

В северной части Камчатской сейсмофокальной зоны № 2 произошло 350 (32.0 % всех событий) землетрясений с $K_S \geq 8.6$ (рис. 5), из них 22.5 % поверхностных ($N=246$), 9.5 % – промежуточных ($N=104$). В глубоком слое в 2010 г. землетрясений не было. Восемь событий (3, 8, 10, 11, 12, 14, 19 и 20) имели $K_S \geq 11.6$, семь из них были ощутимыми. Всего в зоне № 2 зафиксировано 26 ощутимых землетрясений с $K_S=8.9-14.1$ и интенсивностью сотрясений I от 2 до 5 баллов [8]. Максимальные сотрясения $I_{\max}=5$ баллов были зарегистрированы 12 ноября в 06^h31^m на ГМС Кроноки ($\Delta=32$ км) при землетрясении с $K_S=12.4$, $h=71$ км.

В поверхностном слое северной части Камчатской сейсмофокальной зоны произошли шесть сильных ($K_S \geq 11.6$) событий (3, 8, 10, 11, 12 и 14), три из которых (10, 11 и 12) были локализованы в одном районе и произошли в один день 30 июля.

Землетрясение (3) 13 марта в 21^h42^m с $K_S=12.1$, $M_w=5.3$, $h=49$ км возникло под действием равных по величине напряжений сжатия и растяжения, ориентированных в направлениях юг–юго-восток и на север соответственно. Тип движения по $NP1$ – вертикальный сброс с элементами правостороннего сдвига, по $NP2$ – левосторонний сдвиг [11]. Это событие имело макросейсмическое проявление с $I_{\max}=3-4$ балла в пунктах р. Карымшина (стационар КФ ГС РАН) ($\Delta=169$ км) и на Мутновской геотермальной электростанции ($\Delta=177$ км); 2–3 балла – в г. Петропавловск-Камчатский ($\Delta=138$ км). Было зарегистрировано три его афтершока с $8.8 \leq K_S \leq 9.8$ в поверхностном слое ($h=51, 34$ и 27 км) и один – в промежуточном ($h=78$ км) [3].

Землетрясение (8) 15 июля в 20^h28^m с $K_S=11.7$, $h=45$ км возникло под действием превалирующих по величине растягивающих напряжений, ориентированных в северо-восточном направлении.

Событие (11) 30 июля в 03^h56^m стало самым сильным ($K_S=14.1$, $M_w=6.5$) землетрясением в 2010 г. Началось землетрясение с достаточно сильного ($K_S=11.6$, $M_s=3.6$) форшока (10), реализовавшегося 30 июля в 01^h48^m с $h=44$ км под действием близких по величине напряжений сжатия и растяжения [11]. Тип движения по крутопадающей плоскости в его очаге – вертикальный взброс с элементами правостороннего сдвига, по пологой – левосторонний сдвиг (рис. 5). Оно ощущалось в г. Петропавловск-Камчатский ($\Delta=146$ км) с интенсивностью $I_{\max}=2-3$ балла.

Через два часа (в 03^h56^m) произошел основной толчок с $K_S=14.1$, $M_w=6.5$, $h=38$ км напротив Авачинского залива, на западном склоне Курило-Камчатского глубоководного желоба, в 150 км от г. Петропавловск-Камчатский, где вызвало колебания с $I_{\max}=4-5$ баллов. Афтершоковая последовательность события (11) состояла из 49 землетрясений с $K_S=8.6-12.6$, индексированных в каталоге [3]. Их эпицентральная зона имеет форму эллипса и простирается с северо-запада на юго-восток с главным событием в юго-восточной части (рис. 6).

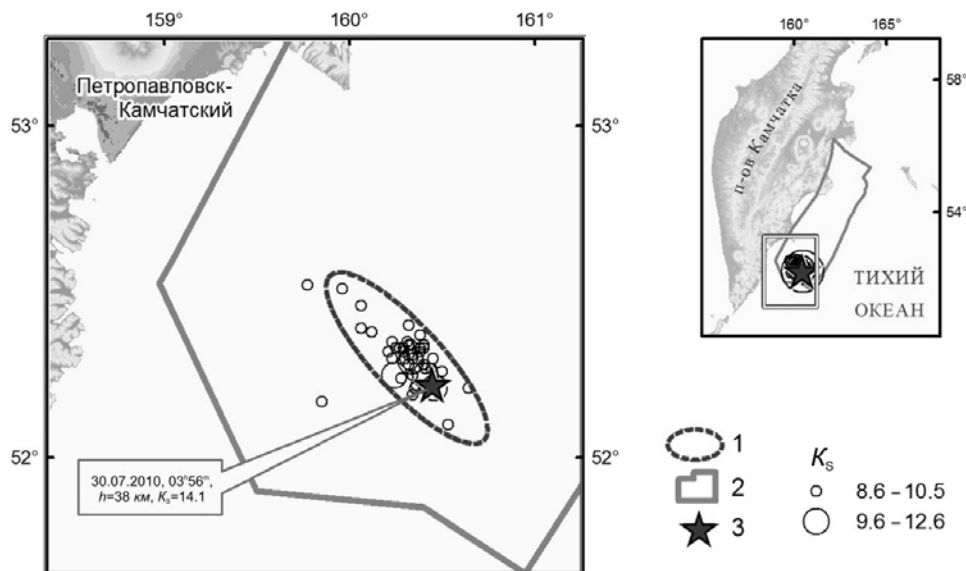


Рис. 6. Схема расположения эпицентра землетрясения (11), произошедшего 30 июня в 03^h56^m с $K_S=11.6$, и его афтершоков с энергетическими классами $K_S \geq 8.6$.

K_S – энергетический класс; 1 – граница эпицентральной зоны; 2 – граница северной части Камчатской сейсмофокальной зоны № 2 [17]; 3 – эпицентр главного толчка (11) [3].

Главное событие (11) проявилось с интенсивностью сотрясений до 4–5 баллов в девяти населенных пунктах, расположенных вдоль побережий Авачинского и Кроноцкого заливов. Землетрясение ощущалось на восточном побережье Камчатки начиная от Кроноцкого полуострова ($\Delta=271$ км, $I=4$) и до крайнего юга Камчатки, а далее до г. Северо-Курильск ($\Delta=348$ км, $I=2$) на о. Парамушир [8]. Очаг землетрясения возник под действием напряжений сжатия, ориентированных на юго-восток [11]. Нодальная плоскость $NP1$ крутая ($DP_1=76^\circ$) и простирается в север–северо-западном направлении. Вторая плоскость более пологая ($DP_2=43^\circ$), ее простираение запад–юго-западное ($STK_2=243^\circ$). Движение по крутопадающей плоскости – взброс с компонентами левостороннего сдвига. По нодальной плоскости $NP2$ произошел правосторонний сдвиг (с компонентами взброса).

Землетрясение (12), ставшее максимальным афтершоком события (11), реализовалось 30 июля в 04^h28^m с $K_S=12.6$, $M_w=5.4$, $h=40$ км. Оно возникло под действием близких по величине напряжений растяжения и сжатия. Тип движения по крутопадающей плоскости – вертикальный взброс с элементами правостороннего сдвига, по пологой – левосторонний сдвиг. Ощущалось в г. Петропавловск-Камчатский ($\Delta=152$ км), г. Вилючинск ($\Delta=158$ км) и пос. Паратунка ($\Delta=172$ км) с интенсивностью $I_{\max}=2-3$ балла.

15 августа в 02^h10^m произошло землетрясение (14) с $K_S=12.9$, $M_w=5.5$, $h=56$ км, $I_{\max}=4-5$ баллов на ГМС Кроноки ($\Delta=156$ км). В г. Петропавловск-Камчатский ($\Delta=142$ км) оно ощущалось с интенсивностью $I=3-4$ балла. Землетрясение возникло под действием превалярующего по величине напряжения сжатия, ориентированного на северо-запад. Тип движения по обеим плоскостям – взбросы с компонентой правостороннего сдвига по $NP1$ и левостороннего – по $NP2$ [11]. За этим событием последовала серия из 14 афтершоков с $8.7 \leq K_S \leq 11.4$, индексированных в [3].

В промежуточном слое северной части Камчатской сейсмофокальной зоны произошло два сильных и ощутимых землетрясения: (19) – 23 сентября в 17^h13^m, с $K_S=12.0$, $M_w=5.1$, $h=78$ км; (20) – 12 ноября в 06^h31^m с $K_S=12.4$, $M_w=5.0$, $h=71$ км. Это были одиночные события, без последующих афтершоков.

Событие (19), ощущавшееся в единственном пункте ГМС Кроноки ($\Delta=145$ км) с интенсивностью сотрясения $I_{\max}=2$ балла, возникло под действием растягивающих напряжений, ориентированных в направлении северо-запад. Обе нодальные плоскости простираются в направлении юго-запад – северо-восток. Тип движения по обеим плоскостям – сбросы с компонентами левостороннего сдвига по $NP1$ и правостороннего – по $NP2$.

Событие (20) характеризуется максимальной в 2010 г. сотрясаемостью $I_{\max}=5$ баллов. Такая интенсивность наблюдалась на ГМС Кроноки ($\Delta=32$ км). Меньшая интенсивность $I=4-5$ баллов отмечена на ГМС Семячки ($\Delta=115$ км) и 3 балла – в г. Петропавловск-Камчатский ($\Delta=255$ км). Землетрясение возникло под действием сжимающих напряжений, ориентированных в направлении северо-запад. Обе нодальные плоскости простираются в направлении юго-запад – северо-восток. Тип движения по обеим плоскостям – взбросы с компонентами сдвига [11].

В **Командорском сегменте Алеутской дуги (зона № 3)** произошло 108 землетрясений с $K_S \geq 8.6$ (рис. 7), восемь событий (1, 5, 18, 29, 30, 32–34) имеют $K_S \geq 11.6$, семь из которых реализовались в поверхностном слое и одно – в промежуточном. В зоне № 3 зафиксировано 8 ощутимых землетрясений с $K_S=9.2-11.7$ и интенсивностью сотрясений I от 2 до 5 баллов [3, 8].

Землетрясение (18) произошло 20 сентября в 02^h12^m с $K_S=11.7$, $M_S=3.9$, $h=27$ км. Оно ощущалось с интенсивностью $I_{\max}=5$ баллов в поселках Крутоберегово ($\Delta=16$ км) и Усть-Камчатск ($\Delta=22$ км). В его очаге преобладали напряжения сжатия, ориентированные на северо-запад. По крутопадающей плоскости произошел взброс с левосторонней сдвиговой компонентой, по более пологой $NP2$ – левосторонний сдвиг с компонентой взброса [11].

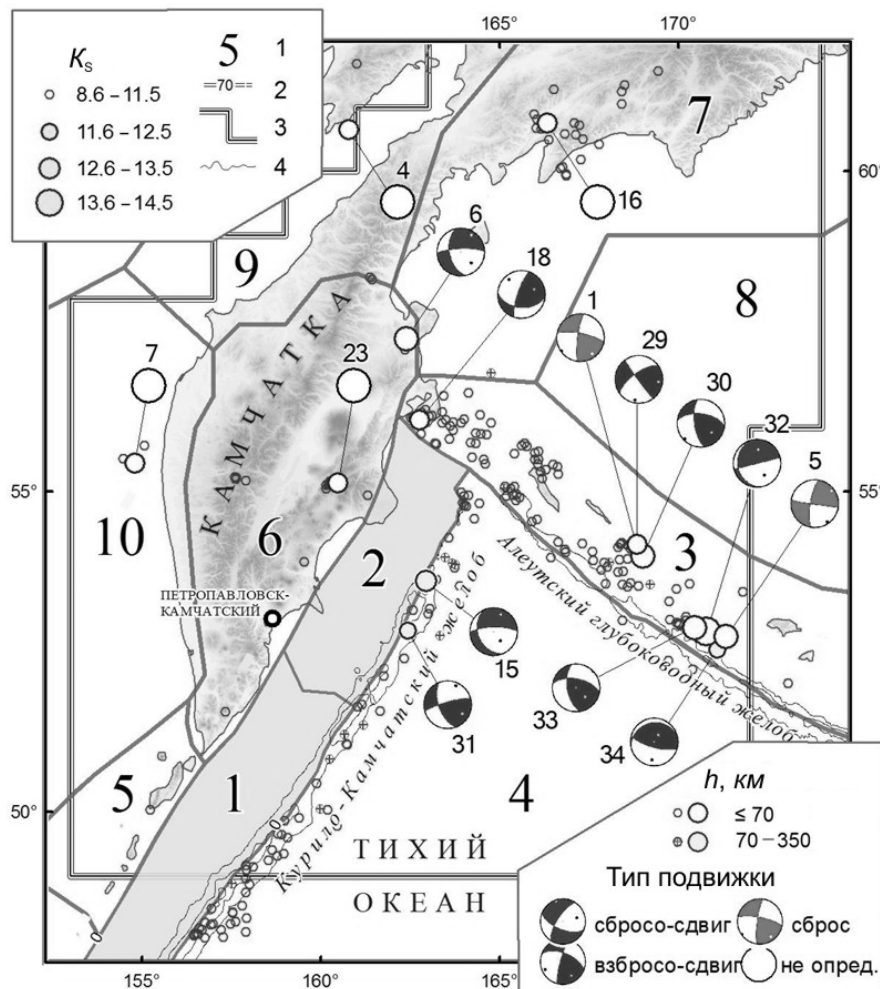


Рис. 7. Карта эпицентров землетрясений зон № 3–№ 10 за 2010 г.

1 – номер зоны из табл. 6; 2, 3 – граница зоны и региона соответственно; 4 – изобаты 6000 и 7000 м; число возле стереограммы соответствует номеру землетрясения в каталоге [3].

В Тихом океане (зона № 4) за 2010 г. произошло 51 землетрясение с $K_S \geq 8.6$ [3], из которых два сильных события – (15) и (31) – зарегистрированы 21 августа в $00^{\text{h}}54^{\text{m}}$ с $K_S=12.6$, $M_w=5.2$, $h=84$ км и 11 декабря в $10^{\text{h}}49^{\text{m}}$ с $K_S=11.9$, $M_w=5.0$, $h=74$ км соответственно. Они локализованы в промежуточном слое зоны № 4. Землетрясение (15) возникло под действием напряжений растяжения, ориентированных в северо-восточном направлении. Ось напряжения сжатия ориентирована на юго-восток. Нодальная плоскость $NP1$ имеет субширотное простираание ($STK=269^\circ$) и крутой ($DP=74^\circ$) угол падения. Нодальная плоскость $NP2$ более пологая ($DP=35^\circ$), простирается в близмеридиональном направлении ($STK=155^\circ$). Тип движения – сброс с компонентами правостороннего сдвига по $NP1$ и левосторонний сдвиг с элементами сброса – по $NP2$. Землетрясение (31) возникло под действием превалирующих по величине сжимающих напряжений, ориентированных в север–северо-восточном направлении. Обе нодальные плоскости имеют довольно крутые углы падения ($DP=80^\circ$ и 59°). Плоскость разрыва $NP1$ простирается в субширотном направлении ($STK=254^\circ$), вторая нодальная плоскость $NP2$ ориентирована в субмеридиональном направлении ($STK=159^\circ$). Тип подвижки по обеим плоскостям – сдвиги с компонентами взброса (левостороннего по $NP1$ и правостороннего по $NP2$).

В континентальных областях Камчатки (зона № 6) зафиксировано 100 землетрясений с $K_S=8.6-12.5$ [3] (рис. 7), из них 84 события из района влк. Кизимен. Два события (6 и 23) имели $K_S \geq 11.6$, все землетрясения реализовались в поверхностном слое. Четыре события с $11.2 \leq K_S \leq 12.5$ ощущались с интенсивностью I от 2 до 5 баллов.

Землетрясение (6) возникло 2 мая в $06^{\text{h}}23^{\text{m}}$ с $K_S=12.5$, $M_w=5.4$, $h=8$ км под действием растягивающих напряжений, ориентированных в северо-восточном ($AZM=32^\circ$) направлении. Тип движения по обеим плоскостям – сдвиги с компонентами сброса. Это событие ощущалось только в селе Ивашка ($\Delta=129$ км) с интенсивностью $I=3$ балла. Зарегистрировано восемь его афтершоков с $8.6 \leq K_S \leq 11.1$.

Три из четырех ощутимых землетрясений локализованы в постройке влк. Кизимен и связаны с его активизацией. Два наиболее сильных события 27 ноября в $18^{\text{h}}56^{\text{m}}$ с $K_S=11.4$, $M_s=4.2$ и (23) 27 ноября в $19^{\text{h}}29^{\text{m}}$ с $K_S=11.8$, $M_w=5.1$, $h=4$ км ощущались с интенсивностью сотрясений $I_{\text{max}}=5$ баллов в ближайшем от вулкана пункте ист. Тумрокские ($\Delta=7$ и 12 км).

В Корьякском сейсмическом поясе (зона № 7) произошло 24 землетрясения с $K_S \geq 8.6$, в поверхностном слое локализованы 23 события, одно – в промежуточном. Единственное сильное ($K_S=11.7$, $M_s=3.4$) землетрясение (16), зафиксированное в зоне 2 сентября в $21^{\text{h}}47^{\text{m}}$ с $h=38$ км, проявилось с интенсивностью сотрясений $I_{\text{max}}=4$ балла в пункте Ледяное ($\Delta=28$ км), $I=3-4$ балла – в пос. Тиличики ($\Delta=38$ км), $I=3$ балла – в пос. Корф ($\Delta=45$ км). Всего в зоне № 7 ощущалось шесть событий ($K_S=10.6-11.7$) с интенсивностью сотрясений от 2 до 4–5 баллов.

В зоне Охотия (№ 10) отмечено 4 события $K_S=9.2-11.6$, локализованные в поверхностном слое. Единственное сильное ($K_S=11.6$, $M_s=3.9$, $h=43.5 \pm 33$ км) землетрясение (7), зафиксированное в зоне 13 мая в $13^{\text{h}}56^{\text{m}}$ с $h=43$ км, ощущалось с интенсивностью $I=4$ балла лишь в одном пункте – пос. Ича ($\Delta=75$ км). Механизм очага для него не определен в связи с малой представительностью данных.

В Заливе Шелихова (№ 9) зафиксировано два землетрясения с близкими эпицентрами: 23 августа в $22^{\text{h}}32^{\text{m}}$ на глубине $h=6$ км с $K_S=11.4$, которое ощущалось с интенсивностью $I_{\text{max}}=3-4$ балла в пос. Палана ($\Delta=122$ км), 3 балла – в пос. Ивашка ($\Delta=56$ км), и близповерхностное ($h=0$ км) событие 25 августа в $18^{\text{h}}17^{\text{m}}$ с $K_S=10.2$

В зоне Северные Курилы (№ 5) 3 июля в $00^{\text{h}}16^{\text{m}}$ произошло одно слабое ($K_S=8.9$) землетрясение. Зона Берингово море (№ 8) в 2010 г. была асейсмична, так же как и ранее [5]. Для этих зон низкая сейсмическая активность является типичной.

В 2010 г. сетью цифровых акселерографов [18] получена 251 запись **сильных движений грунта** с пиковым ускорением $a_{\text{пик}} \geq 0.5$ см/с². В табл. 7 приведен список из 22 землетрясений с пиковым ускорением $a_{\text{пик}} \geq 2.5$ см/с². В табл. 8 приведены пиковые значения ускорений и скоростей для каждого землетрясения из табл. 7 для той станции, которая записала это землетрясение с наибольшей амплитудой. Значения пиковых скоростей получены путем интегрирования записей ускорений.

Таблица 7. Параметры землетрясений 2010 г. с пиковыми ускорениями $a_{\text{пик}} \geq 2.5 \text{ см/с}^2$

| № | Дата, д м | t_0 ч мин с | Эпицентр | | h , км | K_S | M_w | № | Дата, д м | t_0 ч мин с | Эпицентр | | h , км | K_S | M_w |
|----|--------------|------------------|---------------------|---------------------|-------------|-------|-------|-------|--------------|------------------|---------------------|---------------------|-------------|-------|-------|
| | | | φ° , N | λ° , E | | | | | | | φ° , N | λ° , E | | | |
| 1 | 14.01 | 06 40 21 | 52.60 | 159.12 | 60 | 10.7 | 12 | 30.07 | 04 28 01 | 52.21 | 160.46 | 40 | 12.6 | 5.4 | |
| 2 | 17.01 | 23 19 49 | 55.08 | 165.14 | 46 | 11.3 | 13 | 05.08 | 19 03 59 | 49.18 | 156.09 | 81 | 12.8 | 5.0 | |
| 3 | 22.01 | 07 40 19 | 50.17 | 157.15 | 60 | 10.8 | 14 | 02.09 | 21 47 14 | 60.74 | 166.33 | 38 | 11.7 | | |
| 4 | 14.02 | 21 40 35 | 50.23 | 157.09 | 40 | 9.9 | 15 | 03.09 | 07 53 49 | 52.49 | 159.19 | 60 | 10.4 | | |
| 5 | 23.02 | 10 43 10 | 49.69 | 156.12 | 82 | 12.9 | 5.3 | 16 | 06.09 | 15 32 01 | 60.68 | 166.01 | 36 | 11.3 | |
| 6 | 27.02 | 01 17 35 | 52.41 | 159.18 | 61 | 10.8 | | 17 | 06.09 | 19 40 29 | 60.80 | 166.03 | 40 | 11.3 | |
| 7 | 17.05 | 13 04 44 | 54.95 | 165.47 | 53 | 11.1 | | 18 | 20.09 | 02 12 21 | 56.11 | 162.77 | 27 | 11.7 | |
| 8 | 27.05 | 03 45 45 | 49.36 | 156.97 | 41 | 11.3 | | 19 | 29.09 | 02 00 31 | 56.12 | 163.49 | 20 | 11.2 | |
| 9 | 10.06 | 18 38 43 | 56.22 | 162.81 | 22 | 10.8 | | 20 | 16.11 | 10 10 44 | 51.46 | 159.65 | 61 | 13.3 | 5.4 |
| 10 | 25.07 | 12 56 58 | 49.38 | 155.33 | 161 | 12.7 | 5.6 | 21 | 30.11 | 17 54 45 | 48.58 | 156.16 | 30 | 13.7 | 5.7 |
| 11 | 30.07 | 03 56 10 | 52.22 | 160.45 | 38 | 14.1 | 6.3 | 22 | 26.12 | 06 35 05 | 50.59 | 157.69 | 42 | 10.0 | |

Таблица 8. Пиковые ускорения и скорости землетрясений из табл. 7 для той станции, которая записала это землетрясение с наибольшей амплитудой

| № | Дата, д м | t_0 , ч мин с | Код* станции | Δ , км | R , км | K_S | Амплитуда $a_{\text{пик}}, \text{ см/с}^2$ | | | Скорость $v_{\text{пик}}, \text{ см/с}$ | | |
|----|--------------|--------------------|-----------------|------------------|-------------|-------|--|-------|-------|---|--------|---------|
| | | | | | | | Компонента | | | Компонента | | |
| | | | | | | | N | E | Z | N | E | Z |
| 1 | 14.01 | 06 40 21 | DAL | 54 | 80.6 | 10.7 | 5.02 | 3.92 | 1.62 | 0.135 | 0.0755 | 0.0345 |
| 2 | 17.01 | 23 19 49 | BKI | 55 | 71.5 | 11.3 | 3.69 | 2.84 | 2.07 | 0.112 | 0.0678 | 0.0452 |
| 3 | 22.01 | 07 40 19 | SKR | 92 | 110 | 10.9 | 3.51 | 3.19 | 1.44 | 0.0524 | 0.0731 | 0.0186 |
| 4 | 14.02 | 21 40 35 | SKR | 85 | 93.6 | 9.9 | 2.87 | 2.67 | 1.36 | 0.0413 | 0.0333 | 0.0161 |
| 5 | 23.02 | 10 43 10 | SKR | 109 | 136 | 12.9 | 3.64 | 3.51 | 1.29 | 0.0814 | 0.109 | 0.0432 |
| 6 | 27.02 | 01 17 35 | RIB | 71 | 93.7 | 10.9 | 3.89 | 3.55 | 1.86 | 0.123 | 0.0883 | 0.0356 |
| 7 | 17.05 | 13 04 44 | BKI | 41 | 67.3 | 11.1 | 16.9 | 5.84 | 7.69 | 0.627 | 0.241 | 0.241 |
| 8 | 27.05 | 03 45 45 | SKR | 158 | 163 | 11.3 | 1.78 | 2.72 | 0.634 | 0.0336 | 0.0612 | 0.00732 |
| 9 | 10.06 | 18 38 43 | KBG | 8 | 23.6 | 10.9 | 11.6 | 20.7 | 8.43 | 0.386 | 1.038 | 0.223 |
| 10 | 25.07 | 12 56 58 | SKR | 154 | 222 | 12.7 | 5.17 | 4.013 | 2.46 | 0.0996 | 0.114 | 0.0464 |
| 11 | 30.07 | 03 56 10 | RIB | 151 | 156 | 14.1 | 25.7 | 19.9 | 6.99 | 1.88 | 2.46 | 0.633 |
| 12 | 30.07 | 04 28 01 | RIB | 152 | 157 | 12.7 | 6.33 | 6.02 | 2.09 | 0.449 | 0.453 | 0.1303 |
| 13 | 05.08 | 19 03 59 | SKR | 166 | 184 | 12.9 | 5.04 | 6.38 | 1.79 | 0.109 | 0.146 | 0.03503 |
| 14 | 02.09 | 21 47 14 | TIL | 35 | 51.8 | 11.7 | 5.49 | 5.47 | 3.68 | 0.2014 | 0.166 | 0.125 |
| 15 | 03.09 | 07 53 49 | DAL | 133 | 151 | 10.5 | 3.51 | 1.57 | 1.31 | 0.0709 | 0.0402 | 0.0203 |
| 16 | 06.09 | 15 32 01 | TIL | 27 | 44.8 | 11.3 | 22.8 | 19.01 | 6.33 | 0.749 | 0.553 | 0.189 |
| 17 | 06.09 | 19 40 29 | TIL | 41 | 56.9 | 11.3 | 5.011 | 6.34 | 1.63 | 0.133 | 0.163 | 0.0417 |
| 18 | 20.09 | 02 12 21 | KBG | 16 | 31.5 | 11.7 | 21.2 | 20.7 | 12.2 | 0.9601 | 0.641 | 0.366 |
| 19 | 29.09 | 02 00 31 | KBG | 50 | 54.2 | 11.3 | 5.29 | 5.77 | 3.74 | 0.329 | 0.254 | 0.137 |
| 20 | 16.11 | 10 10 44 | VIL | 184 | 194 | 13.3 | 3.31 | 2.15 | 1.67 | 0.296 | 0.216 | 0.121 |
| 21 | 30.11 | 17 54 45 | SKR | 232 | 234 | 13.7 | 3.47 | 3.86 | 1.13 | 0.0996 | 0.106 | 0.0279 |
| 22 | 26.12 | 06 35 05 | SKR | 112 | 119 | 10.1 | 5.44 | 4.98 | 2.44 | 0.102 | 0.0634 | 0.0292 |

В качестве иллюстрации на рис. 8 для землетрясения 30 июля в 03^h56^m показаны его акселерограммы на станции «Рыбачий» (RIB) для трех компонент и сглаженные спектры Фурье по ускорению. Спектр Фурье этого землетрясения имеет форму, характерную для камчатских землетрясений [19].

Подводя итоги, следует отметить, что особенностью сейсмичности региона Камчатки и Командорских островов в 2010 г. является значительное увеличение числа землетрясений с $K_S \geq 8.6$ в сейсмофокальной зоне Курил и Южной Камчатки ($N=450$), по сравнению со среднегодовым значением $N_{\text{ср}}=264$ за 1996–2009 гг. и $N_{\text{max}}=362$ – за 2008 г., при этом общее число зарегистрированных событий в зоне без ограничения по классу ($N=963$) изменилось не так заметно относительно среднего значения по этой зоне с 1998 г. ($N=828$).

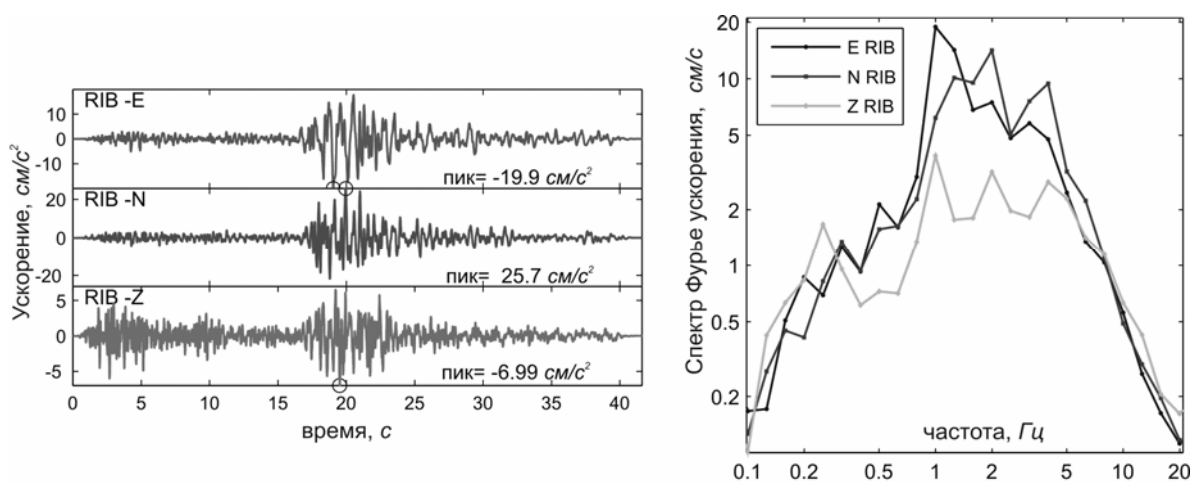


Рис. 8. Три компоненты записи ускорения грунта от землетрясения 30 июля (03^h56^m) и smoothed амплитудные спектры Фурье этих записей

Записи получены каналами HNE, HNN, HNZ сейсмической станцией RIB («Рыбачий»)

Северная часть Камчатской сейсмофокальной зоны имеет максимальное значение выделившейся энергии в сравнении с другими зонами. Здесь произошло восемь сильных землетрясений, одно из которых сильнейшее в 2010 г. В целом сейсмический режим обычен для рассматриваемой территории, а механизмы очагов в основном отражают тектонику региона, определяемую движением Тихоокеанской плиты под Охотоморскую.

Л и т е р а т у р а

1. **Чебров В.Н.**, Матвеевко Е.А., Шевченко Ю.В., Ящук В.В., Музуров Е.Л. (сост.). Сейсмические станции сети Камчатки и Командорских островов в 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
2. **Дрознин Д.В.**, **Дрознина С.Я.** Интерактивная программа обработки сейсмических сигналов DIMAS // Сейсмические приборы. – 2010. – 46. – № 3. – С. 22–34.
3. **Сенюков С.Л.**, **Дрознина С.Я.** (отв. сост.), **Козлова Н.И.**, **Карпенко Е.А.**, **Леднева Н.А.**, **Митюшкина С.В.**, **Назарова З.А.**, **Напылова Н.А.**, **Раевская А.А.**, **Ромашева Е.И.** (сост.). Каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов за 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
4. **Чебров В.Н.**, **Левина В.И.**, **Ландер А.В.**, **Чеброва А.Ю.**, **Сенюков С.Л.**, **Дрознин Д.В.**, **Дрознина С.Я.** Региональный каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов 1962–2010 гг.: технология и методика создания. (См. раздел V (Методические вопросы) в наст. сб.).
5. **Чебров В.Н.**, **Чеброва А.Ю.**, **Матвеевко Е.А.**, **Ландер А.В.**, **Митюшкина С.В.**, **Иванова Е.И.**, **Гусева Е.М.**, **Салтыков В.А.**, **Кугаенко Ю.А.**, **Воропаев П.В.** Камчатка и Командорские острова // Землетрясения Северной Евразии, 2009 год. – Обнинск: ГС РАН, 2015. – С. 180–195.
6. **Салтыков В.А.** Статистическая оценка уровня сейсмичности: методика и результаты применения на примере Камчатки // Вулканология и сейсмология. – 2011. – № 2. – С. 53–59.
7. **International Seismological Centre**, On-line Bulletin, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom, 2013. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>.
8. **Митюшкина С.В.** (отв. сост.), **Раевская А.А.** (сост.). Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населенных пунктах Камчатки и Командорских островов в 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
9. **Митюшкина С.В.**, **Раевская А.А.**, **Пойгина С.Г.** (сост.). Сведения о пунктах, для которых имеется информация о макросейсмических проявлениях ощутимых землетрясений Камчатки за 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
10. **Зобин В.М.** Механизм очагов землетрясений и сеймотектоническое деформирование Камчатско-Командорского региона в 1964–1982 гг. // Вулканология и сейсмология. – 1987. – № 6. – С. 78–92.
11. **Иванова Е.И.** (сост.). Каталог механизмов очагов землетрясений Камчатки и Командорских островов за 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).

12. **Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки и Командорских островов** (отчет за 01.01.2003–31.12.2003). – Петропавловск-Камчатский: Фонды КФ ГС РАН, 2004. – 350 с.
13. **Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки и Командорских островов** (отчет за 01.01.2005–31.12.2005). – Петропавловск-Камчатский: Фонды КФ ГС РАН, 2006. – 478 с.
14. **USGS National Earthquake Information Centre**. – URL: <ftp://hazards.cr.usgs.gov/edr/>
15. **Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2010 год** / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2010–2011. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2010.
16. **Левина В.И., Ландер А.В., Митюшкина С.В., Чеброва А.Ю.** Сейсмичность Камчатского региона 1962–2011 гг. // Вулканология и сейсмология. – 2013. – № 1. – С. 41–64.
17. **Чебров В.Н., Дрознина С.Я., Сениюков С.Л.** Камчатка и командорские острова // Землетрясения России в 2013 году. – Обнинск: ГС РАН, 2015. – С. 58–65.
18. **Чебров В.Н., Дрознин Д.В., Кугаенко Ю.А., Левина В.И., Сениюков С.Л., Сергеев В.А., Шевченко Ю.В., Ящук В.В.** Система детальных сейсмологических наблюдений на Камчатке в 2011 г. // Вулканология и сейсмология. – 2013. – № 1. – С. 18–40.
19. **Гусев А.А., Петухин А.Г., Гусева Е.М., Гордеев Е.И., Чебров В.Н.** Средние спектры Фурье сильных движений грунта при землетрясениях Камчатки // Вулканология и сейсмология. – 2006. – № 5. – С. 60–70.