УДК 550.348(571.66)

## *КАМЧАТКА И КОМАНДОРСКИЕ ОСТРОВА*

***А.Ю. Чеброва[1], В.И. Левина[2], Е.И. Иванова[1], С.В. Митюшкина[1], В.Н. Чебров[1], А.А. Раевская[1], Е.М. Гусева[1]***

*[1]Камчатский филиал ГС РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006, г. Петропавловск-Камчатский, e-mail:* ***ayuch@emsd.ru***
*[2] Геофизическая служба РАН, г. Обнинск, e-mail:* ***vlr.levina@gmail.com***

Сеть сейсмических станций Камчатки в 2005 г. несколько изменилась. Продолжилась работа по модернизации сети стационарных станций Камчатки. В апреле 2005 г. станция «Паужетка» была оснащена разработанным в КФ ГС РАН комплектом цифрового оборудования СЦСС [1]. Таким образом, к концу 2005 г. только одна из десяти стационарных станций («Оссора») осталась аналоговой, остальные – цифровые. Координаты станций и основные сведения об аппаратуре приведены в [2, 3].

Сеть радиотелеметрических станций расширилась. Развернуты три новые станции – «Семкарок», «Сорокина», «Байдарная» (табл. 1) – вместо единственной станции «Шивелуч», уничтоженной 27 февраля 2005 г. пирокластическим потоком во время извержения влк. Шивелуч. На этих станциях использован стандартный комплект короткопериодной аппаратуры на базе сейсмометров СМ-3 ($T_S$=1.2 *с*, $D_S$=0.5). Параметры всех телеметрических станций, установленных до начала 2002 г., приведены в [2, 4], а в период с 2003 по 2005 г. – в табл. 1, 2.

***Таблица 1.*** Параметры радиотелеметрических сейсмических станций Камчатки, установленных в период 2003–2005 гг.

| Станция | | | Дата открытия | Координаты | | | Тип аппаратуры |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Название | Код | | | φ°, N | λ°, E | $h_y$, *м* | |
| | межд. | рег. | | | | | |
| Тумрок | TUMR | TUM | 25.07.2003 | 55.283 | 160.146 | 1213 | Телеметрия + СМ-3 |
| Семкарок | SMKR | SMK | 18.09.2005 | 56.582 | 161.468 | 898 | Телеметрия + СМ-3 |
| Сорокина | SRKR | SRK | 18.09.2005 | 56.654 | 161.168 | 849 | Телеметрия + СМ-3 |
| Байдарная | BDR | BDR | 08.10.2005 | 56.568 | 161.208 | 936 | Телеметрия + СМ-3 |

***Таблица 2.*** Параметры каналов регистрации

| Название станции | Тип станции и сейсмометра | Перечень каналов | Частотный диапазон, *Гц* | Частота опроса данных, *Гц* | Разрядность АЦП | Чувствительность, отсчет/(*м/с*) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Тумрок | Телеметрия + СМ-3 | SH(N, E, Z) | 0.7–20 | 128 | 11 | $1.0 \cdot 10^7$ |
| Семкарок | Телеметрия + СМ-3 | SH(N, E, Z) | 0.7–20 | 128 | 11 | $1.0 \cdot 10^7$ |
| Сорокина | Телеметрия + СМ-3 | SH(N, E, Z) | 0.7–20 | 128 | 11 | $1.0 \cdot 10^7$ |
| Байдарная | Телеметрия + СМ-3 | SH(N, E, Z) | 0.7–20 | 128 | 11 | $1.0 \cdot 10^7$ |

Расчетный уровень надежной регистрации землетрясений на сейсмоактивной территории Камчатки составляет $K_{S\,min}$=8.5. На двух участках с высокой плотностью сейсмических станций в районах Северной и Авачинско-Корякской групп вулканов расчетный уровень энергетической представительности опускается до $K_{S\,min}$=6.5.

Методика определения параметров землетрясений, изложенная в [5–7], не изменилась.

Всего в 2005 г. определены эпицентры 5405 землетрясений в диапазоне $K_S$=3.9–13.2. В каталог [8] включены 784 землетрясения с $K_S \geq 8.6$, из них 745 находится внутри зоны ответст-

венности сети КФ ГС РАН [9], 39 – за ее пределами. Распределение землетрясений по энергетическим классам приведено в табл. 3, содержащей два ряда чисел: первый указывает число и суммарную энергию всех землетрясений, которые определены в группе обработки, второй – только тех, что находятся внутри формальных границ ответственности сети КФ ГС РАН.

***Таблица 3.*** Распределение числа землетрясений по энергетическим классам $K_S$ и суммарная сейсмическая энергия $\Sigma E$ в 2005 г.

| $K_S$ | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | $N_\Sigma$ | $\Sigma E$, $10^{14}$ *Дж* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $N_{всех}$ | 38 | 327 | 1369 | 1763 | 1124 | 493 | 195 | 63 | 24 | 9 | 5405 | 1.14 |
| $N_{зоны\ отв.}$ | 38 | 327 | 1369 | 1763 | 1114 | 480 | 181 | 58 | 20 | 6 | 5356 | 0.91 |

Суммарная энергия, выделившаяся в очагах землетрясений внутри границ региона, составляет $9.1\cdot10^{13}$ *Дж*, что почти на порядок ниже ее среднегодового значения ($\Sigma E_{ср}=8.1\cdot10^{14}$ *Дж*) за 1962–2004 гг. Это связано с отсутствием в 2005 г. землетрясений с $K_S$>13.2.

Общее число сильных ($K_S\geq11.6$) землетрясений в 2005 г. составило $N$=33, из них 26 принадлежат Камчатскому сейсмическому региону. Низкий уровень сейсмической активности в регионе хорошо заметен на графиках распределения во времени ежесуточного числа $N$ землетрясений с $K_S\geq8.6$ (рис. 1 а) и накопления во времени высвобожденной в их очагах сейсмической энергии $\Sigma E$ (рис. 1 б). В течение года не зафиксировано значительных вспышек активности (не более девяти землетрясений в сутки). Три наиболее заметные ступени на рис. 1 б вызваны отдельными сильными ($K_S\geq13.0$) событиями, произошедшими 20 января в $02^h59^m$ с $K_S$=13.1, 7 июля в $02^h17^m$ с $K_S$=13.0 и 26 июля в $12^h17^m$ с $K_S$=13.2 [8].

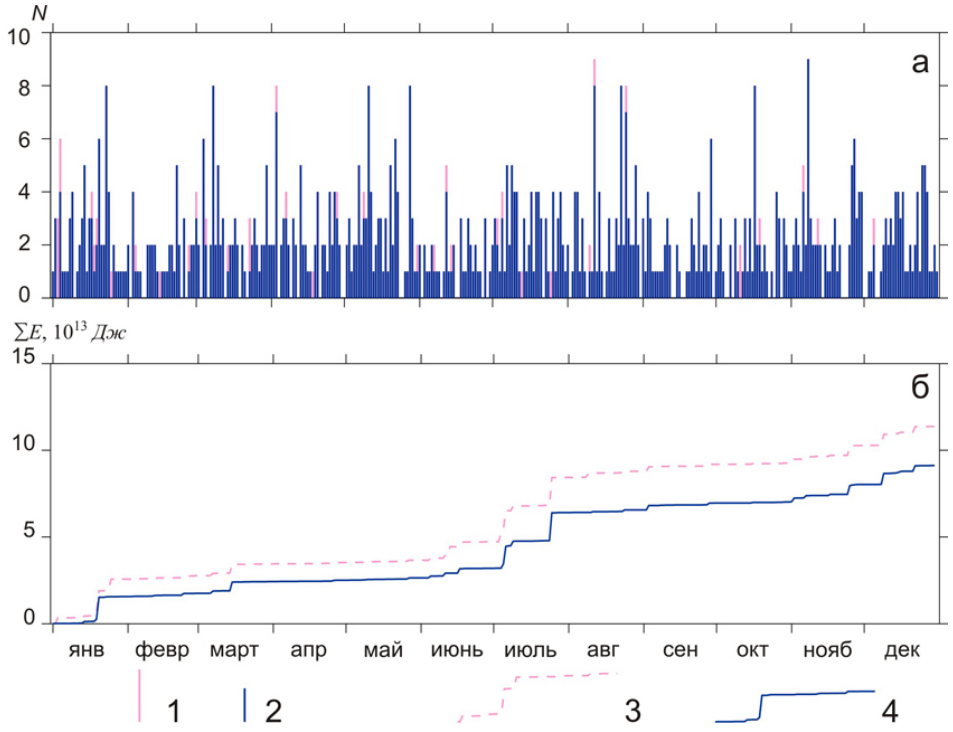


***Рис. 1.*** Суточные числа $N$ землетрясений с $K_S\geq8.6$ (а) и накопленная во времени величина высвобожденной сейсмической энергии $\Sigma E$ (б) в 2005 г.

1, 3 – число и энергия всех землетрясений, зарегистрированных сетью КФ ГС РАН; 2, 4 – то же, внутри зоны ответственности сети.

Карта эпицентров всех землетрясений с $K_S\geq8.6$ приведена на рис. 2 а. Традиционно также показаны два вертикальных разреза поля гипоцентров – поперечный *A*–*A*' (рис. 2 б) и продольный *B*–*B*' (рис. 2 в).

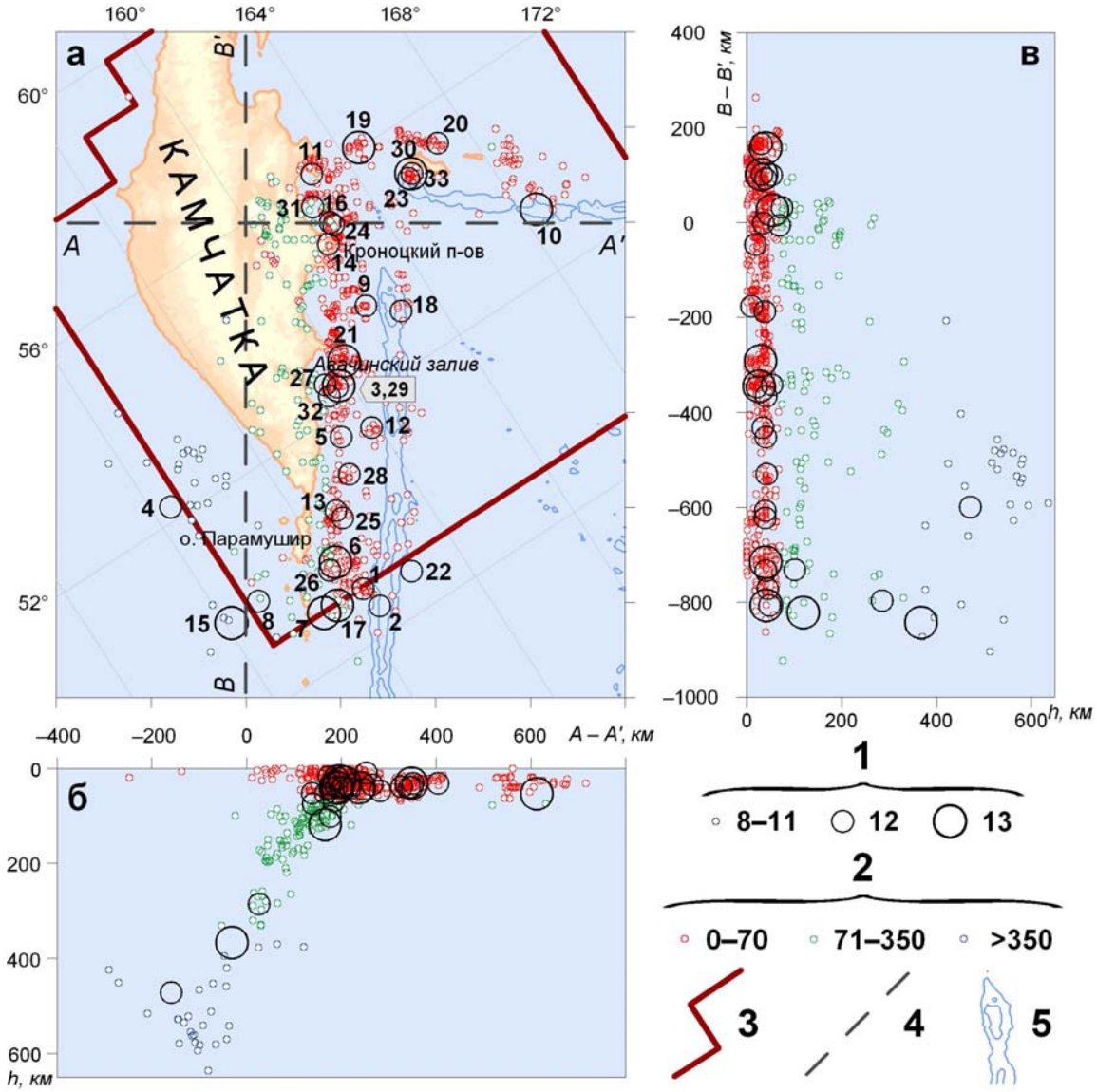


***Рис. 2.*** Карта эпицентров землетрясений Камчатки ($K_S$≥8.6) (а) и вертикальные разрезы по плоскостям *A*–*A*' (б) и *B*–*B*' (в) за 2005 г.

1 – энергетический класс $K_S$; 2 – глубина гипоцентра *h, км*; 3 – граница ответственности сети КФ ГС РАН; 4 – линия разреза вкрест (*A*–*A*') и вдоль (*B*–*B*') фокальной зоны; 5 – изобаты 6000 и 7000 *м*; числа 1–33 соответствуют номерам сильных ($K_S$≥11.6) землетрясений в каталоге [8].

Ощутимых землетрясений с интенсивностью *I* от 2 до 5 баллов было 55 [8]. Наибольшую интенсивность сотрясений *I*=5 баллов на маяке Кроноцком вызвало землетрясение (14), произошедшее 12 июня в $22^h21^m$ с $K_S$=12.2 на восточном побережье п-ва Кроноцкий. Близкие по интенсивности сотрясения с *I*=4–5 баллов наблюдались в Северо-Курильске от землетрясений, произошедших 20 января в $02^h59^m$ с $K_S$=13.1 и 23 января в $21^h32^m$ с $K_S$=11.3 к юго-востоку от о. Парамушир. В г. Петропавловске-Камчатском ощущались 24 землетрясения с интенсивностью сотрясений *I* от 2 до 4 баллов. Диапазон их классов соответствует $K_S$=10.0–13.2. Наиболее интенсивные в городе сотрясения с *I*=4 балла были вызваны достаточно близким (Δ=60 *км*) землетрясением (27) с $K_S$=12.1, локализованным в Авачинском заливе (рис. 2) 8 ноября в $16^h31^m$.

Механизмы очагов в [10] определены по знакам первых вступлений *P*-волн для 32 из 33 сильных ($K_S$≥11.6) землетрясений. Они рассчитывались по программе FA2002 из [11, 12]. Распределение землетрясений по типам подвижек приведено в табл. 4, из которой виден ежегодно преобладающий тип подвижки на Камчатке – взбросо-сдвиг (49% событий). Немного меньше

(30%) землетрясений имело сбросо-сдвиговые подвижки и значительно меньше наблюдалось взбросов (12%) и сдвигов (6%). Чисто сбросовых подвижек в очагах не зафиксировано. Преобладание взбросовых и взбросо-сдвиговых подвижек в очагах Камчатских землетрясений обусловлено, главным образом, тем, что большая часть гипоцентров локализуется в зоне, которая находится под воздействием сил сжатия, возникающих при движении Тихоокеанской плиты, погружающейся под Камчатку.

***Таблица 4.*** Распределение землетрясений Камчатки и Командорских островов по типам подвижек в их очагах

| Тип подвижки | Номера землетрясений по [8] | $N_i$ | $N_i/N_\Sigma$, % |
|---|---|---|---|
| Сбросо-сдвиг | 1, 5, 6, 8, 12, 15, 18, 26, 30, 33 | 10 | 30 |
| Взброс | 3, 7, 21, 22 | 4 | 12 |
| Взбросо-сдвиг | 2, 4, 10, 13, 14, 16, 17, 20, 23–25, 27–29, 31, 32 | 16 | 49 |
| Сдвиг | 9, 19 | 2 | 6 |
| Не определен | 11 | 1 | 3 |
| Сумма | | 33 | 100 |

Рассмотрим особенности сейсмического процесса региона по отдельным сейсмоактивным зонам. Принципы деления территории Камчатки и прилегающих областей на девять зон, а также их границы подробно описаны и проиллюстрированы в [9, 13]. Принадлежность землетрясений 2005 г. к той или иной зоне указана в каталоге [8].

В табл. 5 представлены некоторые статистические характеристики сейсмичности региона по зонам № 1–№ 6 и № 9 на двух энергетических срезах – $K_S$≥8.6 и $K_S$≥11.6, а также средние значения этих величин за весь период инструментальных наблюдений с 1962 по 2004 г. При этом учитывались лишь землетрясения, входящие в зону ответственности Камчатского филиала. В зонах № 7 и № 8 таких землетрясений не было.

***Таблица 5***. Распределение числа землетрясений с $K_S$≥8.6 и $K_S$≥11.6, а также выделенной энергии по зонам за 2005 г. в сопоставлении с их средними оценками за период 1962–2004 гг.

| № | Зона | Слой | Средние значения за 1962–2004 гг. | | | | Значения за 2005 г. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $N$ ($K_S$≥8.6) | $N/N_\Sigma$, % | $N$ ($K_S$≥11.6) | $\Sigma E$, $10^{13}$ *Дж* | $N$ ($K_S$≥8.6) | $N/N_\Sigma$, % | $N$ ($K_S$≥11.6) | $\Sigma E$, $10^{13}$ *Дж* |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | Камчатская сейсмофокальная зона | A | 541 | 60.7 | 22 | 29.05 | 406 | 54.5 | 15 | 5.32 |
| | | B | 125 | 14.1 | 3 | 30.24 | 110 | 14.8 | 3 | 0.48 |
| | | C_S | 3 | 0.4 | <1 | 0.46 | 18 | 2.4 | 0 | 0.04 |
| | | C_N | <1 | <0.1 | <1 | 0.23 | 1 | 0.1 | 0 | <0.01 |
| 2 | Континентальная часть п-ва Камчатка | A | 44 | 4.9 | 1 | 1.24 | 12 | 1.6 | 0 | 0.01 |
| 3 | Северные Курилы | A | 1 | 0.2 | 0 | <0.01 | 5 | 0.7 | 0 | <0.01 |
| 4 | Командорский сегмент Алеутской дуги | A | 112 | 12.5 | 5 | 13.38 | 153 | 20.5 | 7 | 2.99 |
| | | B | 1 | 0.1 | <1 | 0.05 | 1 | 0.1 | 0 | <0.01 |
| 5 | Северо-западная часть Тихого океана | A | 52 | 5.8 | 1 | 1.10 | 36 | 4.8 | 1 | 0.29 |
| | | B | <1 | <0.1 | <1 | 0.01 | 1 | 0.1 | 0 | <0.01 |
| 6 | Корякия и Берингово море | A | 9 | 1.0 | <1 | 5.38 | 1 | 0.1 | 0 | <0.01 |
| 9 | Западная Камчатка | A | <1 | 0.1 | <1 | <0.01 | 1 | 0.1 | 0 | <0.01 |
| | Всего | | 891 | 99.8 | 33 | 81.2 | 745 | 100 | 26 | 9.12 |

Примечание. В графе 3 буквами A, B, C обозначены поверхностный ($h$≤70 *км*), промежуточный ($h$≤71–350 *км*) и глубокий ($h$>350 *км*) слои соответственно; в зоне № 1 дополнительными буквами N, S обозначены северная (C_N) и южная (C_S) часть глубокого слоя.

Из табл. 5 видно, что в 2005 г. во всех зонах наблюдались низкие значения высвобожденной в очагах энергии из-за отсутствия сильных ($K_S$≥13.6) землетрясений. Число землетрясений с $K_S$≥8.6 также уступает среднегодовым значениям практически по всем зонам и слоям. С другой стороны, по одному событию произошло в зонах № 1 (слой C_N), № 2, № 5 (слой B) и № 9, в которых ежегодно наблюдается низкая ($N_{ср}$<1) активность. Ниже дано описание проявлений сейсмичности по зонам в отдельности.

**Камчатская сейсмофокальная зона (№ 1)**, как всегда, наиболее активна (рис. 3). Здесь произошло 535 (71.7%) землетрясений с $K_S$≥8.6, которые распределились по трем глубинным слоям следующим образом: 406 (55%) поверхностных ($h$≤70 *км*), 110 (14.3%) промежуточных ($h$=71–350 *км*), 19 (2.4%) глубоких ($h$>350 *км*). Карта эпицентров землетрясений, а также диаграммы механизмов очагов в проекции нижней полусферы с указанием типа подвижки показаны на рис. 3. Рассмотрим особенности сейсмического режима зоны № 1 по слоям.

*В поверхностном слое* произошло 406 землетрясений с $K_S$≥8.6, из них 15 с $K_S$≥11.6, девять (3, 6, 9, 13, 14, 16 и 24, 21, 27, 29) из которых возглавляют рои, и еще пять (5, 12, 25, 28, 32) – одиночных. Номера событий здесь и далее соответствуют таковым в каталоге [8], сведения о группируемости землетрясений предоставлены сотрудником КФ ГС РАН Н.М. Кравченко.

В этом слое реализовалось самое сильное ($K_S$=13.2, $Mw$=5.8[1]) событие (21), локализованное на подводном продолжении п-ва Шипунский 26 июля в $12^h17^m$ с $h$=29 *км*. Землетрясение возникло под действием сил сжатия, тип подвижки в очаге – взброс по обеим нодальным плоскостям, простирающимся с северо-востока на юго-запад, ось напряжения сжатия близгоризонтальна ($PL_P$=9º), ориентирована на северо-запад ($AZM_P$=301º) (рис. 3). За ним последовал рой из 89 землетрясений с $K_S$=4.7–10.7 и $h$=8–40 *км*, восемь из которых с $K_S$≥8.6 представлены в наст. сб. в [8]. Эпицентральную зону роя можно оконтурить эллипсом, ориентированным в северо-восточном направлении, с осями 30 и 20 *км*. Суммарная сейсмическая энергия роя составила $1.6\cdot10^{13}$ *Дж*. Интенсивность сотрясений при главном толчке (21) достигла $I$=4 балла на побережье Камчатки в пяти населенных пунктах: мыс Шипунский (39 *км*), ГМС Семячики (149 *км*), Петропавловск (109 *км*), Институт (113 *км*), стационар КФ ГС (141 *км*) на р. Карымшина.

Однако самый многочисленный рой возник неподалеку от вышеупомянутого, в Авачинском заливе. Активизация этой области началась в январе. Главное событие роя (3) зарегистрировано 14 января в $03^h49^m$ с $h$=21 *км*, $K_S$=11.9, $MPSP$=4.8[2]. После главного толчка в течение месяца наблюдалась проработка очага слабыми событиями с $K_S$<8.6. В результате обозначилась область в виде эллипса, вытянутого с юго-запад на северо-восток, с осями 35 и 21 *км*, внутри которого продолжали происходить роевые землетрясения. В дальнейшем активность была сосредоточена в основном на краях эллипса. В феврале и марте в юго-западной и юго-восточной частях эллипса произошло пять землетрясений с $K_S$=8.6–10.5, позже – в северо-восточной части, где было зафиксировано восемь землетрясений с $K_S$=8.6–10.6. Всего в рое зарегистрировано 187 землетрясений с $K_S$=4.6–11.9, 14 из которых с $K_S$≥8.6. Гипоцентры располагались на глубинах 13–38 *км*. Суммарная сейсмическая энергия, выделившаяся в рое, составила $9.3\cdot10^{11}$ *Дж*. Толчки различной величины продолжались в этом районе до ноября 2005 г. Очаг главного события (3) возник под действием напряжений сжатия северо-западного направления. Одна из нодальных плоскостей круто ($DP_1$=72º) ориентирована в субмеридиональном направлении, по ней произошел взброс. По другой возможной плоскости разрыва наблюдается надвиг. Землетрясение (3) и два наиболее сильных события роя ощущались в г. Петропавловске-Камчатском с интенсивностью $I$=2–3 балла.

В Авачинском заливе в конце года произошло еще три сильных землетрясения (27, 29, 32), из них (27) и (29) – главные толчки двух роев, возникших на расстоянии ~35 *км* друг от друга. Эти рои начались в ноябре 2005 г. и продолжались в течение следующего 2006 г. Главные события (27) и (29) произошли 8 ноября в $16^h31^m$ с $K_S$=12.1, $Mw$=4.9, $h$=53 *км* и 26 ноября в $16^h02^m$ с $K_S$=12.7, $Mw$=5.2, $h$=26 *км* соответственно. Сильное ($K_S$=11.7, $Mw$=4.8)

[1] Здесь и далее дана магнитуда $Mw$ HRVD по [14].

[2] Здесь и далее магнитуда $MPSP$ берется согласно [15].

одиночное событие (32) реализовалось 17 декабря в $12^h20^m$ на глубине $h$=41 *км*. Тип подвижки в очагах землетрясений (27, 29, 32) – взбросо-сдвиг. Одна из нодальных плоскостей события (27) круто залегает в субмеридиональном направлении ($DP_1$=82º, $STK_1$=207º), по ней произошел взброс, по другой плоскости разрыва наблюдается левосторонний сдвиг. Оси напряжения сжатия в очагах землетрясений (29) ($PL_P$=9º) и (32) ($PL_P$=27º) близгоризонтальны и ориентированы на север. Обе нодальные плоскости имеют субширотное простирание, по ним произошли взбросовые подвижки, осложненные компонентами сдвига.

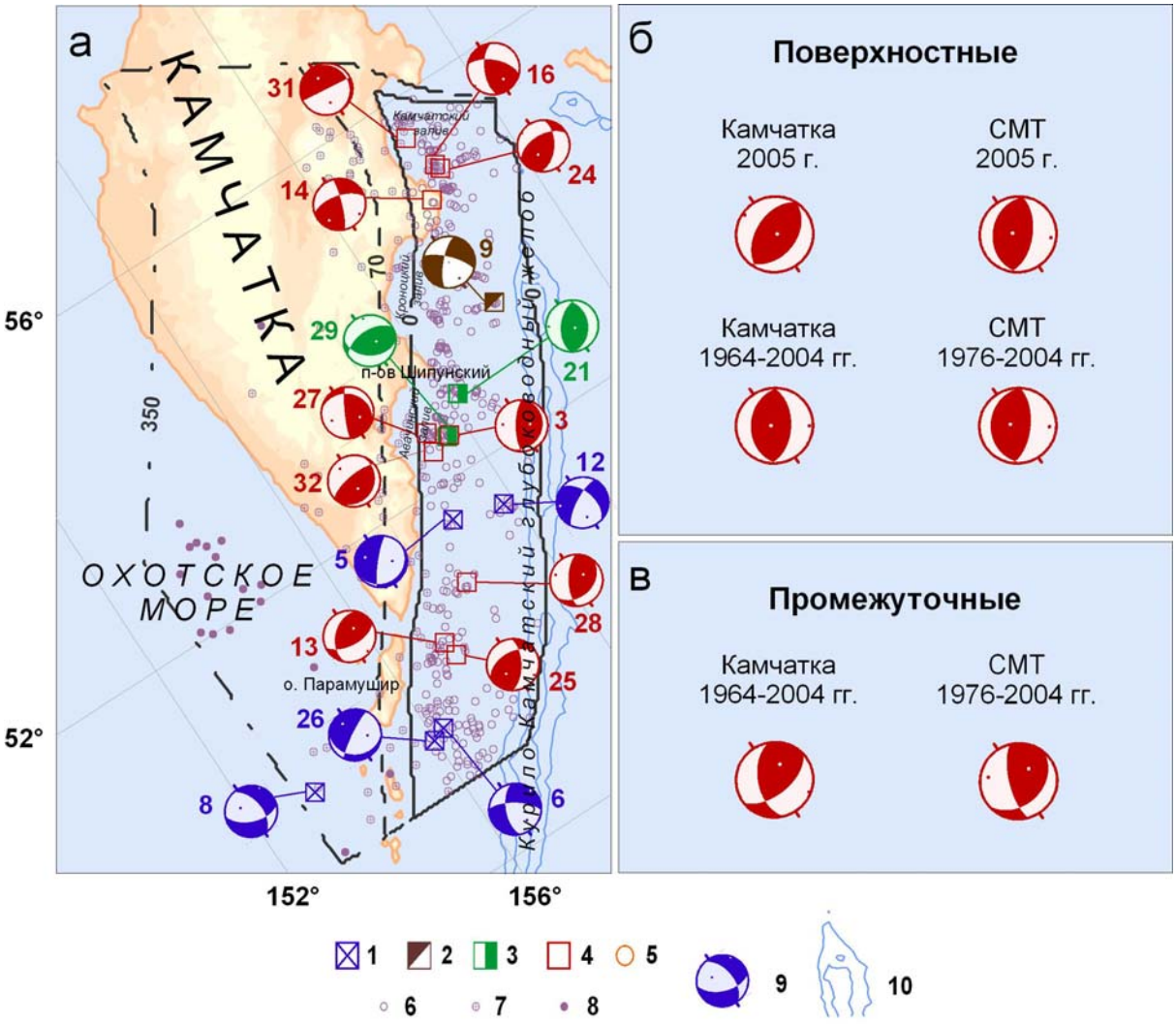


***Рис. 3.*** Карта эпицентров и стереограммы механизмов очагов землетрясений (а), а также средние механизмы очагов в поверхностном (б) и промежуточном (в) слоях зоны №1 за 2005 г. приведены по региональным данным [10] (слева) и Гарварда [16] (справа)

1–5 – эпицентры сильных ($K_S$≥11.6) землетрясений и типы подвижек (1 – сбросо-сдвиг; 2 – сдвиг; 3 – взброс; 4 – взбросо-сдвиг; 5 – механизм очага не определен); 6–8 – эпицентры землетрясений с $K_S$≥8.6 в поверхностном ($h$≤70 *км*), промежуточном (70<$h$≤350 *км*) и глубоком ($h$>350 *км*) слоях соответственно; 9 – стереограмма механизма очага и номер землетрясения по [8]; 10 – изобаты 6000 и 7000 *м*; линиями – сплошной, пунктирной и штрих-пунктирной – показаны границы слоев с $h$=0, 70 и 350 *км* соответственно по [13].

Южнее Авачинского залива было локализовано два одиночных землетрясения (5) и (12), произошедшие 19 января в $21^h37^m$ с $K_S$=12.1, *MPSP*=4.8, $h$=40 *км* и 28 мая в $01^h31^m$ с $K_S$=11.8, *Mw*=4.9, $h$=34 *км*. Одна из возможных плоскостей разрыва в очагах этих событий круто падает в северо-восточном направлении. По обеим нодальным плоскостям произошла сбросовая подвижка, осложненная элементами сдвига. Оси напряжения растяжения ориентированы на северо-запад (рис. 3).

Приблизительно в одно и то же время недалеко друг от друга в районе Камчатского залива наблюдались два небольших роя. Первый рой начался 12 июня под северо-восточным побережьем Кроноцкого п-ва и состоял из 32 событий с $K_S$=5.9–12.2. Главное событие (14) произошло 12 июня в $22^h21^m$ на глубине $h$=18 *км* с $K_S$=12.2, $Mw$=5.0. Второй рой в Камчатском заливе начался и закончился одинаковыми по классу ($K_S$=12.4) землетрясениями (16) и (24), произошедшими 18 июня в $04^h25^m$ с $h$=35 *км*, $Mw$=5.0 и 4 сентября в $07^h39^m$ с $h$=69 *км*, *MPSP*=5.0. В рое зарегистрировано 39 событий с $K_S$=5.9–12.4. Главное событие (14) первого роя вызвало на восточном побережье Кроноцкого п-ва и на маяке Кроноцкий (12 *км*) максимальные в 2005 г. сотрясения с $I$=5 баллов. Механизмы очагов землетрясений (14) и (16) характеризуются сдвиговой дислокацией с компонентами взброса по обеим нодальным плоскостям. В каждом из них одна из возможных плоскостей разрыва круто залегает в северо-восточном направлении. Оси напряжения сжатия близгоризонтальны. Тип подвижки в очаге землетрясения (24) представлен по обеим плоскостям разрыва взбросом, осложненным правосторонним сдвигом по *NP1* и левосторонним – по *NP2*.

В марте напротив Кроноцкого залива был зафиксирован небольшой рой. Главное событие роя (9) зарегистрировано 8 марта в $04^h51^m$ на глубине $h$=10 *км* с $K_S$=12.0, $Mw$=4.8 на западном склоне Курило-Камчатского глубоководного желоба. Землетрясение произошло под действием равновеликих напряжений сжатия и растяжения. Обе нодальные плоскости залегают одинаково круто ($DP_1$=$DP_2$=73°) в субмеридиональном направлении. По *NP1* произошел левосторонний сдвиг, по *NP2* – правосторонний с несущественной сбросовой компонентой.

В южной части поверхностного слоя локализовано три одиночных сильных события (6, 25, 28) и рой с главным событием (13). Дислокация в очагах землетрясений (13, 25 и 28) одинакова: обе возможные плоскости разрыва каждого из очагов простираются в северо-восточном направлении, по обеим наблюдается взброс с компонентами сдвига. Оси напряжения сжатия близгоризонтальны ($PL_P$=8, 7 и 17 соответственно) и ориентированы в северо-западном направлении, вкрест простиранию зоны № 1.

Второе по величине ($K_S$=13.1, $Mw$=5.4) землетрясение (6) произошло 20 января в $02^h59^m$ с $h$=40 *км* юго-восточнее о. Парамушир. Плоскость разрыва *NP1* в его очаге крутая ($DP_1$=69°) и простирается на северо-запад ($STK_1$=303°). По ней произошел правосторонний сдвиг с компонентами сброса. Плоскость *NP2* имеет субмеридиональное простирание ($STK_2$=201°), подвижка типа левосторонний сдвиг также с элементами сброса. Ось напряжения растяжения близгоризонтальна, ориентирована на восток. Интенсивность сотрясений при этом землетрясении достигала 5 баллов в г. Северо-Курильске и до 3 баллов – в пос. Паужетка и г. Петропавловске-Камчатском.

Несмотря на довольно пеструю картину типов подвижек в очагах поверхностного ($h$≤70 *км*) слоя в зоне № 1 (рис. 3 а), наблюдаемую для поверхностных очагов и связанную в основном с большими неопределенностями в расчетах механизмов по знакам первых вступлений, все же просматривается преобладающий характер движений, обусловленный поддвигом Тихоокеанской плиты под континент. Тип механизмов очагов землетрясений (3, 14, 16, 21, 24, 25, 27, 28) характерен для зоны общего субгоризонтального сжатия в направлении движения Тихоокеанской плиты (перпендикулярно простиранию зоны субдукции). Сбросовый характер механизмов очагов землетрясений (5, 6, 9, 12) – не типичный для этого слоя, что связано, скорее всего, с довольно низкой точностью полученных решений.

На рис. 3 б показаны средние механизмы очагов землетрясений, полученные по данным Гарвардского каталога [16] и по данным каталога механизмов [10]. Наблюдается хорошее согласие по многолетним наблюдениям. Для 2005 г. согласие несколько хуже, но основные черты региональных напряжений сохраняются.

В *промежуточном слое зоны* № 1 произошло 110 землетрясений с $K_S$≥8.6, среди них три одиночных сильных события (8, 26, 31): 24 февраля в $18^h58^m$ с $K_S$=12.0, $Mw$=5.0 $h$=286 *км*, в пределах Охотского моря (8); 3 ноября в $06^h27^m$ с $K_S$=12.3, $Mw$=5.0 $h$=101 *км* юго-восточнее о. Парамушир (26) и 16 декабря в $09^h04^m$ с $K_S$=11.6, *MPSP*=4.8, $h$=74 *км* в Камчатском заливе (31) [8].

Тип подвижки в очаге землетрясения (8) – сбросо-сдвиг. Обе возможные плоскости разрыва простираются в северо-западном направлении, по обеим произошел сдвиг с компонента-

ми сброса. Ось напряжения растяжения близгоризонтальна ($PL_T$=0º) и ориентирована на северо-восток. Землетрясение (26) также имеет сбросо-сдвиговую подвижку в очаге. По крутопадающей ($DP_1$=82°) на юго-запад плоскости *NP1* произошел сброс, осложненный правосторонним сдвигом. Другая предполагаемая плоскость разрыва *NP2* полого ($DP_2$=22º) простирается на восток ($STK_2$=126), здесь произошел левосторонний сдвиг с компонентами сброса. Дислокация в очаге события (31) представлена вертикальной подвижкой по крутопадающей в субширотном направлении плоскости *NP1* и сдвигом – по пологой плоскости *NP2*.

По данным многолетних наблюдений для промежуточных землетрясений зоны № 1 характерно сжатие в северо-западном направлении, что хорошо соответствует гипотезе пододвигания Тихоокеанской плиты под Охотоморскую в том же направлении (рис. 3 в). Однако в 2005 г. этого не наблюдается: три очага, в которых определены механизмы, имеют сбросовые подвижки с компонентами сдвига. Возможно, это связано с низкой точностью решений, получаемых при знаковой методике определения механизмов очагов.

В *глубоком слое зоны* № 1 произошло 19 землетрясений с $K_S$≥8.6. Сильных событий, находящихся в пределах зоны ответственности сети Камчатского филиала в 2005 г., среди них не было.

**Континентальная часть п-ва Камчатки** (**№ 2**) представлена в каталоге [8] и на рис. 4 малочисленным объемом данных: 12 мелких землетрясений с $K_S$=8.7–10.5 и $h$=0–25 к*м* на небольшой площадке зоны в виде двух групп. Более южная группа включает десять более слабых ($K_S$≤9.9) толчков, а северная содержит лишь два землетрясения, но наиболее сильных ($K_S$=10.1 и 10.5), которые зарегистрированы в один день (29 октября) с двухчасовым промежутком: в $11^h40^m$ с $h$=9.7 *км* и в $13^h44^m$ с $h$=0.6 *км*.

**Северные Курилы** (**№ 3**) характеризуются еще меньшей активностью – всего пять землетрясений, к тому же лишь в последнем квартале года: 3 сентября в $15^h38^m$ с $K_S$=8.6, $h$=1.9 *км*, 15 октября в $12^h05^m$ с $K_S$=8.9, $h$=19.4 *км*, 15 ноября в $02^h13^m$ с $K_S$=9.0, $h$=22.5 *км*, 3 декабря в $10^h27^m$ с $K_S$=9.6, $h$=19.9 *км*, 4 декабря в $01^h06^m$ с $K_S$=10.1, $h$=0 *км* [8]. Они рассредоточены по всей площади этого малого района (рис. 4).

В **Командорском сегменте Алеутской дуги** (**№ 4**) произошло 154 землетрясения с $K_S$≥8.6: 153 в поверхностном слое и одно – в промежуточном. Это несколько выше среднегодового числа событий в зоне № 4. Семь событий (10, 11, 19, 20, 23, 30, 33) имели $K_S$≥11.6 (рис. 4): три из них (10, 11, 20) – одиночные, а четыре (19, 23, 30, 33) – в составе роев.

Одиночное сильное ($K_S$=12.7, *MPSP*=5.0) землетрясение (10) произошло в Алеутском глубоководном желобе 16 марта в $21^h14^m$ с $h$=54 *км*. Тип подвижки в его очаге – взброс с несущественным левосторонним сдвигом по плоскости *NP1* и правосторонним – по *NP2*. Ось напряжения сжатия близгоризонтальна ($PL_P$=8º) и направлена на север–северо-запад.

Землетрясения (23, 30, 33) с $K_S$=11.9, 12.8 и 12.5, локализованные у северо-западного побережья о. Беринга, имеют практически одинаковую дислокацию в очаге: по крутопадающей ($DP_1$=81°, 85°, 80°) плоскости *NP1* наблюдается правосторонний сдвиг, по *NP2* – левосторонний. Для события (23) сдвиговая подвижка сопровождается компонентами взброса, в событиях (30) и (33) сдвиг сочетается с элементами сброса. Оси напряжения сжатия ориентированы на юг и юго-восток. Подобную же дислокацию в очаге имеет землетрясение (19), зарегистрированное в Камчатском проливе 7 июля в $02^h17^m$ с $K_S$=13.0, *Mw*=5.6, $h$=40 *км*, в очаге которого обе нодальные плоскости имеют крутое падение и простираются на северо-восток (*NP1*) и северо-запад (*NP2*). По ним произошел сдвиг с несущественной взбросовой компонентой. Ось напряжения сжатия близгоризонтальна и ориентирована на юг–юго-восток.

Тип подвижки землетрясения (20), произошедшего 10 июля в $22^h39^m$ с $K_S$=12.4, *Mw*=5.2, $h$=31 *км* северо-восточнее о. Беринга, взбросо-сдвиг. Обе возможные плоскости разрыва простираются в северо-восточном и юго-западном направлении. По обеим нодальным плоскостям наблюдается взброс с компонентами сдвига.

Для землетрясения (11), зафиксированного под Камчатским п-вом 27 апреля в $00^h41^m$ с $K_S$=11.6, *MPSP*=4.6, $h$=52 *км*, тип подвижки в очаге не определен. Оно ощущалось в Усть-Камчатске (24 *км*) с $I$=3–4 балла.

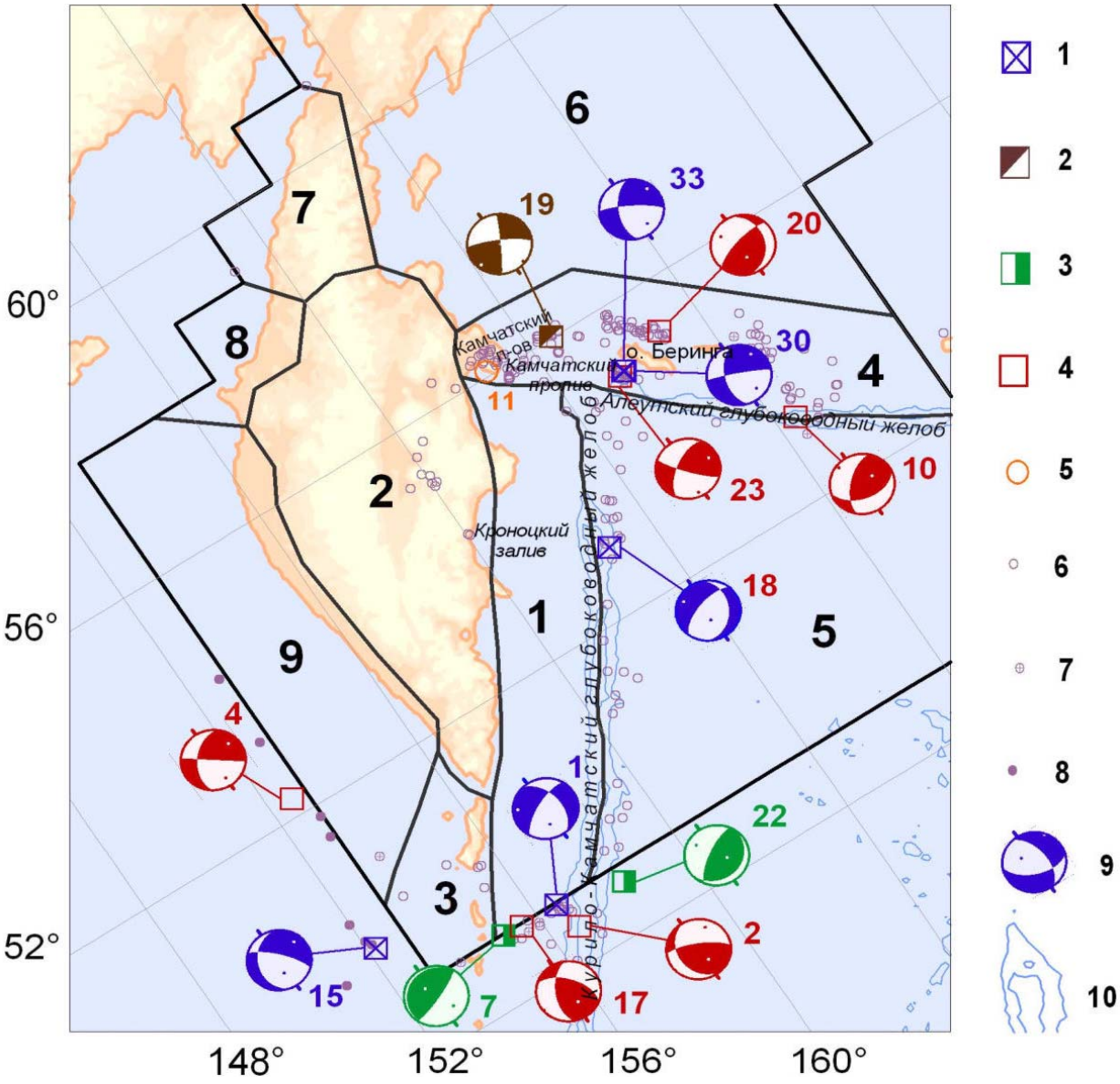


***Рис. 4.*** Карта эпицентров землетрясений зон № 2–№ 9 и прилегающих территорий

Условные обозначения см. на рис. 3.

Для Командорского сегмента Алеутской дуги по данным многолетних наблюдений характерны преимущественно правосторонние сдвиги в северо-западном направлении, связанные со скольжением Командорской микроплиты вдоль Тихоокеанской [17]. Механизмы очагов землетрясений 2005 г. находятся в хорошем согласии с региональными напряжениями, наблюдаемыми для этой зоны, в виде правосторонних сдвигов по субширотным плоскостям разрыва.

В **Северо-Западной части Тихого океана (№ 5)** наиболее сильное ($K_S$=12.4, *MPSP*=5.3) землетрясение (18) произошло в его поверхностном слое на восточном склоне Курило-Камчатского желоба, напротив Кроноцкого залива (рис. 4). Это главное событие роя зарегистрировано 6 июля в $17^h58^m$ с $h$=38 *км*. Тип подвижки в его очаге – сбросо-сдвиг. Всего в зоне № 5 локализовано 37 событий с $K_S \geq 8.6$: поверхностных – 36, промежуточных – 1.

**Корякия и Берингово море (№ 6)**, занимая значительную по размерам территорию региона, представлены в каталоге [8] лишь одним мелким ($h$=6.9 *км*) землетрясением с $K_S$=10.2, зарегистрированным 17 декабря в $13^h35^m$. Оно обработано также и в соседнем регионе – «Северо-Восток России». Его величина, согласно [18], оценена на уровне $K_P$=10.0, т.е. весьма близко к вышеуказанному значению $K_S$. Координаты эпицентров также сопоставимы: 60.956°N, 163.124°E – по [8], 61.04°N, 162.86 – по [18].

Зоны **№ 7, 8** (**Камчатский перешеек и Утхолок**) в 2005 г. асейсмичны (рис. 4), поэтому их нет в табл. 5.

**Западная Камчатка** (**№ 9**) по своему проявлению подобна зоне № 6 – только одно землетрясение (13 января в $17^h17^m$ с $K_S$=9.4 [8]), локализованное на крайнем юге зоны (рис. 4) на глубине $h$=100±71 *км*.

За пределами границ ответственности сети КФ ГС РАН обработано семь сильных ($K_S \geq 11.6$) землетрясений (1, 2, 4, 7, 15, 17, 22), для которых посчитаны механизмы очагов (рис. 4).

**Сильные движения** зарегистрированы для девяти землетрясений (табл. 6) по данным цифрового акселерографического канала низкого увеличения «LG» (канал HL, компоненты N, E, Z) широкополосной цифровой сейсмической станции «Петропавловск».

В табл. 6 даны зарегистрированные максимальные ускорения грунта, корректированные за АЧХ прибора для тех случаев, когда хотя бы одно значение ускорения превышало 0.5 *см/с*$^2$.

***Таблица 6.*** Максимальные «истинные» скорости и ускорения грунта по записям землетрясений на станции «Петропавловск»

| № | Дата, | $t_0$, | Эпицентр | | $h$, | Δ, | $K_S$ | $I$, | $Mw$ [14], | Состав- | $v_{max}$, | $a_{max}$, |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *д м* | *ч мин с* | φ°, N | λ°, E | *км* | *км* | | балл | *MPSP** [15] | ляющая | *см/с* | *см/с*$^2$ |
| 1 | 02.01 | 15 09 07 | 52.57 | 159.13 | 39 | 60 | 10.3 | 3 | 4.8* | N | –0.035 | –1.06 |
| | | | | | | | | | | E | –0.028 | 0.84 |
| | | | | | | | | | | Z | 0.015 | –0.45 |
| 2 | 14.01 | 03 49 32 | 52.43 | 159.57 | 21 | 90 | 11.9 | 2–3 | 4.8* | N | 0.012 | 0.38 |
| | | | | | | | | | | E | 0.019 | –0.52 |
| | | | | | | | | | | Z | –0.028 | –0.68 |
| 3 | 14.01 | 08 08 43 | 51.66 | 158.67 | 40 | 152 | 11.1 | 2–3 | 4.7* | N | 0.039 | 0.78 |
| | | | | | | | | | | E | 0.019 | 0.61 |
| | | | | | | | | | | Z | –0.011 | 0.31 |
| 4 | 23.01 | 14 17 40 | 52.72 | 158.85 | 95 | 36 | 10.1 | 3 | 4.2* | N | 0.028 | –0.57 |
| | | | | | | | | | | E | –0.028 | 0.66 |
| | | | | | | | | | | Z | 0.0099 | –0.41 |
| 5 | 26.07 | 12 17 14 | 52.78 | 160.22 | 29 | 108 | 13.2 | 3–4 | 5.8 | N | –0.096 | 1.44 |
| | | | | | | | | | | E | 0.120 | –1.35 |
| | | | | | | | | | | Z | 0.059 | 0.99 |
| 6 | 10.08 | 12 47 40 | 48.75 | 158.28 | 40 | 476 | 12.3 | 2–3 | 5.3 | N | 0.032 | 0.57 |
| | | | | | | | | | | E | 0.034 | 0.47 |
| | | | | | | | | | | Z | 0.0097 | –0.17 |
| 7 | 08.11 | 16 31 39 | 52.60 | 159.25 | 53 | 62 | 12.1 | 4 | 4.9 | N | –0.250 | 5.08 |
| | | | | | | | | | | E | 0.160 | 3.20 |
| | | | | | | | | | | Z | 0.170 | 4.00 |
| 8 | 26.11 | 16 02 45 | 52.44 | 159.62 | 26 | 92 | 12.7 | 3–4 | 5.2 | N | 0.093 | –2.30 |
| | | | | | | | | | | E | 0.075 | 1.80 |
| | | | | | | | | | | Z | –0.057 | 1.10 |
| 9 | 17.12 | 12 20 02 | 52.38 | 159.16 | 41 | 79 | 11.7 | 2–3 | 4.8 | N | –0.050 | 1.70 |
| | | | | | | | | | | E | 0.039 | 1.50 |
| | | | | | | | | | | Z | –0.029 | –0.99 |

На рис. 5 показаны корректированные за прибор записи двух землетрясений с наибольшими амплитудами и их спектры Фурье. Спектры Фурье этих землетрясений имеют форму, характерную для Камчатских землетрясений [19].

**Записи взрывов.** В 2005 г. на Камчатке, помимо землетрясений, сетью сейсмических станций были зарегистрированы и обработаны по стандартной методике пять взрывов: четыре – 30 сентября и один – 1 октября (табл. 7). Взрывы зафиксированы ближайшими к ним станциями на расстояниях от 38 до 132 *км*. Максимальное число станций с четкими записями получено для взрыва № 3 30 сентября в $20^h00^m$.

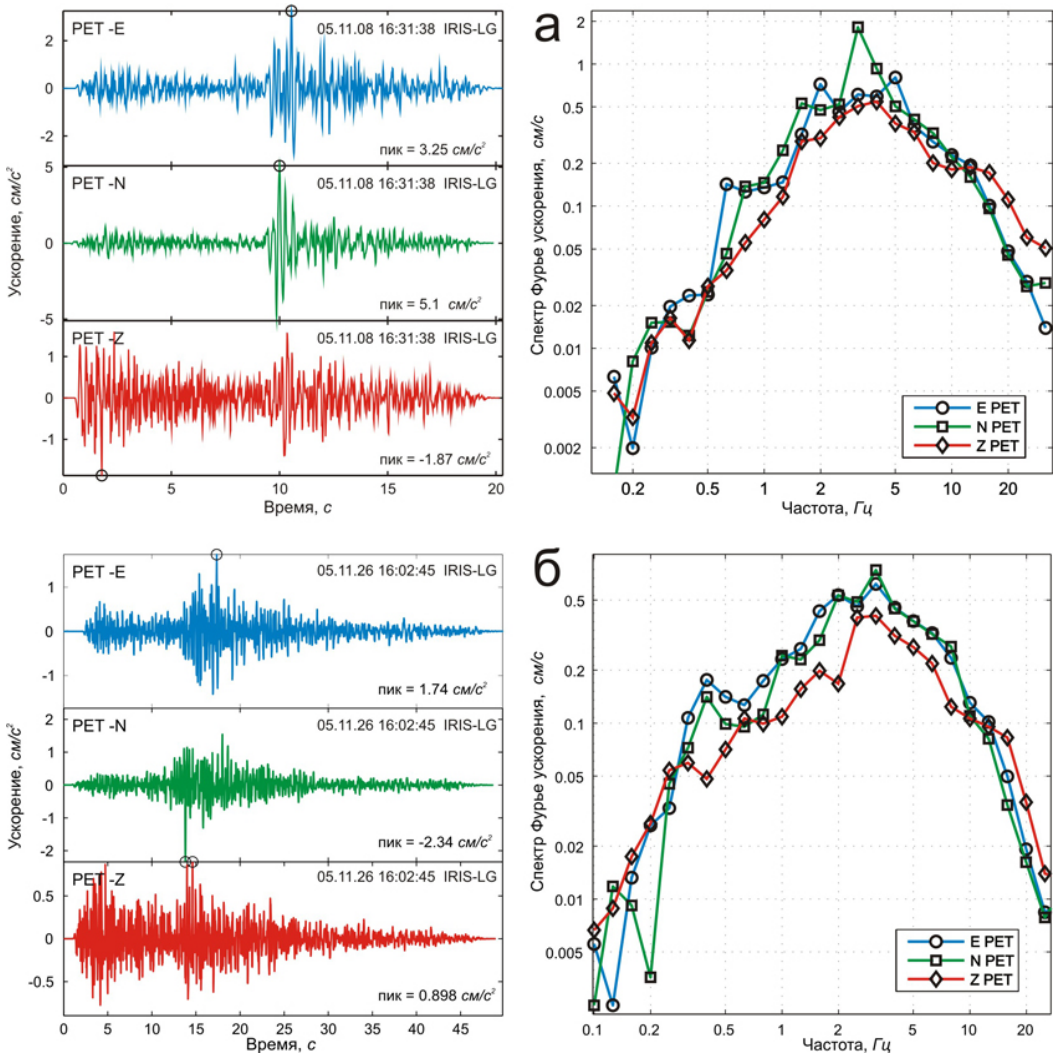


***Рис. 5.*** Акселерограммы землетрясений 8 ноября в $16^h31^m$ (а) и 26 ноября в $16^h02^m$ (б) – слева, их сглаженные амплитудные спектры Фурье – справа

***Таблица 7***. Дата и время производства взрывов, а также списки зарегистрировавших их станций

| № | Дата, *д м* | $t_0$, *ч мин с* | Станция | Δ, *км* | Станция | Δ, *км* | Станция | Δ, *км* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 30.09 | 17 33 25 | KOK | 40 | KRM | 49 | GRL | 80 |
| | | | AVH | 46 | UGLR | 53 | NLC | 87 |
| | | | GNL | 47 | SDLR | 56 | RUS | 98 |
| | | | PET | 49 | APC | 70 | SPN | 132 |
| 2 | 30.09 | 19 53 39 | KOK | 42 | GNL | 49 | GRL | 77 |
| | | | KRM | 47 | UGLR | 54 | RUS | 96 |
| | | | AVH | 48 | SDLR | 58 | | |
| | | | PET | 49 | APC | 67 | | |
| 3 | 30.09 | 20 00 20 | KOK | 39 | SMAR | 50 | NLC | 87 |
| | | | AVH | 46 | UGLR | 52 | RUS | 97 |
| | | | PET | 48 | SDLR | 55 | SPN | 132 |
| | | | KRM | 48 | APC | 70 | | |
| | | | GNL | 48 | GRL | 78 | | |
| 4 | 30.09 | 20 13 30 | KOK | 39 | GNL | 48 | APC | 71 |
| | | | AVH | 45 | SMAR | 50 | GRL | 78 |
| | | | PET | 47 | UGLR | 51 | RUS | 97 |
| | | | KRM | 48 | SDLR | 55 | | |

| № | Дата, *д м* | $t_0$, *ч мин с* | Станция | Δ, *км* | Станция | Δ, *км* | Станция | Δ, *км* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 01.10 | 00 37 43 | KOK | 38 | UGLR | 50 | NLC | 84 |
| | | | AVH | 44 | GNL | 51 | RUS | 94 |
| | | | PET | 44 | APC | 70 | | |
| | | | KRM | 45 | GRL | 75 | | |

Примечание. Коды и названия радиотелеметрических станций: SPN – «Шипунский», GNL – «Ганалы», NLC – «Налычева», SDLR – «Седловина», KOK – «Коряка», AVH – «Авача», SMAR – «Сомма», UGLR – «Угловая», PET – «Петропавловск», GRL – «Горелый», RUS – «Русская», «KRMR» – Карымшина; цифровые станции: APC – «Апача», PET – «Петропавловск».

Место взрывов в районе пос. Южные Коряки находится на расстоянии ≈ 40 *км* от г. Петропавловска-Камчатского (рис. 6).

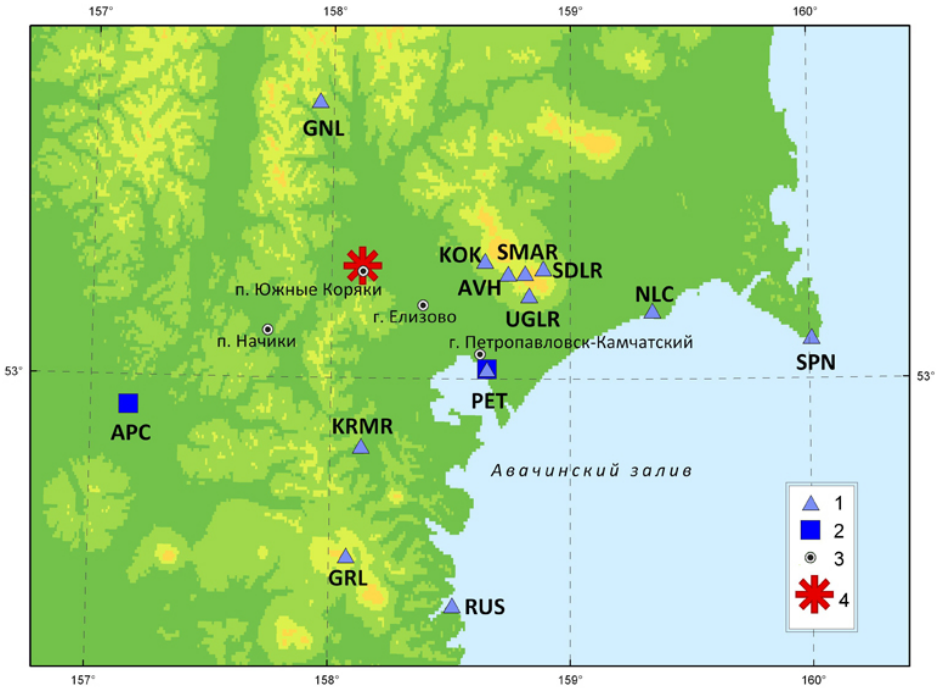


***Рис. 6.*** Расположение станций сейсмической сети КФ ГС РАН, зарегистрировавших взрывы 30 сентября – 1 октября 2005 г.

1, 2 – радиотелеметрическая и цифровая станция соответственно; 3 – населенный пункт; 4 – район взрывов.

Взрывы были ощутимы в ближайших поселках (Южные Коряки (с Δ=1 *км*), Зеленый (3 *км*), Березняки (3 *км*), Центральные Коряки (5 *км*), Лесной (7 *км*), Раздольный (11 *км*)), а также на дачных участках. Люди ощущали сотрясения и сильный грохот, которые были вызваны ударными волнами. При этом характер сотрясений совершенно не походил на колебания от землетрясений: не дрожал пол, не было ощущения вибрации здания. Мощная ударная волна от взрыва в $20^h00^m$ вызвала повреждения многих построек: были выбиты стекла, рамы, двери в домах (как входные, так и межкомнатные), в печах и печных трубах возникли тонкие трещины, с крыш отрывало шифер вместе с гвоздями («шифер как будто подпрыгивал»). Люди ощутили сильное, резкое, очень неприятное давление на уши. Дом фермера с хозяйственными постройками, стоявший на расстоянии не более 200–300 *м* от места взрывов, был полностью разрушен.

Акустическую волну, сопровождавшую взрывы, можно было слышать и в более отдаленных населенных пунктах, таких, как г. Елизово (20 *км*), пос. Начики (32 *км*) и г. Петропавловск-Камчатский (40–50 *км*). Там был слышен гул, дребезжали стекла, а во время самого сильного взрыва распахивались незапертые форточки и срабатывала сигнализация на автомобилях.

На сейсмограммах наиболее близких станций – «Коряка», «Авача», «Угловая», «Петропавловск», находящихся в зоне прямой видимости, отчетливо были видны более поздние всту-

пления акустической волны с амплитудами, превышающими колебания грунта. Для примера на рис. 7 показаны записи взрыва № 3 на некоторых станциях: акустический сигнал присутствует на волновых формах со станций «Коряка» и «Петропавловск», а на станциях «Ганалы» (GNL) и «Апача» (APC) его нет, так же, как и на записях других более далеких станций.

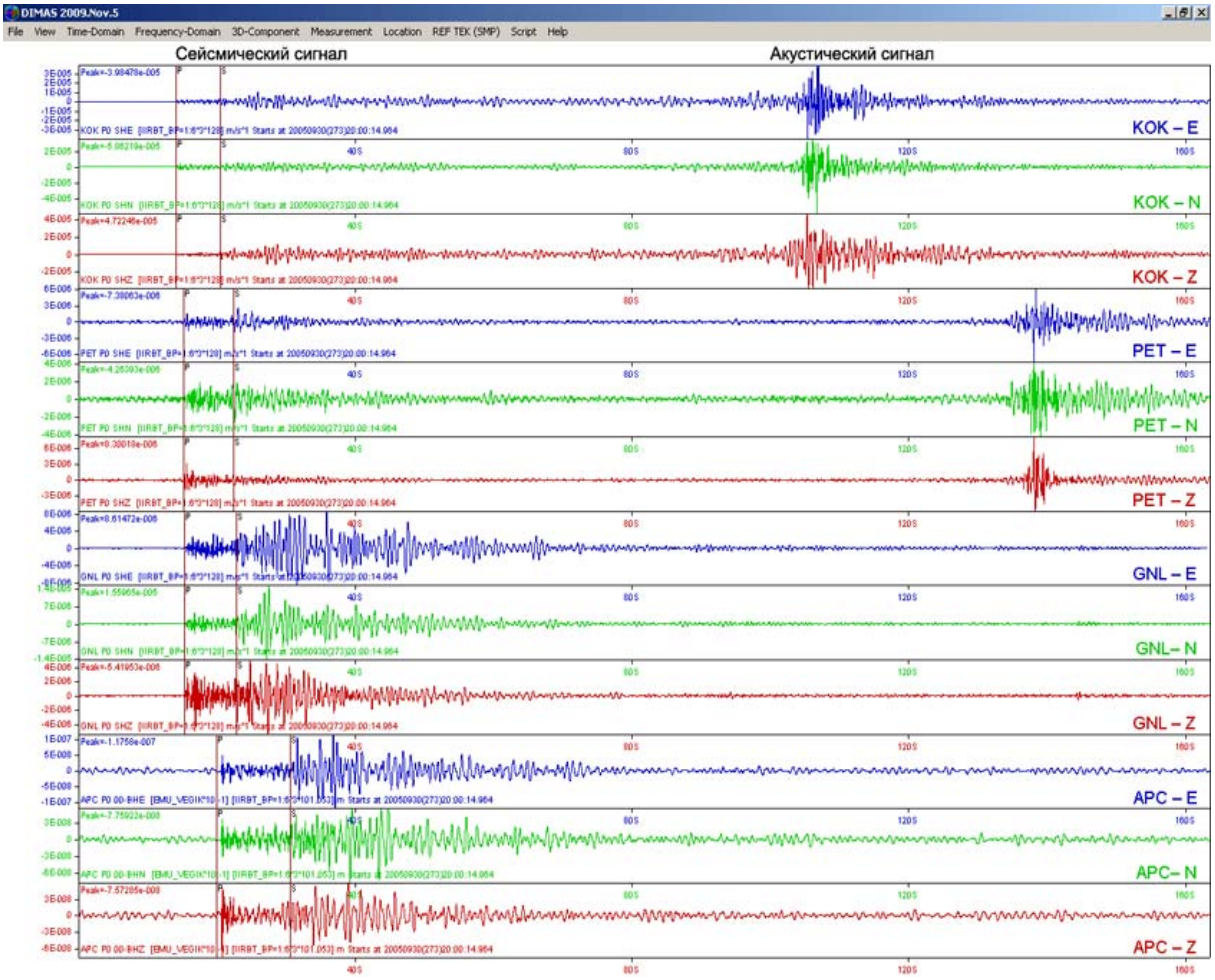


***Рис. 7.*** Сейсмограммы взрыва 30 сентября в $20^h00^m$ на станциях «Коряка»→KOK, «Петропавловск»→PET, «Ганалы»→GNL и «Апача»→APC (время по оси абсцисс отложено в относительных единицах)

Локация взрывов осуществлена по двум программам (GIP [6], DIMAS [20]) при фиксированной глубине $h$=0 *км*. Полученные решения эпицентров взрывов представлены в табл. 8 и на рис. 8. Заметно их систематическое смещение к западу и юго-западу относительно места взрывов, что может быть связано как с неточностью годографа, так и с тем, что при расчете координат не учитывалась высота $h_y$ станций, зарегистрировавших взрывы, над уровнем моря.

***Таблица 8.*** Решения эпицентров пяти взрывов по программам GIP и DIMAS

| № | Дата, *д м* | Программа GIP | | | Программа DIMAS | | | *h*, *км* | $K_S$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $t_0$, *ч мин с* | φ°, N | λ°, E | $t_0$, *ч мин с* | φ°, N | λ°, E | | |
| 1 | 30.09 | 17 33 25.4 | 53.263 | 158.063 | 17 33 25.0 | 53.264 | 158.063 | 0 | 7.3 |
| 2 | 30.09 | 19 53 38.0 | 53.271 | 157.985 | 19 53 38.8 | 53.250 | 158.040 | 0 | 6.1 |
| 3 | 30.09 | 20 00 20.3 | 53.268 | 158.059 | 20 00 20.3 | 53.253 | 158.088 | 0 | 7.1 |
| 4 | 30.09 | 20 13 30.0 | 53.268 | 158.055 | 20 13 30.0 | 53.257 | 158.063 | 0 | 6.1 |
| 5 | 01.10 | 00 37 44.9 | 53.222 | 158.103 | 00 37 43.9 | 53.229 | 158.070 | 0 | 5.3 |

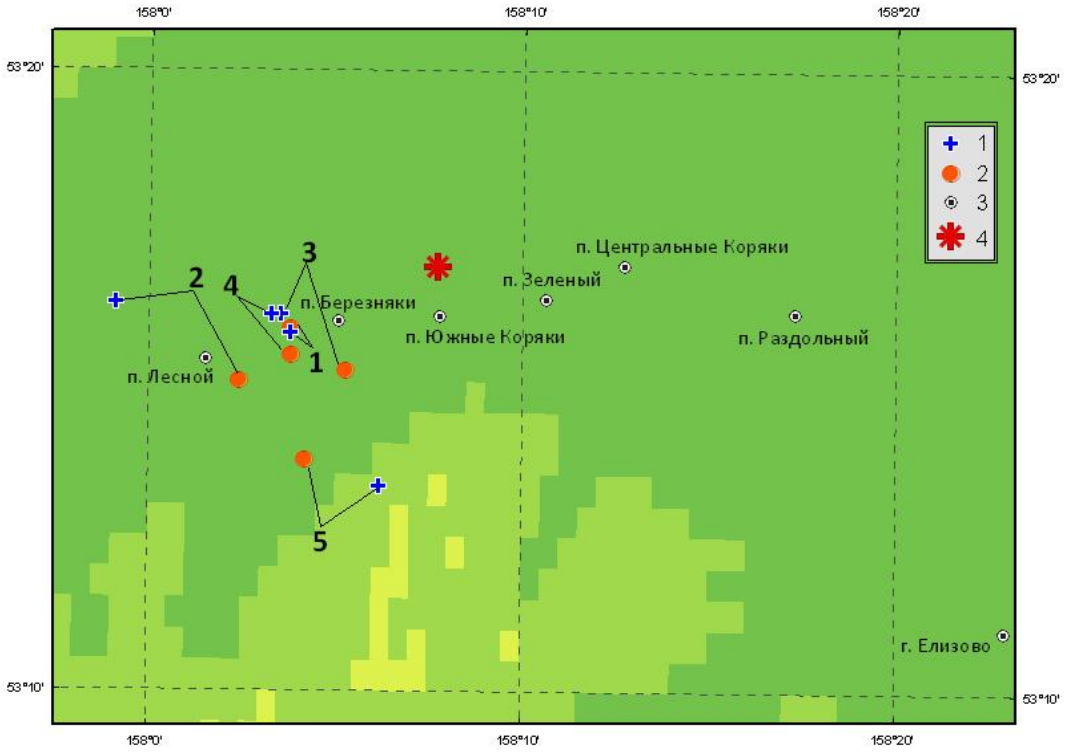


***Рис. 8.*** Карта эпицентров взрывов с 30 сентября по 1 октября 2005 г., зарегистрированных станциями сейсмической сети КФ ГС РАН

1, 2 – решения эпицентров взрывов по программам GIP и DIMAS соответственно; 3 – населенный пункт, 4 – район взрывов.

**Литература**


1. **Чебров В.Н., Воропаев В.Ф., Дрознин Д.В., Сергеев В.А., Шевченко Ю.В.** Развитие сети цифровых сейсмических станций Камчатки // Геофизический мониторинг Камчатки. Материалы научно-технической конференции, 17–18 января 2006 г., г. Петропавловск-Камчатский. – Петропавловск-Камчатский: ГС РАН, 2006. – С. 13–20.
2. **Левина В.И., Иванова Е.И., Гусева Е.М.** Камчатка и Командорские острова // Землетрясения Северной Евразии в 2001 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 213–222.
3. **Чеброва А.Ю., Левина В.И., Иванова Е.И., Митюшкина С.В., Гусева Е.М.** Камчатка и Командорские острова // Землетрясения Северной Евразии, 2004 год. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – С. 188–198.
4. **Старовойт О.Е., Мишаткин В.Н.** Сейсмические станции Российской академии наук (состояние на 2001 г.). – Москва–Обнинск: ГС РАН, 2001. – 86 с.
5. **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.
6. **Гусев А.А.** Определение гипоцентров близких землетрясений Камчатки на ЭВМ // Вулканология и сейсмология. – 1979. – № 1. – С. 74–81.
7. **Федотов С.А.** Энергетическая классификация Курило-Камчатских землетрясений и проблема магнитуд. – М.: Наука, 1972. – 117 с.
8. **Левина В.И., Лепская Т.С., Шевченко Н.А. (отв. сост.), Антипова О.Г., Бахтиарова Г.М., Карпенко Е.А., Кривогорницына Т.М., Леднева Н.А., Митюшкина С.В., Пархоменко С.А., Пилипенко Л.В., Раевская А.А.** Каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов за 2005 год (*N*=784). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
9. **Левина В.И., Иванова Е.И., Ландер А.В., Гусева Е.М.** Камчатка и Командорские острова // Землетрясения Северной Евразии, 2002 год. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 215–225.

10. **Иванова Е.И. (отв. сост.).** Каталог механизмов очагов землетрясений Камчатки и Командорских островов за 2005 год (*N*=32). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
11. **Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки и Командорских островов** (отчет за 01.01.2003–31.12.2003 г.). – Петропавловск-Камчатский: Фонды КФ ГС РАН, 2004. – 350 с.
12. **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.
13. **Левина В.И., Иванова Е.И., Ландер А.В., Чеброва А.Ю., Гусев А.А., Гусева Е.М.** Камчатка и Командорские острова // Землетрясения Северной Евразии, 2003 год. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 181–192.
14. **Bulletin of the International Seismological Centre for 2005.** – Berkshire: ISC, 2007**.**
15. **Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2005 год** / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2005–2006.
16. **Global CMT Web Page *http://www.globalcmt.org/CMTsearch.html***
17. **Левина В.И., Чеброва А.Ю., Ландер А.В., Иванова Е.И., Митюшкина С.В., Титков Н.Н.** Командорское землетрясение 5 декабря 2003 года с *MS*=6.8, $I_0$=7 (Командорские острова) // Землетрясения Северной Евразии, 2003 год. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 374–381.
18. **Алёшина Е.И., Комарова Р.С. (отв. сост.).** Каталог землетрясений Северо-Востока России за 2005 год (*N*=115). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
19. **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.
20. **Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки и Командорских островов** (отчет за 01.01.2000–31.12.2000 г.). – Петропавловск-Камчатский: Фонды КФ ГС РАН, 2001. – 350 с.