

## КАМЧАТКА И КОМАНДОРСКИЕ ОСТРОВА

В.И. Левина, Е.И. Гордеев, Е.И. Иванова, В.Н. Чебров

В 1994 г. методика детальной обработки землетрясений региона [1, 2, 3] существенно не изменилась. Некоторое изменение коснулось лишь классификации землетрясений: начиная с 1994 г. введены новые станционные поправки к энергетическим классам, рассчитанные по материалам наблюдений 1989-1993 гг. Поправки посчитаны для 21 станции (табл. 1), для 7 из них ("Апача", "Каменистая", "Козыревск", "Крестовский", "Шивелуч", "Зелёная", "Карымский") ранее поправок не было. Поправки к классам  $K_S$  по S-волнам изменяются от  $-0.4$  до  $+0.7$ , к классам  $K^P$  по P-волнам от  $-0.3$  до  $+0.3$ . Сравнение новых поправок с поправками, введенными в 1990 г. [4], показывает, что их изменение лежит в пределах  $\pm 0.2$ .

**Таблица 1.** Станционные поправки к энергетическим классам  $K^P$  и  $K_S$  сети сейсмических станций Камчатки

| №  | Станция                   |     | $K^P/K_S$ | Поправки-1990 г. |          |     | Поправки-1994 г. |          |      |
|----|---------------------------|-----|-----------|------------------|----------|-----|------------------|----------|------|
|    | Название                  | Код |           | $\Delta K$       | $\sigma$ | n   | $\Delta K$       | $\sigma$ | n    |
| 1  | Апача                     | APC | $K^P$     |                  |          |     | +0.1             | 0.4      | 512  |
|    |                           |     | $K_S$     |                  |          |     | +0.6             | 0.4      | 722  |
| 2  | Беринг                    | BKI | $K^P$     | -0.2             | 0.5      | 17  | 0.0              | 0.4      | 273  |
|    |                           |     | $K_S$     | -0.2             | 0.6      | 185 | -0.1             | 0.6      | 809  |
| 3  | Каменистая                | KMN | $K^P$     |                  |          |     | +0.1             | 0.4      | 263  |
|    |                           |     | $K_S$     |                  |          |     | +0.4             | 0.4      | 764  |
| 4  | Крутоберегово             | KBG | $K^P$     | +0.1             | 0.4      | 39  | 0.0              | 0.4      | 505  |
|    |                           |     | $K_S$     | 0.0              | 0.4      | 243 | 0.0              | 0.5      | 925  |
| 5  | Ключи                     | KLY | $K^P$     | +0.1             | 0.4      | 60  | -0.1             | 0.4      | 845  |
|    |                           |     | $K_S$     | +0.2             | 0.4      | 331 | +0.2             | 0.4      | 1455 |
| 6  | Кроноки                   | KRI | $K^P$     | -0.2             | 0.4      | 51  | -0.1             | 0.4      | 875  |
|    |                           |     | $K_S$     | -0.3             | 0.4      | 408 | -0.2             | 0.5      | 2265 |
| 7  | Козыревск                 | KZY | $K^P$     |                  |          |     | 0.0              | 0.4      | 399  |
|    |                           |     | $K_S$     |                  |          |     | +0.4             | 0.4      | 697  |
| 8  | Крестовский               | KRS | $K^P$     |                  |          |     | +0.3             | 0.3      | 236  |
|    |                           |     | $K_S$     |                  |          |     | +0.6             | 0.3      | 460  |
| 9  | Подкова                   | PDK | $K^P$     | -0.3             | 0.4      | 35  | 0.0              | 0.4      | 681  |
|    |                           |     | $K_S$     | -0.3             | 0.4      | 302 | -0.3             | 0.4      | 1116 |
| 10 | Паужетка                  | PAU | $K^P$     | +0.1             | 0.1      | 35  | +0.1             | 0.4      | 313  |
|    |                           |     | $K_S$     | +0.2             | 0.4      | 94  | +0.2             | 0.4      | 604  |
| 11 | Петропавловск- Камчатский | PET | $K^P$     | +0.1             | 0.4      | 140 | +0.1             | 0.4      | 1161 |
|    |                           |     | $K_S$     | +0.3             | 0.4      | 308 | +0.3             | 0.4      | 2208 |
| 12 | Шипунский                 | SPN | $K^P$     | -0.7             | 0.5      | 147 | -0.1             | 0.4      | 1099 |
|    |                           |     | $K_S$     | -0.1             | 0.5      | 396 | -0.1             | 0.5      | 2705 |
| 13 | Шивелуч                   | SVL | $K^P$     |                  |          |     | 0.0              | 0.4      | 640  |
|    |                           |     | $K_S$     |                  |          |     | -0.2             | 0.4      | 1060 |
| 14 | Эссо                      | ESO | $K^P$     | +0.5             | 0.4      | 92  | +0.3             | 0.3      | 358  |
|    |                           |     | $K_S$     | +0.3             | 0.4      | 293 | +0.3             | 0.4      | 1656 |
| 15 | Зелёная                   | ZLN | $K^P$     |                  |          |     | -0.2             | 0.4      | 673  |
|    |                           |     | $K_S$     |                  |          |     | -0.3             | 0.4      | 1191 |
| 16 | Карымский                 | KRY | $K^P$     |                  |          |     | -0.1             | 0.4      | 170  |
|    |                           |     | $K_S$     |                  |          |     | -0.4             | 0.4      | 1555 |
| 17 | Авача                     | AVH | $K_S$     | -0.4             | 0.6      | 219 | -0.2             | 0.4      | 1757 |
| 18 | Ганалы                    | GNL | $K_S$     | -0.3             | 0.5      | 219 | -0.1             | 0.4      | 992  |
| 19 | Нальчево                  | NLC | $K_S$     | -0.7             | 0.6      | 189 | +0.3             | 0.5      | 407  |
| 20 | Русская                   | RUS | $K_S$     | -0.2             | 0.4      | 43  | -0.1             | 0.4      | 584  |
| 21 | Горелый                   | GRL |           | +0.2             | 0.5      | 152 | +0.3             | 0.4      | 1416 |

В сети сейсмических станций по сравнению приведенной в [5] произошли следующие изменения: с 1 августа восстановлена станция "Беринг" (ВКИ); с 20 апреля закрыта станция "Березовая" (BER); в рамках договора с администрацией Корякского автономного округа по сейсмическому районированию территории КАО установлены 4 новых сейсмических станций – "Палана" (PAL), "Тиличики" (TIL), "Пахачи" (PCH) и "Каменское" (КАМ). Карта расположения сейсмических станций на территории КАО приведена на рис. 1, а основные параметры станций – в табл. 2.

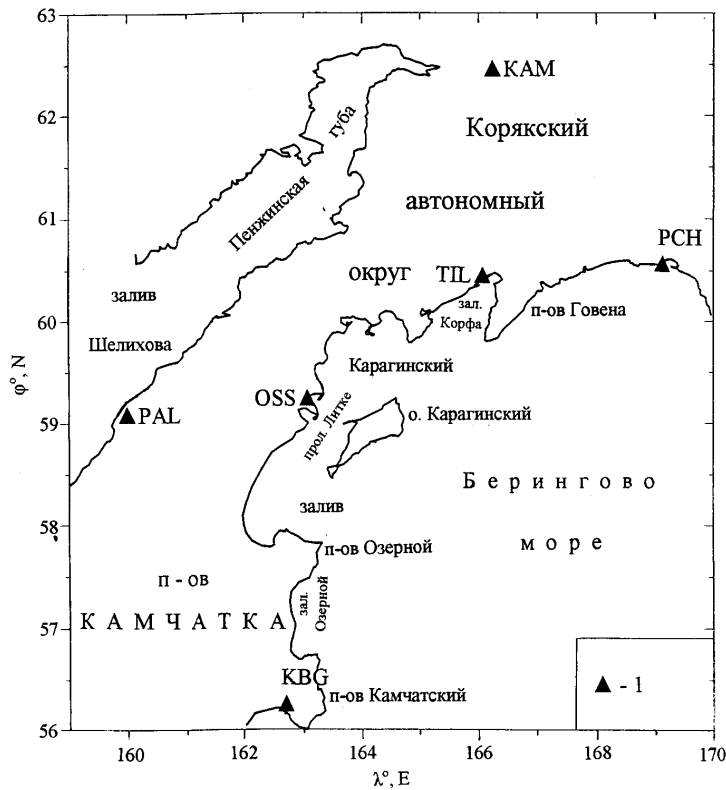


Рис. 1. Сеть сейсмических станций Корякского автономного округа  
1 – сейсмическая станция (названия даны в табл. 2).

Таблица 2. Параметры сети сейсмических станций Корякского автономного округа и станции "Беринг"

| № | Станция   |       |      | Год открытия | Координаты |        |                    | Аппаратура        |            |                               |                       |
|---|-----------|-------|------|--------------|------------|--------|--------------------|-------------------|------------|-------------------------------|-----------------------|
|   | Название  | Код   |      |              | φ°, N      | λ°, E  | h <sub>y</sub> , м | Тип прибора       | Комп-нента | V <sub>max</sub> /чувствит-ть | ΔT <sub>max</sub> , с |
|   |           | Межд. | Рег. |              |            |        |                    |                   |            |                               |                       |
| 1 | 2         | 3     | 4    | 5            | 6          | 7      | 8                  | 9                 | 10         | 11                            | 12                    |
| 1 | Тиличики  | TIL   | TIL  | 1993         | 60.43      | 166.08 | 40                 | СМ-3              | N,E,Z      | 5000                          | 0.1-1.0               |
| 2 | Пахачи    | PCH   | PCH  | 1992         | 60.56      | 169.13 | 0                  | СМ-3              | E,Z        | 5000                          | 0.1-1.0               |
| 3 | Палана    | PAL   | PAL  | 1994         | 59.09      | 159.96 | 80                 | СМ-3              | N,E,Z      | 10000                         | 0.1-1.0               |
| 4 | Каменское | КАМ   | КАМ  | 1994         | 62.46      | 166.21 | 80                 | STS-1             | N,E,Z      | 2400с                         | 0.1-1.0               |
| 5 | Беринг    | ВКИ   | ВКИ  | 1962         | 55.20      | 165.97 | 10                 | СМ-3<br>СМ-3, КПЧ | N,E,Z<br>E | 5000<br>250                   | 0.1-1.0<br>0.1-1.0    |

**Сейсмичность региона.** В течение 1994 г. на территории Камчатки, Командорских островов и Корякского Автономного округа зарегистрировано 1227 землетрясений с  $K_S=7-14$ . Из общего числа зарегистрированных землетрясений 26 имеют энергетический класс  $K_S$  от 12 до 14, диапазон магнитуд  $M_S=3.9-6.0$ , для 22 из них определён механизм очага (см наст. сб.). Уровень представительности землетрясений  $K_{min}$  почти во всём регионе соответствует  $K_S=9$  (рис. 2). Распределение землетрясений по классам  $K_S$  приведено в табл. 3.

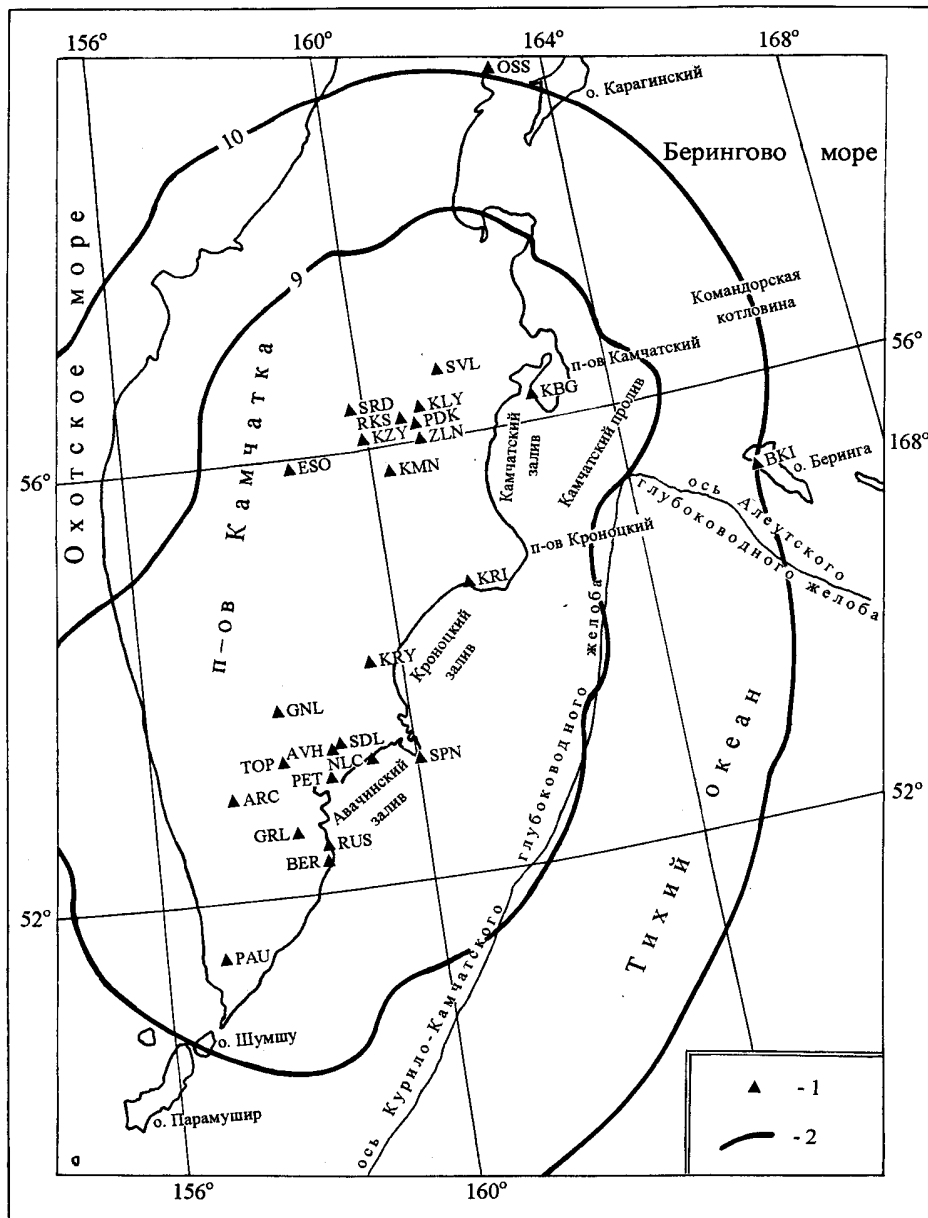


Рис. 2. Карта представительной регистрации землетрясений  $K_{min}$

1 – сейсмическая станция; 2 – изолиния  $K_{min}$ .

Таблица 3. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам  $K_s$

| $K_s$ | < 9 | 9   | 10  | 11 | 12 | 13 | 14 |
|-------|-----|-----|-----|----|----|----|----|
| N     | 500 | 421 | 205 | 75 | 19 | 6  | 1  |

На рис. 3, 4 представлены карта эпицентров землетрясений с  $K_s \geq 9$ , зарегистрированных на территории Камчатки в 1994 г., и глубинные разрезы поля эпицентров вдоль и вкrest фокальной зоны (по линиям А-А' и В-В'), на рис. 5 – графики распределения числа землетрясений и накопления выделившейся сейсмической энергии во времени. Суммарная энергия  $\Sigma E$  в регионе, выделившаяся в очагах землетрясений за 1994 г., составляет  $1.0 \cdot 10^{14}$  Дж, что значительно меньше среднегодовой величины  $\Sigma E = 7.4 \cdot 10^{14}$  Дж, рассчитанной нами по наблюдениям за 1962-1992 гг.

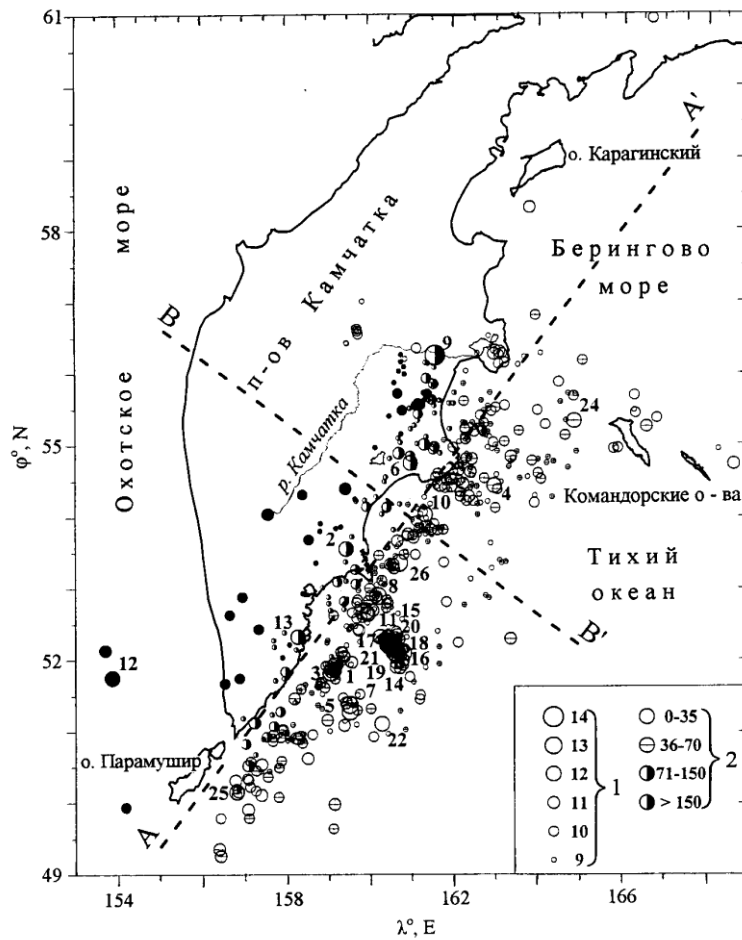


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений территории Камчатки

1 – энергетический класс  $K_S$ ; 2 – глубина  $h$  гипоцентра, км. Пунктирными линиями обозначены плоскости разрезов вдоль (А-А') и вкрест (В-В') фокальной зоны. Цифры – номера землетрясений из графы 1 каталога (см. наст. сб.).

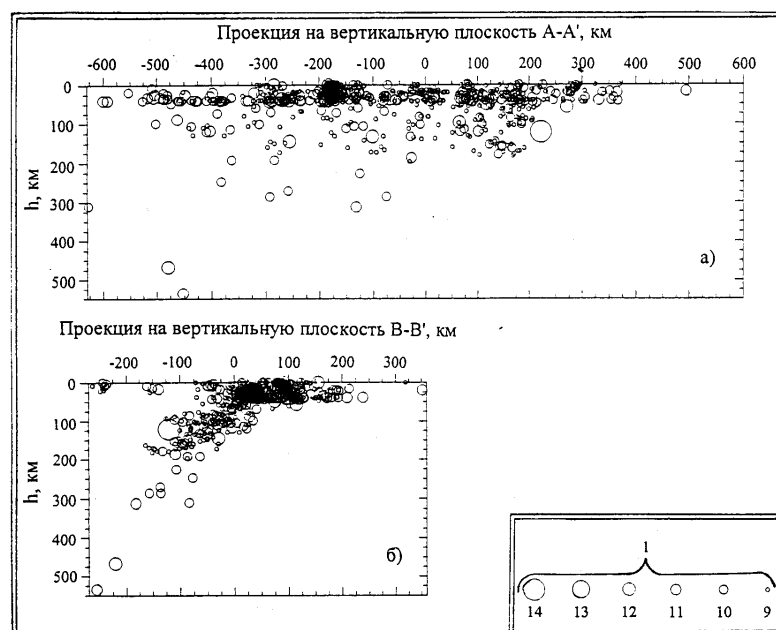


Рис. 4. Глубинные разрезы по А-А' и В-В' для землетрясений с рис. 3

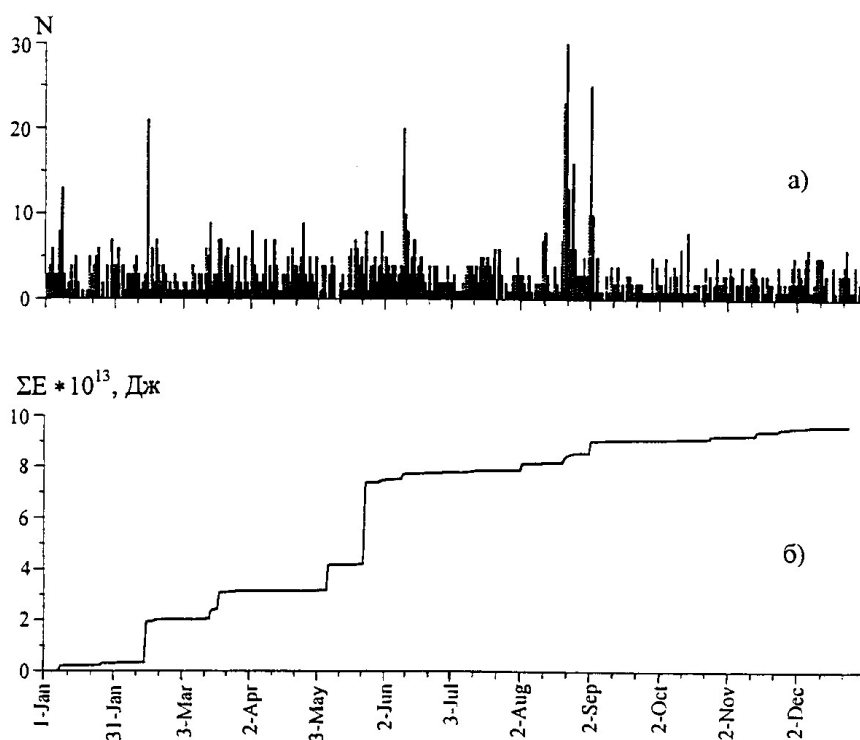
1 – энергетический класс  $K_S$ .

Рис. 5. Суточные числа  $N$  землетрясений с  $K_S \geq 9$  (а) и кумулятивный график выделенной сейсмической энергии  $\Sigma E$  (б) в регионе в 1994 г.

Наиболее активным в 1994 г. был район юго-восточнее Шипунского п-ова (западный склон Курило-Камчатского глубоководного жёлоба), где в августе-сентябре имел место рой из 126 землетрясений с  $K_S \geq 9$  в диапазоне глубин 0-50 км. Детальная карта их эпицентров и вертикальные разрезы А-А' и В-В' приведены на рис. 6. В рой вошло около 30% сильных ( $K_S \geq 11.5$ ,  $MS \geq 4.4$ ) землетрясений года (14-20 на рис. 3, 6). Наиболее сильное ( $K_S = 12.5$ ) событие (20) произошло 1 сентября в 20<sup>h</sup>27<sup>m</sup> в центральной части роя, остальные шесть (14-19) достаточно сильных толчков, произошли ранее: 20.08 в 20<sup>h</sup>08<sup>m</sup> ( $K_S = 11.8$ ,  $M_c = 4.7$ ), 21.08 в 04<sup>h</sup>24<sup>m</sup> ( $K_S = 11.6$ ,  $M_c = 5.1$ ), 22.08 в 10<sup>h</sup>15<sup>m</sup> ( $K_S = 11.6$ ,  $M_c = 4.8$ ), 23.08 в 21<sup>h</sup>14<sup>m</sup> ( $K_S = 11.5$ ,  $M_c = 4.6$ ), 01.09 в 10<sup>h</sup>50<sup>m</sup> ( $K_S = 11.6$ ,  $M_c = 4.9$ ), 01.09 в 20<sup>h</sup>06<sup>m</sup> ( $K_S = 11.9$ ,  $M_c = 5.4$ ).

В то же время доля высвобожденной в их очагах энергии составляет всего 10% от общей суммы  $\Sigma E$ . Это говорит о том, что в течение года высвобождение энергии в других частях происходило за счет отдельных одиночных толчков. Тип подвижки в очагах этих землетрясений – сбросы и взбросы с преобладающей сдвиговой компонентой (рис. 7). В этой же эпицентральной зоне, в её западной части, 24 октября в 04<sup>h</sup>04<sup>m</sup> на глубине 11 км произошло еще одно, последнее в этом рое, сильное ( $K_S = 12.0$ ,  $MS = 4.8$ ) землетрясение (21 на рис. 3) со взбросовым типом подвижки в очаге. Позднее, 13 ноября в 19<sup>h</sup>55<sup>m</sup>, в центральной части жёлоба, южнее роя, было зарегистрировано землетрясение (22) с  $K_S = 12.2$ ,  $MS = 5.1$  со взбросовой компонентой подвижки в очаге. Кроме того, на западном склоне жёлоба, напротив южной оконечности Камчатки, отмечены события 5 и 7, происшедшие 15 марта в 17<sup>h</sup>51<sup>m</sup> и 19 марта в 01<sup>h</sup>24<sup>m</sup> с  $MS = 5.2$  и 5.8 соответственно, со взбросовой и взбросо-сдвиговой подвижкой в очагах. Таким образом, в пределах Курило-Камчатского жёлоба произошло 11 сильных землетрясений из 26 зарегистрированных в целом по Камчатскому региону. Почти все они не ощущались жителями полуострова вследствие достаточной удалённости эпицентров от побережья, кроме землетрясения 7 с ощутимостью 2 балла в Петропавловске-Камчатском.

На стыке Курило-Камчатского и Алеутского глубоководных жёлобов, западнее о. Беринга, зарегистрировано одно сильное событие с  $K_S = 11.6$  (24 на рис. 3). Механизм его очага не определён из-за недостатка данных.

В пределах Командорской котловины землетрясений с  $K_S \geq 11.5$  не было.

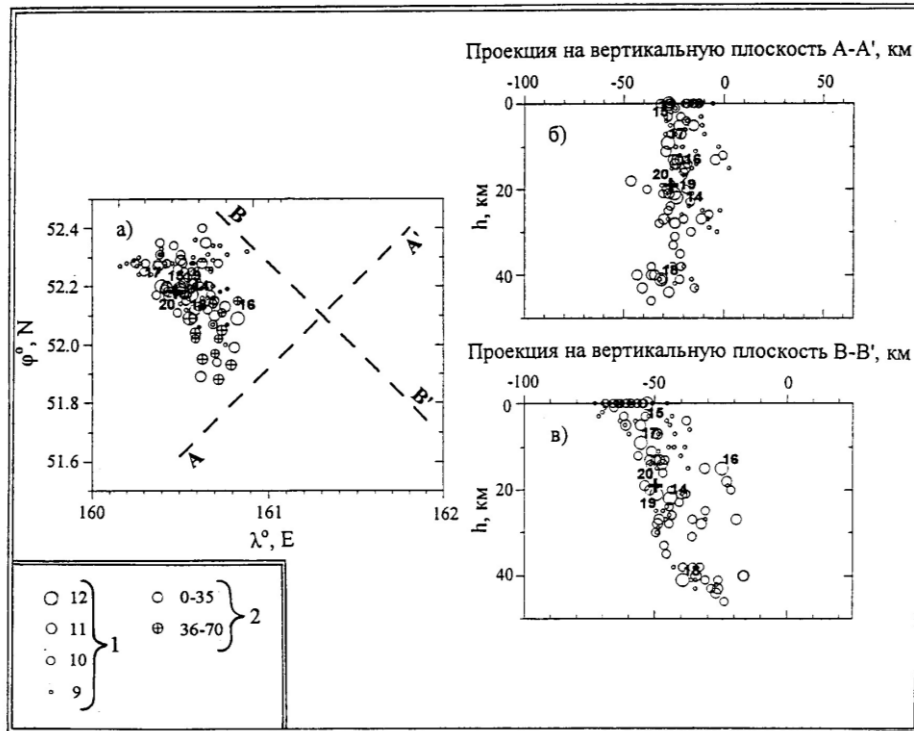


Рис. 6. Карта эпицентров (а) и вертикальные разрезы А-А' (б) и В-В' (в) роя с 11.08 по 02.09 1994 г.

1 – энергетический класс  $K_S$ ; 2 – глубина  $h$  гипоцентра, км. Жирным крестом обозначено наиболее сильное событие роя. Числа соответствуют номерам сильных ( $K_S \geq 11.5$ ) землетрясений в первой графе каталога (см. наст. сб.).

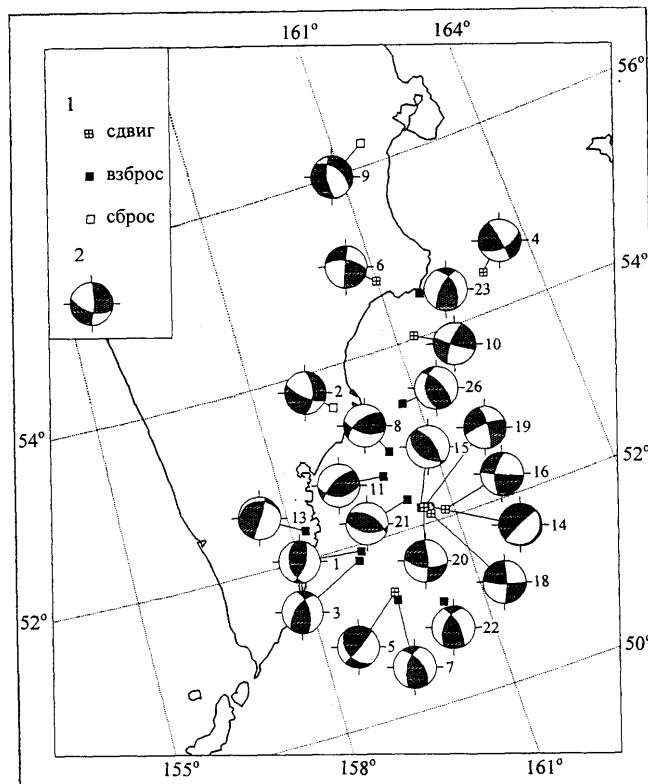


Рис. 7. Карта механизмов очагов сильных землетрясений Камчатки и Командорских островов с  $K_S \geq 11.5$

1 – тип подвижки; 2 – диаграмма механизма очага. Номера землетрясений соответствуют таковым в каталоге (см. наст. сб.).

В области выхода Курило-Камчатской сейсмофокальной зоны на дно океана, на участке от Кроноцкого п-ова до южной оконечности Камчатки, было зарегистрировано шесть сильных землетрясений (1, 3, 8, 10, 11, 26 на рис. 3) с  $M_S$  от 4.3 до 6.0. Очаги всех событий этой зоны имеют взбросовую компоненту подвижки за исключением землетрясения 10, расположенного на самом севере описываемой зоны, которое характеризуется как взбросо-сдвиг. Все шесть землетрясений ощущались жителями г. Петропавловска-Камчатского и жителями восточного побережья. Самое сильное из них событие (3) с  $K_S=13.2$ ,  $M_S=6.0$  произошло 14 февраля в 11<sup>h</sup>14<sup>m</sup> у южной оконечности Камчатки на глубине 37 км. Тип подвижки в его очаге – взбросо-сдвиг (рис. 7).

На п-ове Камчатка на глубине от 97 до 145 км произошло четыре сильных события (2, 6, 9, 13 на рис. 3). Одно из них (9), зарегистрированное 24 мая в 21<sup>h</sup>13<sup>m</sup>, имеет максимальный в 1994 г. энергетический класс  $K_S=13.5$  ( $M_S=5.2$ ). Тип подвижки в его очаге – сбросо-сдвиг (рис. 7). В пос. Ключи и на сейсмической станции "Кроноки" оно ощущалось с интенсивностью до 5 баллов.

Одинокое землетрясение (12 на рис. 1) с  $K_S=11.6$  отмечено на глубине 467 км в Охотском море. Механизм его очага, как и землетрясений 17, 24, 25, не определен из-за недостатка данных.

На уровне  $K_S \geq 11.5$  типы подвижек в очагах землетрясений (рис. 7) соответствуют региональному напряженному состоянию Камчатки и Командорских островов по материалам 1964-1982 гг. [6].

Сведения об осязательности землетрясений на территории Камчатки представлены в каталоге землетрясений (см. наст. сб.).

#### Л и т е р а т у р а

1. Федотов С.А., Зобин В.М., Гордеев Е.И., Иванова Е.И., Лепская Т.С., Митякин В.П., Синельникова Л.Г., Чиркова В.Н. 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. Зобин В.М., Митюшкина С.В., Чиркова В.Н. 1993. Станционные поправки к номограммам С.А. Федотова для энергетической классификации землетрясений Камчатки и Командорских островов // Вулканология и сейсмология. №1. С. 82-92.
5. Гордеев Е.И., Левина В.И., Чебров В.Н., Иванова Е.И., Шевченко Ю.В., Степанов В.В. 1999. Землетрясения Камчатки и Командорских островов // Землетрясения Северной Евразии в 1993 году. М.: НИИ-Природа. С. 102-114.
6. Зобин В.М. 1987. Механизм очагов землетрясений и сеймотектоническое деформирование Камчатско-Командорского региона в 1964-1982 гг. // Вулканология и сейсмология. №2. С. 80-88.