

СИЛЬНЫЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ЗЕМЛИ**С.Г. Пойгина, Н.В. Петрова, Н.В. Болдырева**

ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, sveta@gstras.ru

Аннотация. Приведены сведения о сейсмичности Земли в 2014 г. по данным сейсмологического бюллетеня Геофизической службы РАН (ГС РАН). Исходный сейсмологический бюллетень за 2014 г. содержит параметры 3268 землетрясений мира, по сравнению с 4212 в 2013 г. В данной статье анализируются параметры 165 землетрясений с $M \geq 6$, включая 16 сильнейших с $M \geq 7$, а также пять землетрясений с $M=6.0-6.7$, приведших к значительным жертвам и разрушениям. Приведены сведения о механизмах очагов, макросейсмическом эффекте, числе жертв, цунами и т.д. Сравнительный анализ числа землетрясений и выделившейся сейсмической энергии в разных сейсмически активных районах Земли показал, что, как и ранее, самым сейсмически активным был Тихоокеанский регион, где выделилось более 96 % всей сейсмической энергии, по сравнению с 1.8 % в Евразии, 1.3 % в Атлантическом океане и 0.2 % – в Индийском океане. Максимальное землетрясение Земли в 2014 г. произошло 1 апреля с $M_w=8.1$ у берегов Чили и сопровождалось многочисленными форшоками и афтершоками. Самые большие человеческие жертвы и материальный ущерб в 2014 г. принесло катастрофическое Лудяньское землетрясение с $M_S=6.2$, произошедшее 3 августа в китайской провинции Юньнань.

Ключевые слова: сейсмические станции, сильные землетрясения, каталог, магнитуда, сейсмическая энергия, механизм очага, макросейсмический эффект.

DOI: 10.35540/1818-6254.2020.23.23

Для цитирования: Пойгина С.Г., Петрова Н.В., Болдырева Н.В. Сильные землетрясения Земли // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 235–243
doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.23

Введение. В российской сейсмологической практике основные параметры землетрясений мира определяются Службой срочных донесений по доступным в оперативном режиме данным телесеизмических станций ГС РАН и мира с публикацией на официальном сайте Геофизической службы в течение часа со времени возникновения события. После получения всего комплекса станционных данных производится их переобработка и составление ежедекадных сейсмологических бюллетеней и каталогов, также доступных на сайте ФИЦ ЕГС РАН [1, 2]. На основе уточненных данных составлен сводный каталог [3], используемый в данной работе. Помимо основных параметров, в данной статье анализируются механизмы очагов и тектонические условия их возникновения, а также макросейсмические проявления землетрясений, собранные по данным международных центров и средств массовой информации.

Исходные данные и методика анализа. Исходным для анализа сильных землетрясений Земли в 2014 г. явился Каталог землетрясений Земли за 2014 г., приведенный в Приложении к наст. сб. [3], составленный по данным сейсмологических бюллетеней [1] и сейсмологических каталогов [2] ГС РАН. При составлении ежедекадных сейсмологических каталогов и сейсмологических бюллетеней в 2014 г. использовались данные 821 сейсмической станции ГС РАН, ГС СО РАН, других российских ведомств и мировой сети [4], изображенных на рис. 1 (в 2013 г. – 849 станций [5]).

Как видно из рис. 1, подавляющее число используемых в 2014 г. станций размещено в северном полушарии, особенно в районах самой высокой плотности населения – в Европе. Список всех станций дан в Приложении к настоящему ежегоднику. [4].

Рассмотрим содержание и объем исходного каталога землетрясений Земли по данным ГС РАН за 2014 г. [3]. Методика определения основных параметров землетрясений, по сравнению с таковой в [6], не изменилась. В каталог [3] дополнительно включены сейсмические моменты M_0 , рассчитанные по методике [7], и моментные магнитуды M_w по методике Канамори [8] из [9], а также метки о наличии механизмов очагов по определениям ГС РАН методом первых вступлений P -волн из [10].

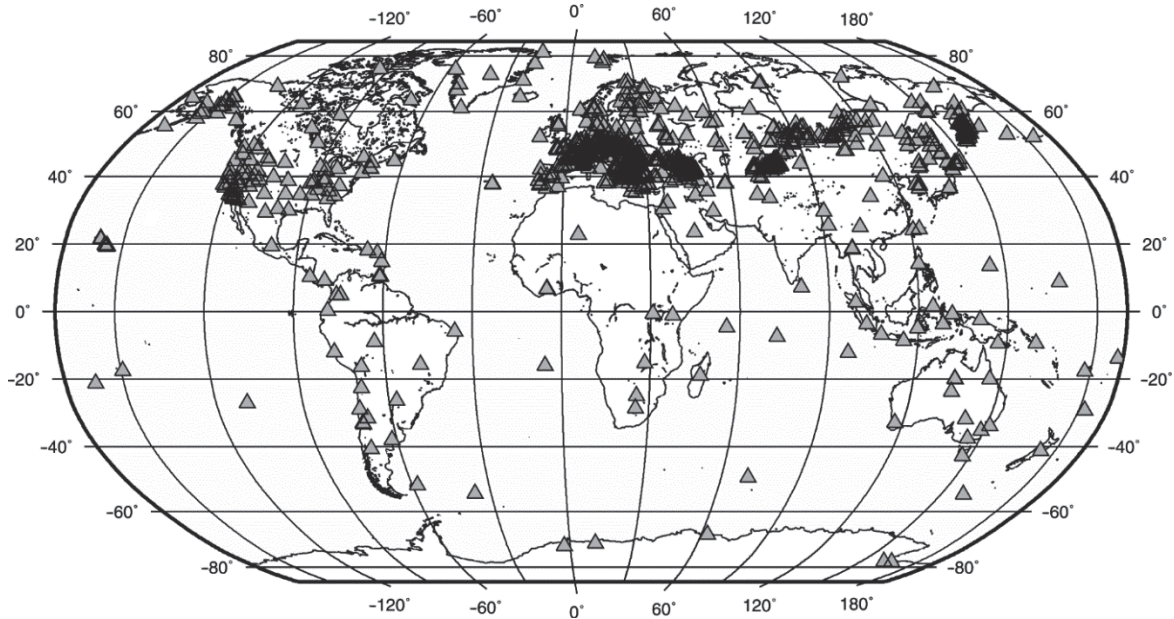


Рис. 1. Сейсмические станции мира, данные которых использовались при определении основных параметров землетрясений за 2014 г. в [1, 2]

Итоговый сейсмологический каталог [3] за 2014 г. включает параметры 3268 землетрясений мира (в 2013 г. – 4212 [11]). Из каталога [3] следует, что для всех 3268 землетрясений определены магнитуды $MPSP$ по объемным волнам. Остальных динамических параметров определено значительно меньше, а именно: MS – для 930 землетрясений; $MPLP$ – для 167; M_0 и M_w – для девяти; механизмы очагов – для 16 событий. Приведенные объемы измерений повлекли за собой необходимость проведения двух дополнительных процедур при создании каталога сильных ($M \geq 6.0$) землетрясений Земли [12].

Первая процедура связана с разумным восполнением недостающих значений сейсмических моментов M_0 и моментных магнитуд M_w в каталоге сильных ($M \geq 6.0$) землетрясений Земли (Приложение к настоящему ежегоднику [12]), привлекая для этого данные международного центра GCMТ [13].

Вторая процедура связана с практической необходимостью из имеющихся сведений получить для всех землетрясений каталога [12] магнитуду MS по поверхностным волнам как наиболее устойчивую. Эта магнитуда используется в практике сейсмического районирования для расчета макросейсмической интенсивности по уравнениям макросейсмического поля типа $I=f(MS, \Delta)$ и сейсмической сотрясаемости. Расчетная магнитуда M^* определялась по формуле (1) для всех землетрясений, у которых в каталоге [3] отсутствует инструментальная MS , или глубина очага больше 70 км:

$$M^* = M_w. \quad (1)$$

Сейсмическая энергия рассчитывалась из MS (M^*) по формуле (2) из [14]:

$$\lg E, Дж = 4.8 + 1.5 MS. \quad (2)$$

Кроме того, каталог [12] дополнен макросейсмическими сведениями [15] о сильных землетрясениях из различных источников, в основном из [16, 17], и координатами подвергнувшихся сейсмическим воздействиям населенных пунктов [18] на территории Северной Евразии из [19].

Анализ данных. Суммарное число наиболее сильных ($M \geq 6.0$) землетрясений Земли в 2014 г. составило $N_2 = 165$ [12]. Как и ранее [6], к таковым отнесены все землетрясения из каталога [13], у которых хотя бы одна из четырех магнитуд ($MS, MPLP, MPSP, M_w$) ≥ 6.0 .

Географическое распределение гипоцентров сильных землетрясений показано на рис. 2. В основном оно соответствует известной мировой статистике землетрясений, наблюдаемых на земном шаре.

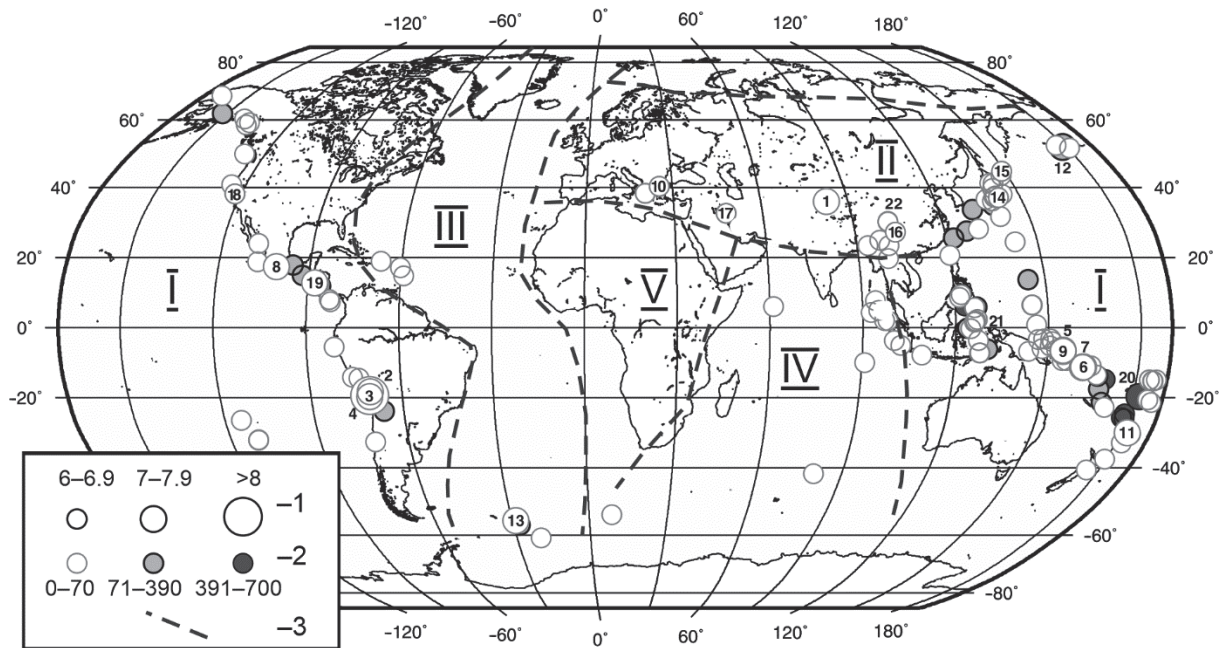


Рис. 2. Карта эпицентров сильных ($M \geq 6.0$) землетрясений Земли за 2014 г.

1 – магнитуда M_S или M^* ; 2 – глубина h гипоцентра, км; 3 – граница сейсмического региона (I – Тихоокеанского, II – Евразийского, III – Атлантического океана, IV – Индийского океана, V – Африканского). Номер в кружке эпицентра для землетрясений с $M \geq 7$ соответствует номеру землетрясения в табл. 3 и 4.

Распределение землетрясений Земли с M ($M_S, MPLP, MPSP, Mw$) ≥ 6.0 в зависимости от магнитуды, но без дифференциации их по глубинам очагов, приведено в табл. 1 в сопоставлении с аналогичными данными за предыдущие 22 года [6, 20]. Как видно, в 2014 г. число землетрясений в интервале $M=6.0-6.9$ равно $N=148$, что ниже среднего $\bar{N}=161.7$ за 22 года. В диапазоне $M=7.0-7.9$ оно составило $N=16$, что примерно равно среднему значению $\bar{N}=15.9$.

Таблица 1. Распределение числа землетрясений Земли с $M \geq 6.0$ в различных интервалах магнитуд за 1992–2014 гг.

| Год | $N(\Delta M)$ | | | N_{Σ} |
|------|---------------|---------|------------|--------------|
| | 6.0–6.9 | 7.0–7.9 | ≥ 8.0 | |
| 1992 | 117 | 13 | – | 130 |
| 1993 | 97 | 7 | – | 104 |
| 1994 | 136 | 14 | 1 | 151 |
| 1995 | 242 | 28 | – | 270 |
| 1996 | 217 | 15 | – | 232 |
| 1997 | 151 | 5 | – | 156 |
| 1998 | 113 | 12 | – | 125 |
| 1999 | 159 | 21 | – | 180 |
| 2000 | 169 | 17 | – | 186 |
| 2001 | 126 | 16 | 1 | 143 |
| 2002 | 139 | 11 | – | 150 |
| 2003 | 138 | 14 | 2 | 154 |
| 2004 | 153 | 14 | 3 | 170 |

| Год | $N(\Delta M)$ | | | N_{Σ} |
|--------------------|---------------|---------|------------|--------------|
| | 6.0–6.9 | 7.0–7.9 | ≥ 8.0 | |
| 2005 | 190 | 13 | 1 | 204 |
| 2006 | 154 | 15 | 2 | 171 |
| 2007 | 185 | 20 | 3 | 208 |
| 2008 | 174 | 14 | 1 | 189 |
| 2009 | 152 | 18 | 1 | 171 |
| 2010 | 174 | 22 | 1 | 197 |
| 2011 | 272 | 24 | 1 | 297 |
| 2012 | 163 | 14 | 2 | 179 |
| 2013 | 136 | 23 | 1 | 160 |
| Сумма за 22 года | 3557 | 350 | 20 | 3927 |
| Среднее за 22 года | 161.7 | 15.9 | 1.5 | 178.5 |
| 2014 | 148 | 16 | 1 | 165 |

Распределение суммарной сейсмической энергии, выделившейся в 2014 г. при землетрясениях с $M \geq 6.0$ в основных сейсмических регионах Земного шара, представлено в табл. 2. При составлении таблицы использованы наблюдаемые магнитуды M_S для тех землетрясений, у которых эта магнитуда есть в каталоге [12], а для остальных, как указано выше, выполнен пересчет магнитуд M_w в магнитуды M^* по формуле (1). Из табл. 2 следует, что более 96 % всей сейсмической энергии высвобождено в очагах землетрясений Тихоокеанского региона (I), 1.8 % –

в Евразии (II), 1.3 % – в Атлантическом океане (III) и 0.2 % – в Индийском океане (IV). В Африке сильных землетрясений в 2014 г. не происходило.

Таблица 2. Распределение числа землетрясений Земли с $M \geq 6.0$ и их суммарной сейсмической энергии ΣE по территории Земного шара в 2014 г.

| № региона | Сейсмический регион | Число землетрясений с M | | ΣE , 10^{15} Дж | % |
|-----------|---------------------|---------------------------|------------|------------------------------|------|
| | | 6.0–6.9 | ≥ 7.0 | | |
| I | Тихий океан | 119 | 15 | 229.9 | 96.7 |
| II | Евразия | 12 | 1 | 4.3 | 1.8 |
| III | Атлантический океан | 6 | 1 | 3.0 | 1.3 |
| IV | Индийский океан | 11 | – | 0.6 | 0.2 |
| Сумма | | 148 | 17 | 237.8 | – |

В табл. 3 приведены основные параметры 17 сильнейших землетрясений планеты с $M (MS, MPLP, MPSP, Mw) \geq 7.0$ из каталога [12], а в табл. 4 – параметры их механизмов [10, 21]. Кроме того, в табл. 3 и 4 включены пять более слабых, но разрушительных землетрясений (№ 10, 16, 17, 18 и 22) с $M=6.0-6.7$, произошедших в Эгейском море, Китае, Иране и Северной Калифорнии, которые привели к человеческим жертвам и разрушениям, и приведены параметры их механизмов очагов.

Из 22 сильнейших землетрясений Земли, включенных в табл. 3, 16 землетрясений (№ 2–9, 11, 12, 14, 15, 18–21) локализованы в Тихоокеанском регионе, пять (№ 1, 10, 16, 17, 22) – в Евразии, одно – (№ 13) – в районе Атлантического океана.

Таблица 3. Список сильнейших ($M \geq 7.0$) землетрясений Земли в 2014 г.

| № | Дата, д м | t_0 , ч мин с | Параметры гипоцентра [1] | | | M_0 , H·M [1] | Магнитуды [1] | | | | Сейсм. ре- гион | Географический регион [22] |
|-----|--------------|--------------------|-----------------------------|-----------------|-------------|----------------------------|---------------|---------------------|----------|----------|-----------------------|-------------------------------------|
| | | | φ° | λ° | h , км | | Mw/n | MS/n (M^*) | $MPLP/n$ | $MPSP/n$ | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 1* | 12.02 | 09 19 47.6 | 36.002 | 82.605 | 10f | $1.4 \cdot 10^{19}$ OBN | 6.7/1 | 7.1/100 | 6.9/12 | 6.7/140 | II | Южный Синьцзян, Китай |
| 2* | 01.04 | 23 46 44.7 | -19.453 | -70.747 | 10f | – | – | 7.9/61 | – | 6.9/7 | I | Побережье Северного Чили |
| 3 | 01.04 | 23 57 55.9 | -19.647 | -70.753 | 10f | – | – | (7.0) | – | 6.3/18 | I | Побережье Северного Чили |
| 4* | 03.04 | 02 43 10.8 | -20.626 | -70.897 | 10f | – | – | 7.6/48 | – | 6.7/41 | I | Побережье Северного Чили |
| 5 | 11.04 | 07 07 19.2 | -6.469 | 154.958 | 33f | – | – | (7.1) | 6.7/5 | 6.5/48 | I | Соломоновы о-ва |
| 6* | 12.04 | 20 14 37.8 | -11.224 | 162.087 | 25 | $1.9 \cdot 10^{20}$ TLY | 7.5/1 | 7.7/133 | 7.7/8 | 7.1/47 | I | Соломоновы о-ва |
| 7* | 13.04 | 12 36 17.6 | -11.354 | 161.855 | 37 | $1.3 \cdot 10^{20}$ TLY | 7.4/1 | 7.4/43 | 7.1/10 | 6.9/75 | I | Соломоновы о-ва |
| 8* | 18.04 | 14 27 23.4 | 17.441 | -100.938 | 22 | – | – | 7.2/48 | 7.1/8 | 6.6/54 | I | Герреро, Мексика |
| 9* | 19.04 | 13 27 57.8 | -6.719 | 154.936 | 36 | $2.2 \cdot 10^{20}$ TLY | 7.5/1 | 7.3/52 | 7.4/7 | 6.8/49 | I | Соломоновы о-ва |
| 10 | 24.05 | 09 25 00.4 | 40.327 | 25.376 | 7 | – | – | 6.7/113 | 6.3/4 | 6.3/56 | II | Эгейское море |
| 11* | 23.06 | 19 19 15.2 | -29.956 | -177.668 | 20 | – | – | 7.0/87 | 6.8/8 | 6.5/31 | I | Острова Кермадек, Новая Зеландия |
| 12* | 23.06 | 20 53 08.2 | 51.850 | 178.813 | 107 | $6.0 \cdot 10^{20}$ OBN | 7.8/1 | (7.9) | 7.2/15 | 7.0/63 | I | Крысьи острова, Алеуты |
| 13* | 29.06 | 07 52 55.0 | -55.562 | -28.695 | 10f | – | – | 7.0/54 | – | 6.4/43 | III | Район Южных Сандвичевых о-вов |
| 14 | 11.07 | 19 22 01.3 | 37.060 | 142.403 | 34 | – | – | 6.5/140 | 7.1/5 | 6.6/62 | I | У восточного поб-я Хонсю, Япония |
| 15* | 20.07 | 18 32 45.8 | 44.656 | 148.915 | 64 | $5.7 \cdot 10^{18}$ OBN | 6.5/1 | (6.3) | 7.2/7 | 7.0/50 | I | Курильские о-ва |
| 16 | 03.08 | 08 30 14.3 | 27.217 | 103.458 | 28 | – | – | 6.2/123 | 6.2/10 | 6.1/132 | II | Провинция Юньнань, Китай |

| № | Дата, д м | t_0 , ч мин с | Параметры гипоцентра [1] | | | M_0 , Н·м [1] | Магнитуды [1] | | | | Сейсм. ре- гион | Географический регион [22] |
|-----|--------------|--------------------|-----------------------------|-----------------|-------------|-----------------------|---------------|----------------------|-------------|-------------|-----------------------|-------------------------------|
| | | | φ° | λ° | h , км | | M_w/n | M_S/n (M^*) | M_{PLP}/n | M_{PSP}/n | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 17 | 18.08 | 02 32 03.5 | 32.620 | 47.674 | 12 | – | – | 6.0/100 | 6.2/4 | 6.1/140 | II | Иран–Ирак погр. обл. |
| 18 | 24.08 | 10 20 45.6 | 38.201 | –122.086 | 13 | – | – | 6.4/55 | 6.0/7 | 5.9/71 | I | Северная Калифорния |
| 19* | 14.10 | 03 51 34.7 | 12.721 | –87.867 | 51 | – | – | 7.1/55 | 6.9/5 | 6.5/58 | I | Побережье Никарагуа |
| 20 | 01.11 | 18 57 20.0 | –19.653 | –177.834 | 413 | – | – | (7.1) | – | 6.2/27 | I | Район о-вов Фиджи |
| 21 | 15.11 | 02 31 39.8 | 1.887 | 126.443 | 43 | – | – | 6.8/63 | 7.0/15 | 6.8/92 | I | Север Молуккского моря |
| 22 | 22.11 | 08 55 27.1 | 30.269 | 101.715 | 23 | – | – | 6.1/93 | 6.1/9 | 5.9/112 | II | Провинция Сычуань, Китай |

Примечание. В графе 1 знак «*» указывает на наличие в [1, 10] параметров механизма очага по первым вступлениям P -волн; в графе 6 буквой «f» индексирована фиксированная глубина; в графе 7 приведен сейсмический момент M_0 , рассчитанный в агентстве GSRAS по данным станций OBN («Обнинск») или TLY («Талая»); в графе 9 (M^*) – расчетная магнитуда, равная моментной магнитуде M_w из [13] для землетрясений, у которых отсутствует инструментальная величина M_S , или глубина очага $h > 70$ км; в графе 12 номер региона соответствует № в табл. 2.

Представление механизмов очагов землетрясений с $M \geq 7.0$ в стереографической проекции на нижней полусфере дано в табл. 4 и на рис. 3. Для 12 землетрясений (№ 1, 2, 4, 6–9, 11–13, 15, 19) механизмы очагов определены в ГС РАН (код агентства – GSRAS) [1, 10] по программе А.В. Ландера [23], использующей знаки первых вступлений продольных P -волн, для десяти других землетрясений (№ 3, 5, 10, 14, 16–18, 20–22) – по методу тензора момента центроида в Колумбийском университете США (код агентства – GCMT) [13, 21].

Таблица 4. Параметры механизмов очагов сильнейших ($M \geq 7.0$) землетрясений Земли в 2014 г.

| № | Дата, д м | t_0 , ч мин с | h , км | M_w [13] | Оси главных напряжений | | | | | | Нодальные плоскости | | | | | | Агент- ство |
|----|--------------|--------------------|-------------|---------------|------------------------|-------|------|-------|------|-------|---------------------|------|--------|-------|------|--------|----------------|
| | | | | | T | | N | | P | | $NP1$ | | | $NP2$ | | | |
| | | | | | PL | AZM | PL | AZM | PL | AZM | STK | DP | $SLIP$ | STK | DP | $SLIP$ | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 19 |
| 1 | 12.02 | 09 19 47.6 | 10f | 6.9 | 13 | 95 | 74 | 315 | 10 | 188 | 232 | 74 | 2 | 141 | 88 | 164 | GSRAS |
| 2 | 01.04 | 23 46 44.7 | 10f | 8.1 | 50 | 85 | 11 | 342 | 38 | 243 | 283 | 12 | 31 | 163 | 84 | 101 | GSRAS |
| 3 | 01.04 | 23 57 55.9 | 10f | 7.0 | 70 | 96 | 4 | 355 | 20 | 264 | 347 | 26 | 81 | 177 | 65 | 94 | GCMT |
| 4 | 03.04 | 02 43 10.8 | 10f | 7.7 | 60 | 61 | 15 | 180 | 25 | 277 | 37 | 24 | 130 | 175 | 71 | 74 | GSRAS |
| 5 | 11.04 | 07 07 19.2 | 33f | 7.1 | 86 | 77 | 2 | 312 | 3 | 222 | 310 | 42 | 87 | 134 | 48 | 93 | GCMT |
| 6 | 12.04 | 20 14 37.8 | 25 | 7.6 | 23 | 346 | 67 | 180 | 5 | 78 | 124 | 70 | 13 | 30 | 78 | 160 | GSRAS |
| 7 | 13.04 | 12 36 17.6 | 37 | 7.4 | 61 | 307 | 29 | 127 | 0 | 216 | 101 | 52 | 52 | 333 | 52 | 128 | GSRAS |
| 8 | 18.04 | 14 27 23.4 | 22 | 7.3 | 50 | 40 | 9 | 141 | 38 | 239 | 17 | 11 | 146 | 140 | 84 | 81 | GSRAS |
| 9 | 19.04 | 13 27 57.8 | 36 | 7.5 | 48 | 85 | 41 | 284 | 10 | 186 | 238 | 50 | 32 | 126 | 66 | 136 | GSRAS |
| 10 | 24.05 | 09 25 00.4 | 7 | 6.9 | 1 | 28 | 84 | 129 | 6 | 298 | 73 | 85 | –177 | 343 | 87 | –5 | GCMT |
| 11 | 23.06 | 19 19 15.2 | 20 | 6.9 | 60 | 299 | 15 | 180 | 25 | 83 | 143 | 24 | 50 | 5 | 71 | 106 | GSRAS |
| 12 | 23.06 | 20 53 08.2 | 107 | 7.9 | 33 | 74 | 29 | 323 | 43 | 202 | 220 | 30 | –11 | 320 | 84 | –119 | GSRAS |
| 13 | 29.06 | 07 52 55.0 | 10f | 6.9 | 51 | 241 | 4 | 146 | 38 | 54 | 118 | 7 | 61 | 327 | 84 | 94 | GSRAS |
| 14 | 11.07 | 19 22 01.3 | 34 | 6.5 | 19 | 107 | 7 | 200 | 70 | 310 | 185 | 27 | –107 | 23 | 64 | –82 | GCMT |
| 15 | 20.07 | 18 32 45.8 | 64 | 6.3 | 52 | 352 | 29 | 217 | 22 | 114 | 162 | 35 | 30 | 47 | 73 | 121 | GSRAS |
| 16 | 03.08 | 08 30 14.3 | 28 | 6.2 | 3 | 26 | 80 | 133 | 9 | 296 | 71 | 81 | –175 | 340 | 86 | –9 | GCMT |
| 17 | 18.08 | 02 32 03.5 | 12 | 6.2 | 68 | 5 | 9 | 119 | 20 | 212 | 317 | 27 | 111 | 114 | 65 | 80 | GCMT |
| 18 | 24.08 | 10 20 45.6 | 13 | 6.1 | 9 | 113 | 80 | 286 | 1 | 22 | 157 | 83 | 174 | 248 | 84 | 8 | GCMT |
| 19 | 14.10 | 03 51 34.7 | 51 | 7.3 | 26 | 32 | 4 | 124 | 64 | 221 | 114 | 20 | –101 | 305 | 71 | –86 | GSRAS |
| 20 | 01.11 | 18 57 20.0 | 413 | 7.1 | 53 | 143 | 16 | 255 | 33 | 355 | 130 | 19 | 147 | 252 | 80 | 74 | GCMT |
| 21 | 15.11 | 02 31 39.8 | 43 | 7.1 | 74 | 72 | 11 | 205 | 12 | 297 | 42 | 35 | 110 | 197 | 58 | 77 | GCMT |
| 22 | 22.11 | 08 55 27.1 | 23 | 6.1 | 3 | 8 | 85 | 244 | 4 | 98 | 143 | 85 | –1 | 233 | 89 | –175 | GCMT |

Примечание. Параметры землетрясений (графы 2–4) соответствуют таковым в каталогах [3, 12].

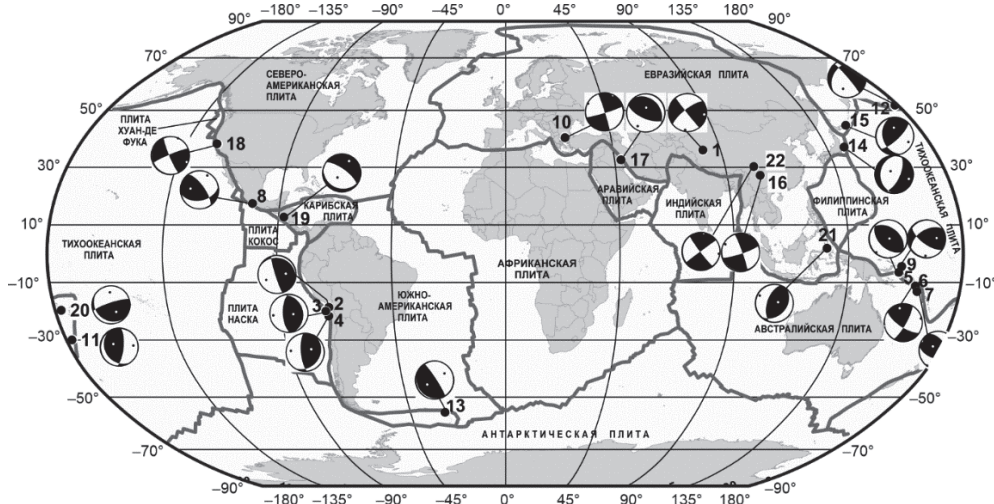


Рис. 3. Диаграммы механизмов очагов сильнейших ($M \geq 7.0$) землетрясений Земли за 2014 г. в проекции нижней полусферы

Зачернены области сжатия. Черными кружками обозначены эпицентры землетрясений, номер рядом с эпицентром соответствует номеру землетрясения в табл. 3 и 4.

Эпицентры большинства землетрясений приурочены к границам крупнейших тектонических плит Земли (рис. 3) и расположены в пределах земной коры. Землетрясение на Алеутах (№ 12) имело промежуточное значение глубины ($h=107$ км), глубокий очаг ($h=413$ км) имел место в районе островов Фиджи (№ 20).

Очаг сильнейшего в 2014 г. Чилийского землетрясения (№ 2), произошедшего 1 апреля в 23^h46^m у побережья Северного Чили, залегал в верхней части земной коры на глубине $h=10$ км. По данным [16], землетрясение ощущалось с интенсивностью $I=VII$ баллов по шкале MMI (MMI – модифицированная шкала Меркалли [24]) в двух прибрежных городах Чили – Икике и Арика. В результате землетрясения образовалась волна цунами, ее максимальная высота наблюдалась у берегов Северного Чили: в провинциях Арика и Паринакота – от 2.0 до 4.6 м, в Тарапаке – от 1.4 до 3.7 м [17]. Волна цунами высотой до 0.55 м докатилась до берегов Японии [17], 0.4 м – до северокурильского острова Парамушир [17]. Чилийское землетрясение 1 апреля с $M_w=8.1$ сопровождалось многочисленными форшоками и афтершоками. До конца 2014 г. проведена сводная обработка данных 55 афтершоков с $M=4.3-7.6$ [3], из них пять – с $M=6.1-7.6$ [12].

Механизм очага Чилийского землетрясения, по данным ГС РАН (№ 2 на рис. 3), представляет собой сдвиг с компонентами надвига по полого падающей на восток субмеридиональной плоскости, совпадающей с ориентацией меганадвигового разлома у побережья Чили. Решение для второй нодальной плоскости – взброс по плоскости север–северо-западного простирания, круто падающей на запад, менее вероятно с точки зрения общих представлений о тектонике данного субдукционного региона, характеризующегося процессом поддвига плиты Наска под Южноамериканскую с падением плоскости погружающейся плиты на восток.

Самые большие человеческие жертвы и материальный ущерб в 2014 г. принесло катастрофическое землетрясение 3 августа (№ 16) с $MS=6.2$ [3] ($M_w=6.2$ [13]), произошедшее в 08^h30^m в уезде Лудянь провинции Юньнань. Очаг располагался в 11 км к западу от г. Вэньпин на глубине $h=28$ км. По данным [17], в результате Лудяньского землетрясения в провинции Юньнань погибли 615 человек и 3143 человека ранены, разрушено 25.8 тыс. и повреждено 160.4 тыс. домов. В городах Китая толчки ощущались с интенсивностью от III до VII баллов по шкале MMI [15, 16].

В заключение отметим, что в 2014 г. большинство сильнейших землетрясений Земли произошло на границах самых крупных литосферных плит, и механизмы их очагов отражают особенности межплитового взаимодействия. Аномально высокое количество сейсмической энергии выделилось у берегов Северного Чили, где произошло сильнейшее на планете землетрясение с $M_w=8.1$.

Авторы выражают благодарность сотрудникам ФИЦ ЕГС РАН О.П. Каменской и Л.С. Мальяновой за помощь в подготовке графических материалов к статье.

Л и т е р а т у р а

1. Сейсмологический бюллетень (сеть телесеismicических станций), 2014. (2020) // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2014
2. Сейсмологический каталог (сеть телесеismicических станций), 2014. (2020) // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_Catalog/2014
3. Болдырева Н.В. (отв. сост.), Аторина М.А., Бабкина В.Ф., Лёвкина А.В., Малянова Л.С., Павская И.М., Рыжикова М.И., Щербакова А.И. Каталог землетрясений Земли за 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
4. Бабкина В.Ф., Болдырева Н.В., Пойгина С.Г. Список сейсмических станций России и мира, использованных при создании Сейсмологического бюллетеня за 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
5. Бабкина В.Ф., Болдырева Н.В., Пойгина С.Г. Список сейсмических станций России и мира, использованных при создании Сейсмологического бюллетеня за 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD-ROM.
6. Пойгина С.Г., Петрова Н.В., Болдырева Н.В. Сильные землетрясения Земли // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 273–291. doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.25
7. Аптекман Ж.Я., Белавина Ю.Ф., Захарова А.И., Зобин В.М., Коган С.Я., Корчагина О.А., Москвина А.Г., Поликарпова Л.А., Чепкунас Л.С. Спектры P -волн в задаче определения динамических параметров очагов землетрясений. Переход от стационарного спектра к очаговому и расчет динамических параметров очага // Вулканология и сейсмология – 1989. – № 2. – С. 66–79.
8. Hanks T.C., Kanamori H.A. Moment Magnitude Scale // J. Geophys. Res. – 1979. – 84. – N 135. – P. 2348–2350.
9. Чепкунас Л.С., Малянова Л.С. Очаговые параметры сильных землетрясений Земли // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 244–249. doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.24
10. Малянова Л.С. (отв. сост.), Габсатарова И.П. Параметры механизмов очагов сильных землетрясений Земли в 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23(2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
11. Болдырева Н.В. (отв. сост.), Аторина М.А., Бабкина В.Ф., Дуленцова Л.Г., Лёвкина А.В., Малянова Л.С., Рыжикова М.И., Щербакова А.И. Каталог землетрясений Земли за 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD-ROM.
12. Болдырева Н.В., Пойгина С.Г. (отв. сост.), Аторина М.А., Бабкина В.Ф., Лёвкина А.В., Малянова Л.С., Павская И.М., Щербакова А.И. Каталог сильных с M ($MPSP$, $MPLP$, MS , Mw) ≥ 6.0 землетрясений Земли за 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
13. Global Centroid Moment Tensor (GCMT) Catalog Search [Site]. – URL: <http://www.globalcmt.org/>
14. Касахара К. Механика землетрясений. – М.: Мир, 1985. – С. 25.
15. Пойгина С.Г., Коломиец М.В. Макросейсмический эффект сильных ощутимых землетрясений Земли с $M \geq 6$ в населенных пунктах в 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
16. Search Earthquake Catalog // USGS [Site]. – URL: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>
17. The Significant Earthquake Database // NOAA. National Centers for Environmental Information [Site]. – URL: <https://www.ngdc.noaa.gov/nndc/struts/form?t=101650&s=1&d=1>
18. Пойгина С.Г. Координаты сотрясенных в 2014 г. населенных пунктов Северной Евразии (при сильных землетрясениях Земли с $M \geq 6$) // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
19. База данных "Macroseismic punkts GS RAS". – Обнинск: Фонды ФИЦ ЕГС РАН, 2020.
20. Сейсмологический каталог (сеть телесеismicических станций), 1993–2014 (2020 г.) // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_Catalog/1993-2014
21. Пойгина С.Г. Дополнение к каталогу механизмов очагов сильных землетрясений Земли по данным GCMT за 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
22. Young J.B., Presgrave B.W., Aichele H., Wiens D.A., Flinn E.A. The Flinn-Engdahl regionalization scheme: the 1995 revision // Physics of the Earth and Planetary Interiors. – 1996. – N 96. – P. 223–297.
23. Ландер А.В. Описание и инструкция для пользователя комплекса программ FA (расчет и графическое представление механизмов очагов землетрясений по знакам первых вступлений P -волн). – М., 2006. – 27 с.
24. The Modified Mercalli Intensity Scale. (2020). Earthquake Topics. Retrieved from <https://earthquake.usgs.gov/learn/topics/mercalli.php>

GLOBAL EARTHQUAKES

S.G. Poygina, N.V. Petrova, N.V. Boldyreva

Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Obninsk, Russia, sveta@gstras.ru

Abstract. The information on global seismicity in 2014 at the level of strong earthquakes with $M \geq 6$ according to the Seismological Bulletin of the Geophysical Survey of RAS (GS RAS) is provided. The original Seismological Bulletin for 2014 contains parameters of 3268 earthquakes in the world, versus 4212 in 2013. This article analyzes 165 earthquakes with $M \geq 6$, including 16 strongest earthquakes with $M \geq 7$, and five earthquakes with $M = 6.0-6.7$, which resulted in significant casualties and destruction. The information on focal mechanisms, macroseismic effect, the number of victims, tsunamis, etc. is given. A comparative analysis of the number of earthquakes and released seismic energy in different seismically active regions of the Earth showed that, as before, the Pacific region was the most seismically active. More than 96 % of common seismic energy was released in the Pacific region, compared to 1.8 % in Eurasia, 1.3 % in Atlantic Ocean and 0.2 % in the Indian Ocean. The Earth's maximum earthquake in 2014 occurred on April 1 with $M_w = 8.1$ off shore of Chile. It was accompanied by numerous foreshocks and aftershocks. The maximum casualties and material damage in 2014 were caused by the catastrophic Ludian earthquake that occurred on August 3 with $MS = 6.2$ in the Chinese province of Yunnan.

Keywords: seismic stations, strong earthquakes, catalog, magnitude, seismic energy, focal mechanism, macroseismic effect.

DOI: 10.35540/1818-6254.2020.23.23

For citation: Poygina, S.G., Petrova, N.V., & Boldyreva, N.V. (2020). [Global earthquakes]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), 235–243. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.23

References

1. GS RAS, Bulletin of Teleseismic Stations, 2014. (2020). Retrieved from ftp://ftp.gstras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2014/
2. GS RAS, Catalogues of Teleseismic Stations, 2014. (2020). Retrieved from ftp://ftp.gstras.ru/pub/Teleseismic_Catalog/2014/
3. Boldyreva, N.V., Atorina, M.A., Babkina, V.F., Lyovkina, A.V., Malyanova, L.S., Pavskaya, I.M., Ryzhikova, M.I., & Shcherbakova, A.I. (2020). [Global earthquake catalogue for 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
4. Babkina, V.F., Boldyreva, N.V., & Poygina, S.G. (2020). [List of seismic stations in Russia and the World, used in the creation of the Seismological Bulletin for 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
5. Babkina, V.F., Boldyreva, N.V., & Poygina, S.G. (2019). [List of seismic stations in Russia and the World, used in the creation of the Seismological Bulletin for 2013]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), Appendix on CD. (In Russ.).
6. Poygina, S.G., Petrova, N.V., & Boldyreva, N.V. (2019). [Global earthquakes]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), 273–291. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.25
7. Aptekman, Zh.Ya., Belavina, Yu.F., Zakharova, A.I., Zobin, V.M., Kogan, S.Ya., Korchagina, O.A., Moskvina, A.G., Polikarpova, L.A., & Chepkunas, L.S. (1989). [P-wave spectra in the problem of determining the dynamic parameters of earthquake foci. Transition from station spectrum to source and calculation of dynamic parameters of the source]. *Vulkanologiya i seismologiya* [Journal of Volcanology and Seismology], 2, 66–79. (In Russ.).
8. Hanks, T. C., & Kanamori, H. (1979). A moment magnitude scale. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 84(B5), 2348–2350.
9. Chepkunas, L.S., & Malyanova, L.S. (2020). [Source parameters of strong earthquakes of the Earth]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), 244–249. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.24
10. Malyanova, L.S., & Gabsatarova, I.P. (2020). [Focal mechanisms parameters of strong earthquakes of the Earth in 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
11. Boldyreva, N.V., Atorina, M.A., Babkina, V.F., Dulentsova, L.G., Lyovkina, A.V., Malyanova, L.S., Ryzhikova, M.I., & Shcherbakova, A.I. (2019). [Earth earthquake catalogue for 2013]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), Appendix on CD. (In Russ.).

12. Boldyreva, N.V., Poygina, S.G., Atorina, M.A., Babkina, V.F., Lyovkina, A.V., Malyanova, L.S., Pavskaya, I.M., & Scherbakova, A.I. (2020). [Global earthquakes catalogue with M (MPSP, MPLP, MS, M_w) ≥ 6.0 for 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
13. Global CMT catalog. (2020). Retrieved from <http://www.globalcmt.org/>.
14. Kasahara, K. (1981). *Earthquake mechanics* (Vol. 139). Cambridge: Cambridge university press.
15. Poygina, S.G., & Kolomiyets, M.V. (2020). [Macro seismic effect of Global felt earthquakes with $M \geq 6$ in settlements in 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
16. USGS. (2020). Search Earthquake Catalog. Retrieved from <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>
17. NOAA. (2020). National Centers for Environmental Information. The Significant Earthquake Database. Retrieved from <https://www.ngdc.noaa.gov/nndc/struts/form?t=101650&s=1&d=1>
18. Poygina, S.G. (2020). [Coordinates of the settlements in Northern Eurasia shaken in 2014 (at Global earthquakes with $M \geq 6$)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
19. Database "Macro seismic punkts GS RAS" (2020). Obninsk, Russia: Funds of GS RAS. (In Russ.).
20. GS RAS, Catalogues of Teleseismic Stations, 1993–2014. (2020). Retrieved from ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_Catalog/1993-2014
21. Poygina, S.G. (2020). [Addition to the focal mechanisms catalogue of Global earthquakes according to GCMT for 2014.]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
22. Young, J.B., Presgrave, B.W., Aichele, H., Wiens, D.A., Flinn, E.A. (1996). The Flinn-Engdahl regionalization scheme: the 1995 revision. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 96, 223–297.
23. Lander, A.V. (2006). Opisaniye i instruktsiia dlia pol'zovatelya kompleksa programm FA (raschet i graficheskoye predstavleniye mekhanizmov ochagov zemletriasenii po znakam pervykh vstupleniiy P-voln) [Description and instructions for the user of the FA program complex (calculation and graphic representation of the mechanisms of the earthquake sources according to the signs of the first P-wave arrivals)]. Moscow, Russia. 27 p. (In Russ.).
24. The Modified Mercalli Intensity Scale. (2020). Earthquake Topics. Retrieved from <https://earthquake.usgs.gov/learn/topics/mercalli.php>