

КУРИЛО-ОХОТСКИЙ РЕГИОН**Т.А. Фокина, Д.А. Сафонов, Е.Н. Дорошкевич**Сахалинский филиал ГС РАН, г. Южно-Сахалинск, fokina@seismo.sakhalin.ru

Сеть сейсмических станций на территории Курило-Охотского региона в 2007 г., как и в предыдущие двенадцать лет, состояла из трех станций: «Северо-Курильск» (SKR), «Курильск» (KUR) и «Южно-Курильск» (YUK) (рис. 1). Параметры и местоположение сейсмических станций региона в 2007 г. относительно [1] не изменились. Сейсмические станции Курило-Охотского региона входят в состав общей сети Сахалинского филиала ГС РАН (SKHL), представленной на рис. 1 из [2]. На этом же рисунке приведена карта магнитудной представительности землетрясений за 2007 г., рассчитанная с учетом всех станций СФ ГС РАН, участвующих в обработке. Из нее следует, что на большей части территории Курило-Охотского региона представительными являются землетрясения с $M_{\min}=4$ ($K_{C\min}=9.2$), а на территории Онекотан-Матуанского района (№ 2) и северо-восточной части Охотского моря (район № 8) без пропусков могут регистрироваться лишь события с $M_{\min}\geq 4.5$ ($K_{C\min}\geq 10.2$). И только на небольшом участке юго-западной части Охотского моря, находящемся в окружении станций «Южно-Сахалинск», «Курильск» и «Южно-Курильск» (рис. 1), представительными являются землетрясения с $M_{\min}\geq 3.5$ ($K_{C\min}\geq 8.2$). Пересчет из M_{\min} в $K_{C\min}$ выполнен по формуле $K_C=2\cdot M+1.2$ из [3].

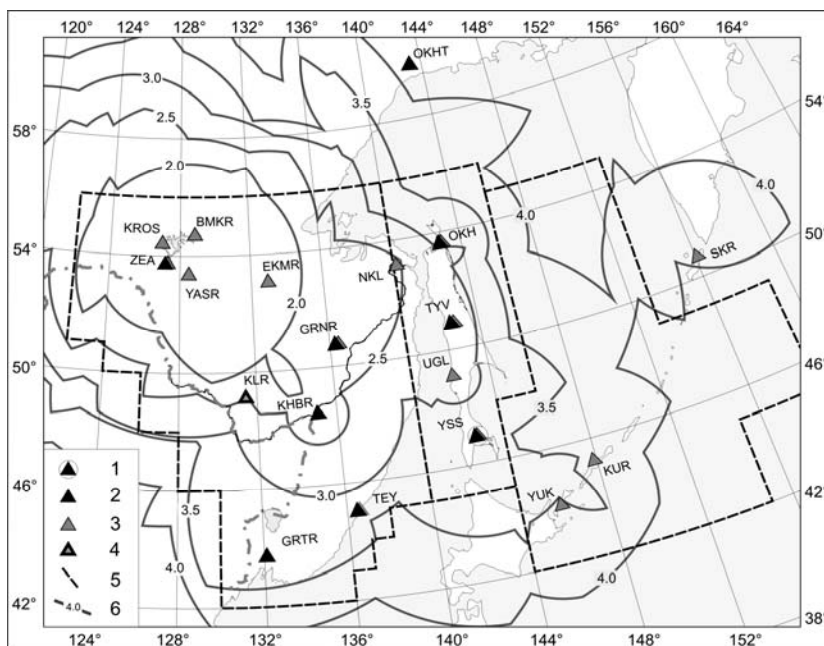


Рис. 1. Карта магнитудной представительности землетрясений M_{\min} Приморья и Приамурья, Сахалина и Курило-Охотского регионов в 2007 г. из [2]

1 – опорная сейсмическая станция; 2, 3 – цифровая и аналоговая сейсмическая станции сети SKHL соответственно; 4 – аналоговая сейсмическая станция ГС РАН «Кульдур»; 5 – граница региона; 6 – изолиния M_{\min} .

Для определения параметров землетрясений региона привлекались инструментальные данные сейсмических станций Приамурья и Приморья [2], Сахалина [4], а также бюллетени ГС РАН [5], JMA, ISC [6]. Методика обработки данных [3, 7–14], границы региона [15] и сейсмоактивных районов остались такими же, как в 2006 г. [1]. В качестве оценки величины землетрясений использована расчетная магнитуда M^p , значения которой определены по формулам связи магнитуд по объемным и поверхностным волнам С.Л. Соловьёва и О.Н. Соловьёвой из [3, 12, 13]:

– для событий с глубиной $h \leq 80$ км: $M^p = MLH$; $M^p = (K_C - 1.2)/2$; $M^p = (MSH - 1.71)/0.75$; $M^p = (MPV - 2.5)/0.65$; $M^p = (MSHA - 1.71)/0.75$; $M^p = (MPVA - 2.5)/0.65$;
 – для событий с $h > 80$ км: $M^p = (MSH - 1.71)/0.75$; $M^p = (MPV - 2.5)/0.65$; $M^p = (K_C - 1.2)/2$; $M^p = (MSHA - 1.71)/0.75$; $M^p = MLH$; $M^p = (MPVA - 2.5)/0.65$.

В региональный каталог [16], публикуемый в наст. сб., включены параметры 1015 землетрясений с $M^p = 2.6 - 8.1$, что лишь на 6 событий больше, чем в 2006 г. [17]. Карта эпицентров землетрясений Курило-Охотского региона в 2007 г. приведена на рис. 2, а их распределение по глубине – на рис. 3. Основная часть землетрясений располагается на западном склоне Курило-Камчатского глубоководного желоба, углубляясь в северо-западном направлении. Эпицентры глубоких ($h > 300$ км) землетрясений расположены в акватории Охотского моря. Гипоцентры 891 землетрясения (88% от общего числа) расположились в верхнем глубинном интервале с $h \leq 80$ км (рис. 3), 11% событий зарегистрировано в промежуточном интервале $h = 81 - 300$ км, а в нижнем интервале ($h > 300$ км) глубины находится менее 2% землетрясений. Самое глубоководное ($h = 609 \pm 12$ км) землетрясение региона произошло в акватории Охотского моря 23 марта в 16^h59^m с магнитудой $MSH = 4.1$, $M^p = 3.2$.

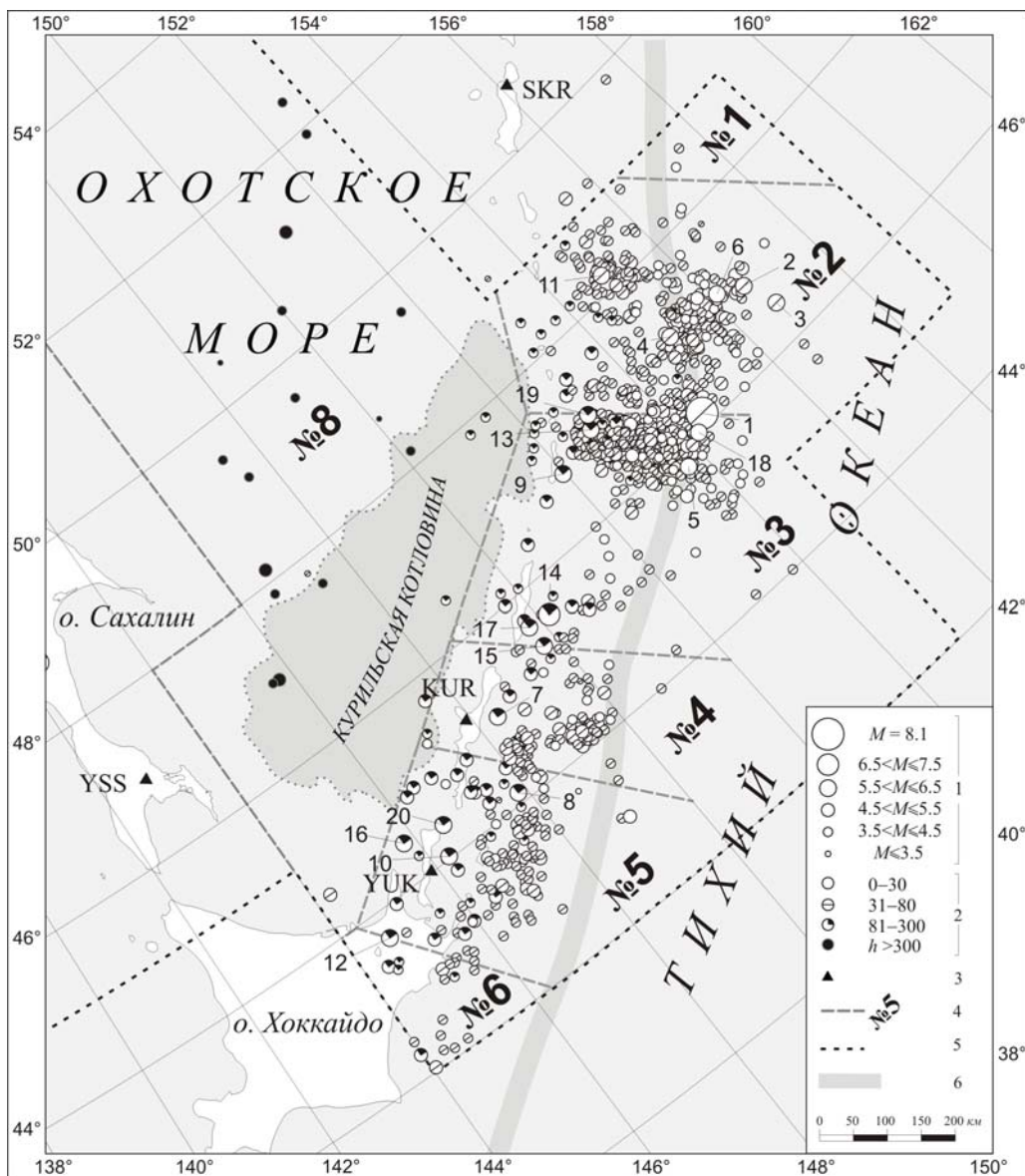


Рис. 2. Сейсмическая сеть и карта эпицентров землетрясений Курило-Охотского региона в 2007 г.

1 – магнитуда M^p ; 2 – глубина h гипоцентра, км; 3 – сейсмическая станция; 4 – граница и номер района соответственно; 5 – граница зоны ответственности сети СФ ГС РАН; 6 – ось глубоководного Курило-Камчатского желоба.

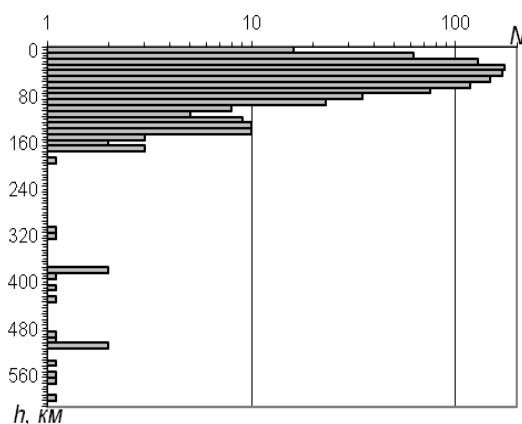


Рис. 3. Распределение землетрясений Курило-Охотского региона по глубине гипоцентра h

В табл. 1 и 2 даны распределения землетрясений по магнитудам M^p в поверхностном и глубоком слоях сейсмоактивного объема в 2001–2007 гг.

Таблица 1. Число мелкофокусных ($h \leq 80$ км) землетрясений разных магнитуд $N(M)$ и суммарная сейсмическая энергия ΣE в Курило-Охотском регионе в 2001–2007 гг.

| Год | M^p | | | | | | | | N_{Σ} | N_{Σ} ($M^p > 4$) | ΣE 10^{12} Дж | ΣE 10^{12} Дж ($M^p > 4$) |
|---------|----------|-------|------|-----|-----|-----|-----|-----|--------------|-------------------------------|----------------------------|---|
| | ≤ 4 | 4.5 | 5 | 5.5 | 6 | 6.5 | 7 | 8 | | | | |
| 2001 | 239 | 108 | 26 | 5 | 4 | | 1 | | 383 | 144 | 4362.23 | 4343.75 |
| 2002 | 217 | 85 | 10 | 2 | 3 | 1 | | | 318 | 101 | 734.72 | 717.02 |
| 2003 | 256 | 140 | 33 | 15 | 9 | 2 | | 2 | 455 | 199 | 1959.97 | 1937.82 |
| 2004 | 173 | 155 | 24 | 8 | 2 | 2 | 2 | | 366 | 193 | 3887.31 | 3874.87 |
| 2005 | 150 | 79 | 16 | 2 | 2 | | | | 249 | 99 | 242.22 | 230.36 |
| 2006 | 405 | 371 | 75 | 21 | 7 | 5 | 1 | 1 | 886 | 481 | 66766.49 | 66730.70 |
| Сумма | 1440 | 938 | 184 | 53 | 27 | 10 | 4 | 1 | 2657 | 1217 | 77952.94 | 77834.52 |
| Среднее | 240 | 156.3 | 30.7 | 8.8 | 4.5 | 1.7 | 0.7 | 0.2 | 442.8 | 202.8 | 12992.16 | 12972.42 |
| 2007 | 545 | 283 | 49 | 8 | 4 | 1 | | 1 | 891 | 346 | 89918.32 | 89877.22 |

Примечание. Распределение землетрясений по магнитудам построено для $M^p=4$ (3.8–4.2); $M^p=4.5$ (4.3–4.7); $M^p=5$ (4.8–5.2); $M^p=5.5$ (5.3–5.7) и т.д.

Таблица 2. Число глубокофокусных ($h > 80$ км) землетрясений разных магнитуд $N(M^p)$ и суммарная сейсмическая энергия ΣE в Курило-Охотском регионе в 2001–2007 гг.

| Год | M^p | | | | | | | | N_{Σ} | N_{Σ} ($M^p > 4$) | ΣE 10^{12} Дж | ΣE 10^{12} Дж ($M > 4$) |
|---------|----------|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|--------------|-------------------------------|----------------------------|---|
| | ≤ 4 | 4.5 | 5 | 5.5 | 6 | 6.5 | 7 | 8 | | | | |
| 2001 | 64 | 53 | 25 | 8 | 4 | 3 | 1 | | 158 | 94 | 6087.98 | 6083.70 |
| 2002 | 64 | 53 | 32 | 11 | 3 | 2 | 1 | 1 | 167 | 103 | 65492.03 | 65487.96 |
| 2003 | 54 | 55 | 31 | 19 | 4 | | 1 | | 164 | 110 | 1479.57 | 1476.04 |
| 2004 | 25 | 21 | 24 | 13 | 3 | | 1 | | 87 | 62 | 1852.69 | 1851.02 |
| 2005 | 24 | 17 | 20 | 17 | 3 | 1 | | | 82 | 58 | 741.38 | 739.79 |
| 2006 | 16 | 22 | 48 | 31 | 4 | 2 | | | 123 | 107 | 1241.02 | 1240.30 |
| Сумма | 247 | 221 | 180 | 99 | 21 | 8 | 4 | 1 | 781 | 534 | 76894.67 | 76878.81 |
| Среднее | 41.2 | 36.8 | 30 | 16.5 | 3.5 | 1.3 | 0.7 | 0.2 | 130.2 | 89 | 12815.78 | 12813.14 |
| 2007 | 38 | 41 | 23 | 13 | 5 | 3 | 1 | | 124 | 86 | 3851.16 | 3848.15 |

По совокупности данных за 2007 г. построены графики повторяемости (рис. 4), из которых следует, что в 2007 г. магнитуду $M^p=4.5$ можно считать представительной как для поверхностных, так и для глубоких землетрясений всего региона. Исходя из этого дальнейший сравнительный анализ сейсмичности региона в 2007 г. проведен для землетрясений с $M^p \geq 4.5$.

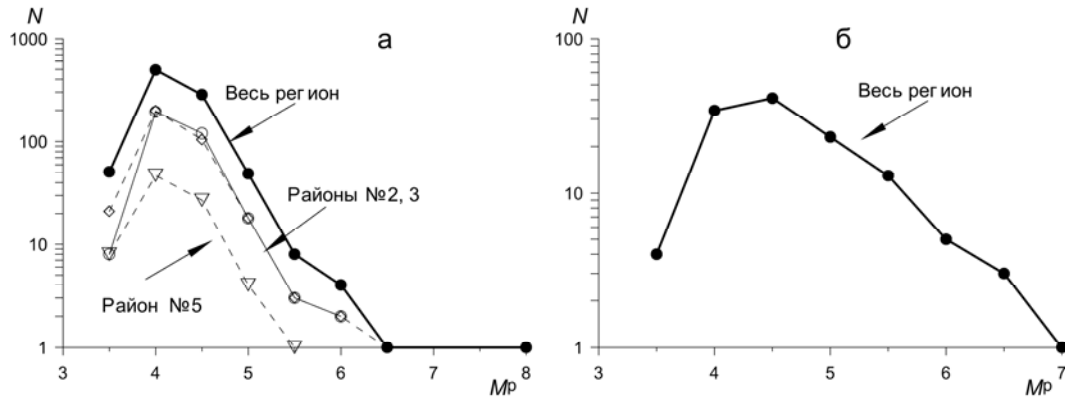


Рис. 4. Графики повторяемости для землетрясений из поверхностного (а) и глубокого (б) слоев по данным каталога Курило-Охотского региона [16] за 2007 г.

Мелкофокусная сейсмическая активность в 2007 г. была столь же высока, как и в 2006 г., и намного превосходила наблюдаемую в течение 2001–2005 гг. (табл. 1 и рис. 5 а). Число землетрясений с $M^p > 4$ ($N=346$) в 2007 г. более чем в полтора раза превышает среднее значение за предыдущие шесть лет ($N_{cp}=202$). Сейсмическая энергия, высвобожденная поверхностными очагами в 2007 г. ($E_{\Sigma}=89.88 \cdot 10^{15}$ Дж), сравнима с таковой в 2006 г. ($E_{\Sigma}=66.73 \cdot 10^{15}$ Дж [1]), что связано с продолжающейся активизацией очага Симуширского-I землетрясения [1] и новым Симуширским-II землетрясением с $MLH=8.1$ (1 на рис. 2), которое произошло 13 января 2007 г. в $04^h 23^m$ восточнее о. Симушир. Курильские острова – малонаселенная территория региона и максимальная интенсивность сотрясений, сведения о которой поступили из населенных пунктов Курильских островов, достигла 5 баллов (на о. Парамушир, в г. Северо-Курильск ($\Delta=511$ км), на о. Итуруп – в пос. Горячие Ключи ($\Delta=539$ км) и пос. Горный ($\Delta=557$ км) [18]).

Глубокофокусная ($h > 80$ км) сейсмическая активность в регионе в 2007 г. была чуть выше среднего уровня по числу землетрясений и заметно ниже по величине высвобожденной энергии (табл. 2, рис. 5 б). Самое сильное ($MSH=7.0$, $M^p=7.1$) глубокофокусное землетрясение (14) было зафиксировано 3 сентября в $16^h 14^m$ юго-западнее о. Уруп, на глубине $h=106$ км. Максимальный макросейсмический эффект ($I=4$ балла) глубокофокусных землетрясений отмечен в населенных пунктах о. Итуруп – пос. Рейдово ($\Delta=217$ км), пос. Китовый ($\Delta=226$ км) и г. Курильск ($\Delta=228$ км).

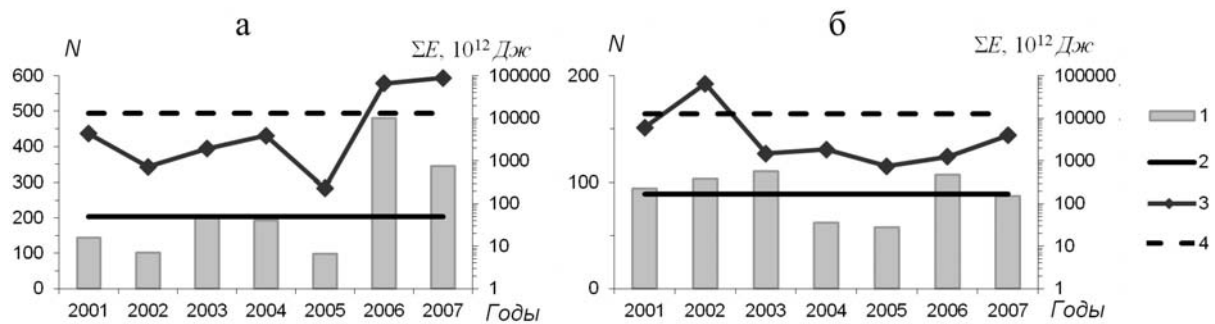


Рис. 5. Годовые числа N и величина ΣE сейсмической энергии, высвобожденной в Курило-Охотском регионе мелкофокусными (а) и глубокими (б) землетрясениями с $M^p \geq 4.5$ за период 2001–2007 гг.

1 – число землетрясений N ; 2 – среднегодовое число землетрясений по данным за 2001–2006 гг.; 3 – ΣE ; 4 – среднегодовое значение высвобожденной энергии за период 2001–2006 гг.

Всего в регионе отмечено 20 ощутимых землетрясений [16]. Наибольшее число событий ($N=12$) произошло в Кунашир-Шикотанском районе (№ 5), по два зарегистрировано в районах: Онекотан-Матуанском (№ 2), Симушир-Урупском (№ 3) и о. Хоккайдо (№ 6). В Парамуширском районе (№ 1) и Охотском море (№ 8) в 2007 г. ощутимых землетрясений не отмечено (табл. 3).

Таблица 3. Распределение землетрясений по интервалам глубины h , максимальные значения интенсивности сотрясений I_{\max} , энергетического класса $K_{C\max}$ и магнитуд MLH , MSH , M^P в районах №№ 1–8

| № | Район | h км | N_{Σ} | $N_{\text{ощут.}}$ | I_{\max} | $K_{C\max}$ | M_{\max} | | |
|---|---------------------|-----------|--------------|--------------------|------------|-------------|------------|-------|-------|
| | | | | | | | MLH | MSH | M^P |
| 1 | Парамуширский | 0–30 | 1 | | | 10.0 | 4.3 | | 4.3 |
| | | 31–80 | 2 | | | 10.8 | 4.3 | 4.9 | 4.3 |
| | | ≥ 81 | | | | | | | |
| 2 | Онекотан-Матуанский | 0–30 | 106 | | | 12.4 | 5.9 | 6.2 | 5.9 |
| | | 31–80 | 242 | 2 | 5 | 12.9 | 8.1 | 7.5 | 8.1 |
| | | 81–145 | 17 | | | 10.3 | | 5.8 | 6.1 |
| 3 | Симушир-Урупский | 0–30 | 73 | | | 13.5 | 6.1 | 6.5 | 6.1 |
| | | 31–80 | 271 | 1 | 4 | 12.6 | 5.4 | 6.1 | 5.4 |
| | | 81–161 | 45 | 1 | 4 | 11.5 | 5.7 | 7.0 | 7.1 |
| 4 | Северо-Итурупский | 0–30 | 16 | 1 | 3–4 | 10.5 | 4.4 | | 4.4 |
| | | 31–80 | 78 | | | 12.3 | 5.2 | 6.4 | 5.2 |
| | | 81–192 | 7 | 1 | 3 | 11.5 | 3.2 | 6.4 | 6.3 |
| 5 | Кунашир-Шикотанский | 0–30 | 10 | | | 11.0 | 3.7 | | 4.6 |
| | | 31–80 | 77 | 6 | IV(6–7) | 11.6 | 5.5 | 5.9 | 5.5 |
| | | 81–175 | 30 | 6 | 5 | 12.0 | 5.4 | 6.4 | 6.3 |
| 6 | О. Хоккайдо | 0–30 | | | | | | | |
| | | 31–80 | 12 | 2 | 2 | 12.0 | 5.4 | 5.9 | 5.4 |
| | | 81–140 | 5 | | | 10.3 | | 5.3 | 5.7 |
| 8 | Охотское море | 0–30 | | | | | | | |
| | | 31–80 | 3 | | | 10.9 | 4.6 | | 4.6 |
| | | 81–609 | 20 | | | 9.7 | 4.0 | 5.8 | 5.5 |

Максимальный макросейсмический эффект ($I=5$ баллов) на территории региона был зафиксирован при Симуширском-II землетрясении, а также при двух землетрясениях Кунашир-Шикотанского района (№ 5), произошедших 11 марта в 07^h09^m с $M^P=6.0$ и 26 августа в 05^h31^m с $M^P=4.8$ [16, 18]. Наибольшее число ощутимых землетрясений зафиксировано в диапазоне глубин $h=31-80$ км (табл. 3).

В табл. 4 представлено распределение землетрясений по магнитудам M^P и суммарная сейсмическая энергия ΣE по районам Курило-Охотского региона в 2007 г. Графики повторяемости, построенные для наиболее активных районов, приведены на рис. 4. Как видно из рис. 4 а, для районов №№ 2, 3, 5 представительными также являются землетрясения с $M^P \geq 4.5$.

Таблица 4. Распределение землетрясений по магнитудам M^P и суммарная сейсмическая энергия ΣE по районам Курило-Охотского региона в 2007 г.

| № | Район | M^P | | | | | | | | ΣN | ΣE , 10^{12} Дж | |
|----------------|---------------------|-------|-----|-----|----|-----|---|-----|---|------------|------------------------------|----------|
| | | <4 | 4 | 4.5 | 5 | 5.5 | 6 | 6.5 | 7 | | | 8 |
| $h \leq 80$ км | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Парамуширский | | 1 | 2 | | | | | | | 3 | 0.48 |
| 2 | Онекотан-Матуанский | 21 | 197 | 104 | 19 | 3 | 2 | 1 | | 1 | 348 | 89587.97 |
| 3 | Симушир-Урупский | 8 | 193 | 120 | 18 | 3 | 2 | | | | 344 | 256.39 |
| 4 | Северо-Итурупский | 12 | 50 | 25 | 7 | | | | | | 94 | 31.07 |
| 5 | Кунашир-Шикотанский | 8 | 47 | 27 | 4 | 1 | | | | | 87 | 31.44 |
| 6 | О. Хоккайдо | | 6 | 4 | 1 | 1 | | | | | 12 | 10.46 |
| 8 | Охотское море | 2 | | 1 | | | | | | | 3 | 0.51 |
| | Всего | 51 | 494 | 283 | 49 | 8 | 4 | 1 | | 1 | 891 | 89918.32 |
| $h > 80$ км | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Парамуширский | | | | | | | | | | | |
| 2 | Онекотан-Матуанский | | 11 | 3 | 2 | 1 | | | | | 17 | 18.44 |
| 3 | Симушир-Урупский | 1 | 11 | 17 | 7 | 5 | 2 | 1 | 1 | | 45 | 3207.22 |
| 4 | Северо-Итурупский | | 2 | 2 | | 2 | | 1 | | | 7 | 192.50 |

| № | Район | M^P | | | | | | | | | ΣN | $\Sigma E,$ 10^{12} Дж |
|---|---------------------|-------|----|-----|----|-----|---|-----|---|---|------------|-------------------------------------|
| | | <4 | 4 | 4.5 | 5 | 5.5 | 6 | 6.5 | 7 | 8 | | |
| 5 | Кунашир-Шикотанский | | 3 | 9 | 10 | 4 | 3 | 1 | | | 30 | 411.22 |
| 6 | О. Хоккайдо | | 3 | 1 | 1 | | | | | | 5 | 1.76 |
| 8 | Охотское море | 3 | 4 | 9 | 3 | 1 | | | | | 20 | 20.03 |
| | Всего | 4 | 34 | 41 | 23 | 13 | 5 | 3 | 1 | | 124 | 3851.17 |

Как следует из табл. 4, в поверхностном слое наиболее активны были Онекотан-Матуанский (№ 2) и Симушир-Урупский (№ 3) районы, где располагались очаги Симуширских землетрясений 13 января 2007 г. и 15 ноября 2006 г. с $MLH=8.1$ и $MLH=8.0$ соответственно. Инструментальный эпицентр Симуширского-II землетрясения 2007 г. локализован в районе № 2, поэтому кривая распределения энергии имеет максимум в этом районе, а в районе № 3 продолжался активный афтершоковый процесс Симуширского-I землетрясения 2006 г. Активность районов № 1 и № 6, границы которых сильно изменены в 2004 г. [15], в 2007 г. была незначительна.

В глубокофокусном слое наибольшее количество сейсмической энергии высвобождено в Симушир-Урупском районе (№ 3), где произошло упомянутое выше сильное ($MSH=7.0$, $M^P=7.1$) землетрясение (14) 3 сентября в $16^{\text{h}}14^{\text{m}}$ [16].

В 2007 г. по знакам первых смещений определены механизмы очагов семи землетрясений Курило-Охотского региона [19]: 13 января в $04^{\text{h}}23^{\text{m}}$ (1 на рис. 2), в $09^{\text{h}}18^{\text{m}}$ (5), в $17^{\text{h}}37^{\text{m}}$ (6); 12 марта в $18^{\text{h}}59^{\text{m}}$ (9) 1 июля в $04^{\text{h}}12^{\text{m}}$ (12); 3 сентября в $16^{\text{h}}14^{\text{m}}$ (14) и 25 октября в $13^{\text{h}}50^{\text{m}}$ (18). Их диаграммы представлены на рис. 6.

Представление о вариациях сейсмического режима в отдельных районах Курило-Охотского региона можно получить из анализа табл. 5 и рис. 7, где приведены ежегодные числа землетрясений и величина сейсмической энергии в каждом из районов за 2001–2007 гг. Сопоставление параметров сейсмичности проведено для землетрясений с магнитудой $M^P \geq 4.5$.

Таблица 5. Число землетрясений с $M^P \geq 4.5$ и их суммарная сейсмическая энергия по некоторым районам Курило-Охотского региона за 2001–2007 гг.

| Год | Район | | | | | | | | | |
|------------------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|
| | № 2 | | № 3 | | № 4 | | № 5 | | № 8 | |
| | N_{Σ} | ΣE | N_{Σ} | ΣE | N_{Σ} | ΣE | N_{Σ} | ΣE | N_{Σ} | ΣE |
| $h \leq 80 \text{ км}$ | | | | | | | | | | |
| 2001 | 12 | 50.19 | 21 | 79.76 | 38 | 4078.94 | 35 | 69.10 | 1 | 0.25 |
| 2002 | 12 | 40.79 | 16 | 5.98 | 21 | 510.43 | 26 | 95.72 | | |
| 2003 | 17 | 101.79 | 15 | 13.08 | 31 | 89.03 | 28 | 50.75 | | |
| 2004 | 23 | 416.02 | 28 | 21.47 | 32 | 147.53 | 65 | 2047.56 | | |
| 2005 | 12 | 87.63 | 20 | 18.18 | 17 | 6.89 | 25 | 13.42 | | |
| 2006 | 220 | 1084.34 | 199 | 65584.81 | 18 | 16.97 | 38 | 1.58 | | |
| Сумма | 296 | 1780.76 | 299 | 65723.28 | 157 | 4849.79 | 217 | 2278.13 | 1 | 0.25 |
| Среднее | 49.3 | 296.79 | 49.8 | 10953.88 | 26.17 | 808.3 | 36.2 | 379.69 | 0.2 | 0.04 |
| 2007 | 130 | 89572.74 | 143 | 238.91 | 32 | 26.96 | 32 | 27.88 | 1 | 0.50 |
| $h > 80 \text{ км}$ | | | | | | | | | | |
| 2001 | 5 | 710.14 | 17 | 357.56 | 10 | 12.79 | 13 | 4005.37 | 27 | 880.33 |
| 2002 | 13 | 1426.10 | 10 | 89.16 | 17 | 19.09 | 17 | 435.59 | 21 | 63315.52 |
| 2003 | 11 | 17.76 | 20 | 67.88 | 5 | 15.29 | 21 | 75.60 | 13 | 55.21 |
| 2004 | 5 | 32.49 | 13 | 1508.37 | 10 | 88.04 | 16 | 66.29 | 13 | 119.44 |
| 2005 | 1 | 0.7 | 12 | 213.06 | 8 | 50.72 | 18 | 346.75 | 15 | 123.81 |
| 2006 | 21 | 161.78 | 35 | 195.34 | 10 | 374.35 | 24 | 118.5 | 12 | 360.32 |
| Сумма | 56 | 2348.97 | 107 | 2431.37 | 60 | 560.28 | 109 | 5048.1 | 101 | 64854.63 |
| Среднее | 9.3 | 391.5 | 17.8 | 405.23 | 10 | 93.38 | 18.2 | 841.35 | 16.8 | 10809.11 |
| 2007 | 6 | 17.50 | 33 | 3206.19 | 5 | 192.28 | 27 | 410.94 | 13 | 19.73 |

Примечание. Суммарная энергия в табл. 5 дана в единицах $E, 10^{12} \text{ Дж}$.

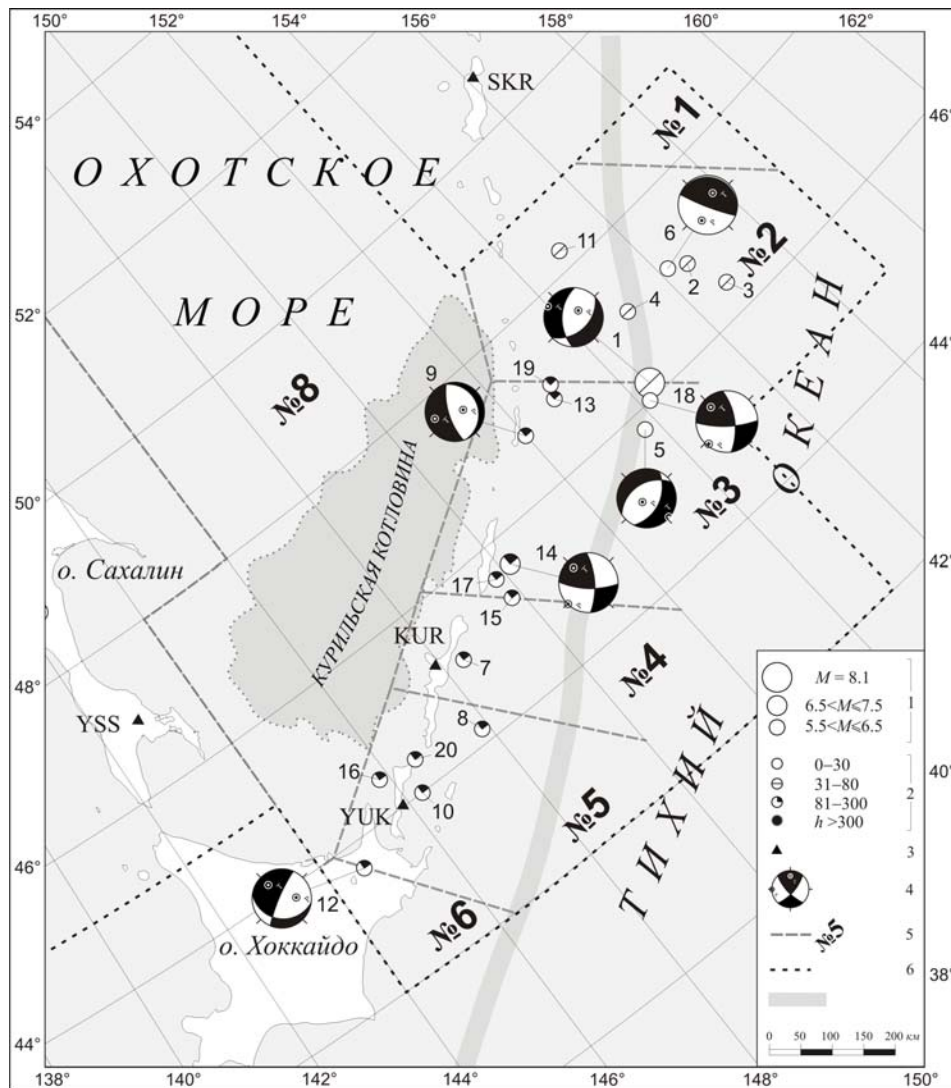


Рис. 6. Эпицентры сильнейших землетрясений Курило-Охотского региона в 2007 г. и диаграммы механизмов их очагов

1 – магнитуда M^P ; 2 – глубина h гипоцентра, км; 3 – сейсмическая станция; 4 – диаграмма механизма очага землетрясения в проекции на нижнюю полусферу, зачернены области сжатия; 5 – граница и номер района; 6 – граница зоны ответственности сети СФ ГС РАН; 7 – ось глубоководного Курило-Камчатского желоба.

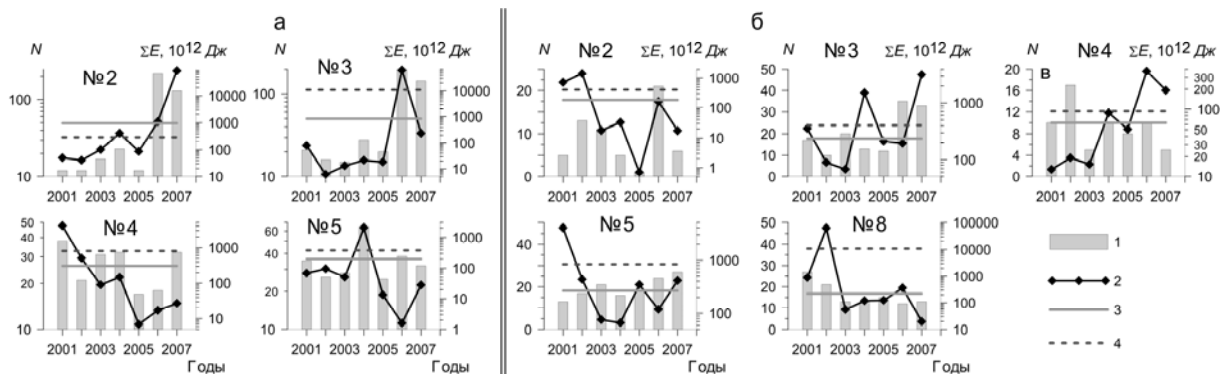


Рис. 7. Распределение ежегодных чисел землетрясений с $M^P \geq 4.5$ и величины суммарной сейсмической энергии ΣE в поверхностном (а) и глубоком (б) слое по районам Курило-Охотского региона в 2001–2007 гг.

1 – число землетрясений N ; 2 – сейсмическая энергия ΣE ; 3, 4 – среднее значение числа землетрясений и сейсмической энергии по данным за 2001–2006 гг.

В **Парамуширском районе (№ 1)** зарегистрировано три мелкофокусных землетрясения, два из которых произошли 18 января (в $17^{\text{h}}51^{\text{m}}$ с $K_C=10.8$ и в $22^{\text{h}}20^{\text{m}}$ с $K_C=9.6$) и одно – 27 июля в $05^{\text{h}}45^{\text{m}}$ с $K_C=10.0$. Ни одно из них не ощущалось [16].

Характер сейсмичности **Онекотан-Матуанского (№ 2) и Симушир-Урупского (№ 3) районов** в значительной степени определялся процессами, происходящими в очагах Симуширских землетрясений. В 2007 г. продолжался афтершоковый процесс после Симуширского-I землетрясения (15 ноября 2006 г. с $MLH=8.0$), который, возможно, слился с форшоковым и афтершоковым процессом Симуширского-II землетрясения (1), произошедшего 13 января в $04^{\text{h}}23^{\text{m}}$ на глубине $h=45\pm 5$ км с $MLH=8.1$, $MSH=7.5$. Инструментальные эпицентры этих двух землетрясений располагались на границе районов № 2 и № 3 и область афтершоков распространилась на значительный объем двух смежных районов. Именно с этим связано значительное увеличение числа землетрясений и величины сейсмической энергии этих районов в 2006–2007 гг. (рис. 7 а). Как уже было упомянуто выше, макросейсмический эффект столь сильного землетрясения был зафиксирован лишь на значительном удалении от эпицентра ($\Delta > 500$ км) и достиг интенсивности $I=5$ баллов (в г. Северо-Курильск ($\Delta=511$ км), пос. Горячие Ключи (539 км) и на материке в пос. Горный (557 км) [18]).

Как отмечено выше, для землетрясений (1, 5, 18) из очага Симуширских землетрясений определены механизмы их очагов (рис. 6). В очагах первых двух с $MLH=8.1$ и 6.1 произошла подвижка сбросового типа в условиях горизонтального растяжения в направлении, перпендикулярном простиранию островной дуги. Присутствует также незначительная сдвиговая компонента, правосторонняя для нодальной плоскости северо-восточного простирания. В очаге третьего землетрясения с магнитудой $MLH=6.0$ возник почти чистый сдвиг, правосторонний вдоль плоскости, параллельной глубоководному желобу, и левосторонний – вдоль секущей его плоскости.

Подробному описанию сейсмичности очага Симуширских землетрясений в наст. сб. посвящена отдельная статья [20].

Кроме Симуширского-II землетрясения в **Онекотан-Матуанском районе** зарегистрировано еще пять сильных землетрясений (2–4, 6, 11): 13 января в $04^{\text{h}}39^{\text{m}}$ ($M^p=5.8$), $04^{\text{h}}45^{\text{m}}$ ($M^p=6.4$), $15^{\text{h}}45^{\text{m}}$ ($M^p=5.7$), $17^{\text{h}}37^{\text{m}}$ ($M^p=5.9$) и 9 апреля в $10^{\text{h}}18^{\text{m}}$ ($M^p=5.7$). Для одного из них (6) определен механизм очага. Это событие произошло 13 января в $17^{\text{h}}37^{\text{m}}$ с $MLH=5.9$ на глубине $h=14$ км к северо-востоку от Симуширского-II землетрясения и имеет в очаге подвижку надвигового типа с субвертикальной нодальной плоскостью, расположенной вкрест простиранию дуги, что несколько необычно для этого района (рис. 6). При этом вторая нодальная плоскость – субгоризонтальная – фиксируется довольно плохо ввиду дефицита знаков близких станций, ее простирание может изменяться в широких пределах, изменяя тип дислокации от чисто надвигового до сдвигового.

Активность глубокого слоя Онекотан-Матуанского района в 2007 г. была несколько снижена – число землетрясений и величина сейсмической энергии были ниже средних значений за период 2001–2006 гг. (рис. 7).

Симушир-Урупский район № 3. Кроме двух афтершоков (5 и 18) Симуширского-II землетрясения в поверхностном слое других сильных землетрясений зарегистрировано не было. В глубоком слое района № 3 наблюдался самый высокий уровень сейсмической активности за период 2001–2007 гг. (рис. 7). Здесь произошло шесть сильных землетрясений (9, 13–15, 17, 19), для двух из них определены механизмы очагов (рис. 6) [19].

Самое сильное ($MLH=5.7$, $MSH=7.0$, $M^p=7.1$) землетрясение (14) произошло 3 сентября в $16^{\text{h}}14^{\text{m}}$ на глубине $h=106\pm 4$ км с эпицентром вблизи о. Уруп. Макросейсмический эффект составил 4 балла на о. Итуруп – в пос. Рейдово ($\Delta=217$ км), Китовый ($\Delta=226$ км), а также в г. Курильск ($\Delta=228$ км); на о. Кунашир, в пос. Южно-Курильск ($\Delta=436$ км) интенсивность сотрясений составила $I=2$ балла. Механизм очага – сдвиг [19]. Одна из возможных плоскостей разрыва простиранием совпадает с направлением островной дуги, вдоль нее реализовалась правосторонняя подвижка, другая идет вкрест дуге, соответственно, с левосторонним движением вдоль плоскости.

Второе по величине ($MLH=5.1$, $MSH=6.4$, $M^p=6.3$) землетрясение (9) произошло 12 марта в $18^{\text{h}}59^{\text{m}}$ на глубине $h=138\pm 6$ км с эпицентром под центральной частью Курильской островной

дуги. Подвижка в его очаге – пологий сброс, при этом более вертикальная плоскость падает под Охотское море, а близгоризонтальная – в направлении Тихого океана.

Макросейсмический эффект отмечен всего для двух землетрясений района: упомянутого выше землетрясения (14) и события, произошедшего 5 июля в $14^{\text{h}}51^{\text{m}}$ на глубине $h=38\pm 5$ км с $MLH=4.2$ и ощущавшегося с интенсивностью 4 балла в г. Курильске ($\Delta=432$ км).

Такое небольшое число сведений о макросейсмических проявлениях землетрясений при всплеске сейсмической активности объясняется удаленностью населенных пунктов, расположенных на флангах Курильской гряды, от эпицентральной зоны района. На Средних Курилах в настоящее время населения нет.

В Северо-Итурупском районе (№ 4) мелкофокусная сейсмическая активность продолжала оставаться на невысоком уровне: 32 землетрясения произошло на глубине $h\leq 80$ км, их число сопоставимо со среднегодовым значением за период 2001–2006 гг., сейсмическая энергия в 30 раз меньше среднегодового значения (табл. 5, рис. 7). Максимальная магнитуда не превышала $M=5.2$. В интервале глубины $h=81–192$ км зарегистрировано пять землетрясений, что в два раза меньше среднегодового числа за 2001–2006 гг., однако суммарная сейсмическая энергия вдвое превышает свое среднегодовое значение (табл. 5, рис. 7). Самое сильное ($MSH=6.4$, $M^p=6.3$) землетрясение (7) произошло 4 марта в $11^{\text{h}}22^{\text{m}}$ на глубине $h=91\pm 3$ км. Ощутимыми были два землетрясения, интенсивность сотрясений не превышала 3–4 баллов [18].

В Кунашир-Шикотанском районе (№ 5) сейсмическая активность также оставалась на невысоком уровне как в поверхностном, так и в глубоком слое. Число мелкофокусных землетрясений ($N=32$) и величина сейсмической энергии ($\Sigma E=27.88\cdot 10^{12}$ Дж) в 2007 г. ниже средних показателей за 2001–2006 гг. (табл. 5, рис. 7). В глубоком слое число ($N=27$) землетрясений больше среднегодового ($\bar{N}=18$). Среди них имеется пять сильных – (8, 10, 12, 16, 20), но величина сейсмической энергии меньше среднего значения за указанный период ($\Sigma E=410.94\cdot 10^{12}$ Дж вместо $\Sigma E=841.35\cdot 10^{12}$ Дж, табл. 5).

Самое сильное ($MSH=6.4$, $M^p=6.3$) землетрясение района (12) произошло 1 июля в $04^{\text{h}}12^{\text{m}}$ на глубине $h=126\pm 4$ км. Землетрясение ощущалось в пос. Южно-Курильск ($\Delta=100$ км) с интенсивностью $I=3$ балла, механизм его очага имеет субвертикальную нодальную плоскость юго-западного простирания и северо-западного падения, при этом вторая близгоризонтальная нодальная плоскость падает на юго-запад, создавая, таким образом, сдвиговую компоненту, левостороннюю для подвижки по этой плоскости [19].

Всего макросейсмический эффект наблюдался в населенных пунктах Японии и Курильских островов для 12 землетрясений района (табл. 3). Максимальная интенсивность сотрясений достигла $I=IV$ [6] по шкале JMA [21] или $I=6–7$ баллов по шкале MSK-64 [22] на востоке о. Хоккайдо от землетрясения 8 октября в $17^{\text{h}}10^{\text{m}}$, $h=55\pm 5$ км, $MLH=5.5$. На территории России землетрясение ощущалось в пос. Малокурильское ($\Delta=19$ км) с интенсивностью до 4 баллов, в пос. Южно-Курильск ($\Delta=84$ км) – до 3 баллов. Более слабое землетрясение, произошедшее 26 августа в $05^{\text{h}}31^{\text{m}}$, $h=49\pm 8$ км, $MLH=4.8$, также вызвало на востоке о. Хоккайдо сотрясения с интенсивностью $I=IV$ [6] по шкале JMA. На территории России макросейсмический эффект этого землетрясения достиг 5 баллов в пос. Малокурильское ($\Delta=8$ км).

Интенсивность сотрясений в 5 баллов также зафиксирована в пос. Горный ($\Delta=5$ км) при упомянутом выше землетрясении 11 марта в $07^{\text{h}}09^{\text{m}}$ с $M^p=6.0$ (8) [18].

Макросейсмический эффект остальных землетрясений района не превышал $I=3$ баллов.

Большая часть территории **района о. Хоккайдо (№ 6)** была в 2004 г. исключена из зоны ответственности СФ ГС РАН, осталась лишь небольшая часть восточнее $\lambda=144^{\circ}\text{E}$ (рис. 2). В связи с этим сопоставления параметров сейсмического режима с данными 2001–2006 гг. не производится. Здесь в верхнем интервале глубины $h\leq 80$ км было зарегистрировано 12 землетрясений с магнитудой $M\leq 5.4$, в интервале глубины $h=81–140$ км – пять землетрясений с $M^p\leq 5.7$.

Для двух землетрясений наблюдался макросейсмический эффект в 2 балла в пос. Южно-Курильск ($\Delta=130$ и 256 км соответственно).

В Охотском море (№ 8) отмечено одно мелкофокусное землетрясение с $M^p=4.6$, в глубоком слое ($h>80$ км) зарегистрировано 20 землетрясений. Параметры сейсмического режима

района были существенно ниже средних значений, рассчитанных по данным за 2001–2006 гг. (табл. 5, рис. 7).

Самое сильное ($MSH=5.8$, $M^p=5.5$) землетрясение района произошло под акваторией Охотского моря 23 апреля в 10^h10^m на глубине $h=491\pm 34$ км.

В целом в 2007 г., согласно механизмам очагов сильнейших землетрясений, на Курильских островах сложилась нетипичная тектоническая обстановка. Большинство землетрясений произошли в условиях растяжения, либо имели сдвиговый тип механизма. Единственный пологий надвиг с очень неуверенной фиксацией одной из нодальных плоскостей развернут относительно основных тектонических структур региона на 90° . Наиболее распространенный для Курильской островной дуги тип сейсмодислокаций – взброс – не зафиксирован ни разу. Возможно, подобная обстановка является реакцией региона на сильные Симуширские землетрясения 15 ноября 2006 г. и 13 января 2007 г.

От редакции. Следует отметить, что редкая сеть сейсмических станций Курило-Охотского региона и аналоговая аппаратура, установленная на них, не позволяют составить полноценный каталог землетрясений региона в силу загруженности сейсмограмм в моменты значительной сейсмической активизации. В связи с этим обзор сейсмичности, проведенный по данным регионального каталога, отражающий обстановку в регионе в целом, может не соответствовать ей в деталях. Для более полного анализа сейсмичности региона можно воспользоваться дополнительным каталогом землетрясений Курило-Охотского региона [23], составленным ред. по данным международных агентств [6] и Сейсмологического бюллетеня [5]. Представление о напряженно-деформированном состоянии региона, полученное по данным регионального каталога механизмов, также может не соответствовать действительности в силу ограниченности данных (в распоряжении авторов имеются определения лишь для семи очагов землетрясений). Более полное представление о типичных напряжениях, присутствующих в очагах землетрясений региона в 2007 г., можно получить, используя материалы дополнительного каталога землетрясений [24], составленного ред. по данным, имеющимся в каталоге ISC [6].

Л и т е р а т у р а

1. **Фокина Т.А., Дорошкевич Е.Н., Сафонов Д.А.** Курило-Охотский регион // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 185–194.
2. **Коваленко Н.С., Фокина Т.А., Сафонов Д.А.** Приамурье и Приморье. (См. раздел (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
3. **Соловьёв С.Л., Соловьёва О.Н.** Соотношение между энергетическим классом и магнитудой Курильских землетрясений // Физика Земли. – 1967. – № 2. – С. 13–23.
4. **Фокина Т.А., Кислицына И.П., Сафонов Д.А., Михайлов В.И.** Сахалин. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
5. **Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2007 год** / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2007–2008. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2007.
6. **Bulletin of the International Seismological Centre for 2007.** – Thatcham, United Kingdom: ISC, 2009. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>
7. **Поплавская Л.Н., Бобков А.О., Кузнецова В.Н., Нагорных Т.В., Рудик М.И.** Принципы формирования и состав алгоритмического обеспечения регионального центра обработки сейсмологических наблюдений (на примере Дальнего Востока) // Сейсмологические наблюдения на Дальнем Востоке СССР (Методические работы ЕССН). – М.: Наука, 1989. – С. 32–51.
8. **Миталёва Н.А., Бойчук А.Н.** Землетрясения Курило-Охотского региона // Землетрясения в СССР в 1985 году. – М.: Наука, 1988. – С. 144–154.
9. **Поплавская Л.Н., Миталёва Н.А., Бобков А.О., Бойчук А.Н., Рудик М.И.** Землетрясения Курило-Охотского региона // Землетрясения в СССР в 1990 году. – М.: Наука, 1996. – С. 91–100.
10. **Аптекман Ж.Я., Желанкина Т.С., Кейлис-Борок В.И., Писаренко В.Ф., Поплавская Л.Н., Рудик М.И., Соловьёв С.Л.** Массовое определение механизмов очагов землетрясений на ЭВМ // Теория и анализ сейсмологических наблюдений (Вычислительная сейсмология; Вып. 12). – М.: Наука, 1979. – С. 45–58.

11. **Тараканов Р.З., Ким Чун Ун, Сухомлинова Р.И.** Закономерности пространственного распределения гипоцентров Курило-Камчатского и Японского регионов и их связь с особенностями геофизических полей // Геофизические исследования зоны перехода от Азиатского континента к Тихому океану. – М.: Наука, 1977. – С. 67–75.
12. **Соловьёв С.Л., Соловьёва О.Н.** Скорость колебания земной поверхности в объёмных волнах неглубокофокусных Курило-Камчатских землетрясений на расстояниях до 17° // Физика Земли. – 1967. – № 1. – С. 37–60.
13. **Соловьёва О.Н., Соловьёв С.Л.** Новые данные о динамике сейсмических волн неглубокофокусных Курило-Камчатских землетрясений // Проблемы цунами. – М.: Наука, 1968. – С. 75–97.
14. **Вермишева Л.Ю., Гангнус А.А.** Применение типизации подвижек в очагах землетрясений для решения сеймотектонических задач // Физика Земли. – 1977. – № 3. – С. 103–109.
15. **Габсатарова И.П.** Границы сейсмоактивных регионов с 2004 г. // Землетрясения России в 2004 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 139.
16. **Дорошкевич Е.Н. (отв. сост.), Брагина Г.И., Гладырь Ж.В., Пиневич М.В.** Каталог землетрясений Курило-Охотского региона за 2007 год ($N=1015$). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
17. **Дорошкевич Е.Н. (отв. сост.), Пиневич М.В., Гладырь Ж.В., Швидская С.В.** Каталог землетрясений Курило-Охотского региона за 2006 г. ($N=1009$) // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – (На CD).
18. **Фокина Т.А., Дорошкевич Е.Н.** Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населенных пунктах ($n=54$) Курило-Охотского региона в 2007 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
19. **Сафонов Д.А. (отв. сост.)** Каталог механизмов очагов землетрясений Курило-Охотского региона за 2007 г. ($N=7$). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
20. **Рогожин Е.А., Левина В.И.** Симуширские землетрясения 15 ноября 2006 г. (I) и 13 января 2007 г. (II) с $M_w=8.3$ и $M_w=8.1$ (Средние Курилы). (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).
21. **Hisada T., Nakagawa K.** Present Japanese Development in Engineering Seismology and their Application to Buildinge. – Japan, 1958.
22. **Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага).** Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
23. **Артёмова Е.В., Левина В.И. (сост.)** Дополнение к каталогу землетрясений Курило-Охотского региона за 2007 г. ($N=825$). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
24. **Левина В.И. (сост.)** Дополнение к каталогу механизмов очагов землетрясений Курило-Охотского региона за 2007 г. ($N=401$). (См. Приложение к наст. сб. на CD).