

СИЛЬНЫЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ЗЕМЛИ**Н.В. Шаторная, Н.В. Болдырева**Геофизическая служба РАН, г. Обнинск, *pdes@gsras.ru*

Каталог сильных землетрясений мира с *MPSP*, *MPLP*, $MS \geq 6.0$ за 2000 г. [1] составлен по материалам ежедекадных оперативных сейсмологических каталогов и сейсмологических бюллетеней, выпускаемых в ЦОМЭ ГС РАН [2]. Географическое распределение гипоцентров сильных землетрясений показано на рис. 1. В основном оно соответствует известной мировой статистике землетрясений, наблюдаемых на земном шаре.

Распределение сильных землетрясений мира в зависимости от их магнитуды приведено в табл. 1, где данные за 2000 г. сравниваются с соответствующими значениями за десять предыдущих лет. Как видно, число землетрясений в 2000 г. в интервале $M=6-7$ составило 169, что близко к среднему ($N=142 \pm 38$) за десять лет, но в диапазоне $M=7-8$ оно равно 17, что больше среднего ($N=13 \pm 6$); землетрясений более сильных с $M \geq 8$ не было уже шесть лет, после 1994 г.

Таблица 1. Распределение числа землетрясений в различных интервалах магнитуд M (*MPSP*, *MPLP*, $MS \geq 6.0$) за 1990–2000 гг.

Год	Число землетрясений в интервале M			Всего
	$6.0 \leq M < 7.0$	$7.0 \leq M < 8.0$	$M \geq 8.0$	
1990	102	10	1	113
1991	84	9	–	93
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
Среднее за 10 лет	142 ± 38	13 ± 6	–	155 ± 42
2000	169	17	–	186

Распределение суммарной сейсмической энергии при сильных землетрясениях в различных сейсмических поясах представлено в табл. 2.

Таблица 2. Распределение числа землетрясений и суммарной сейсмической энергии ΣE по сейсмическим поясам

Сейсмический пояс	Число землетрясений		$\Sigma E \cdot 10^{15}$, Дж
	$6.0 \leq M < 7.0$	$M \geq 7.0$	
Тихоокеанский	151	14	302.22
Трансазиатский	11	2	7.21
Атлантический	4	–	1.33
Индийского океана	1	1	31.64
Восточно-Африканские грабены	2	–	0.19

Более 88% всей энергии выделилось в Тихоокеанском сейсмическом поясе, где произошло 14 сильнейших ($M \geq 7.0$) землетрясений года, список которых дан в табл. 3 (включены все землетрясения, у которых хотя бы одна из трех магнитуд (MS , *MPLP*, *MPSP*) была ≥ 7.0). На другие сейсмические пояса приходится менее 12% суммарной энергии. Сейсмическая энергия рассчитана по формулам из [3]:

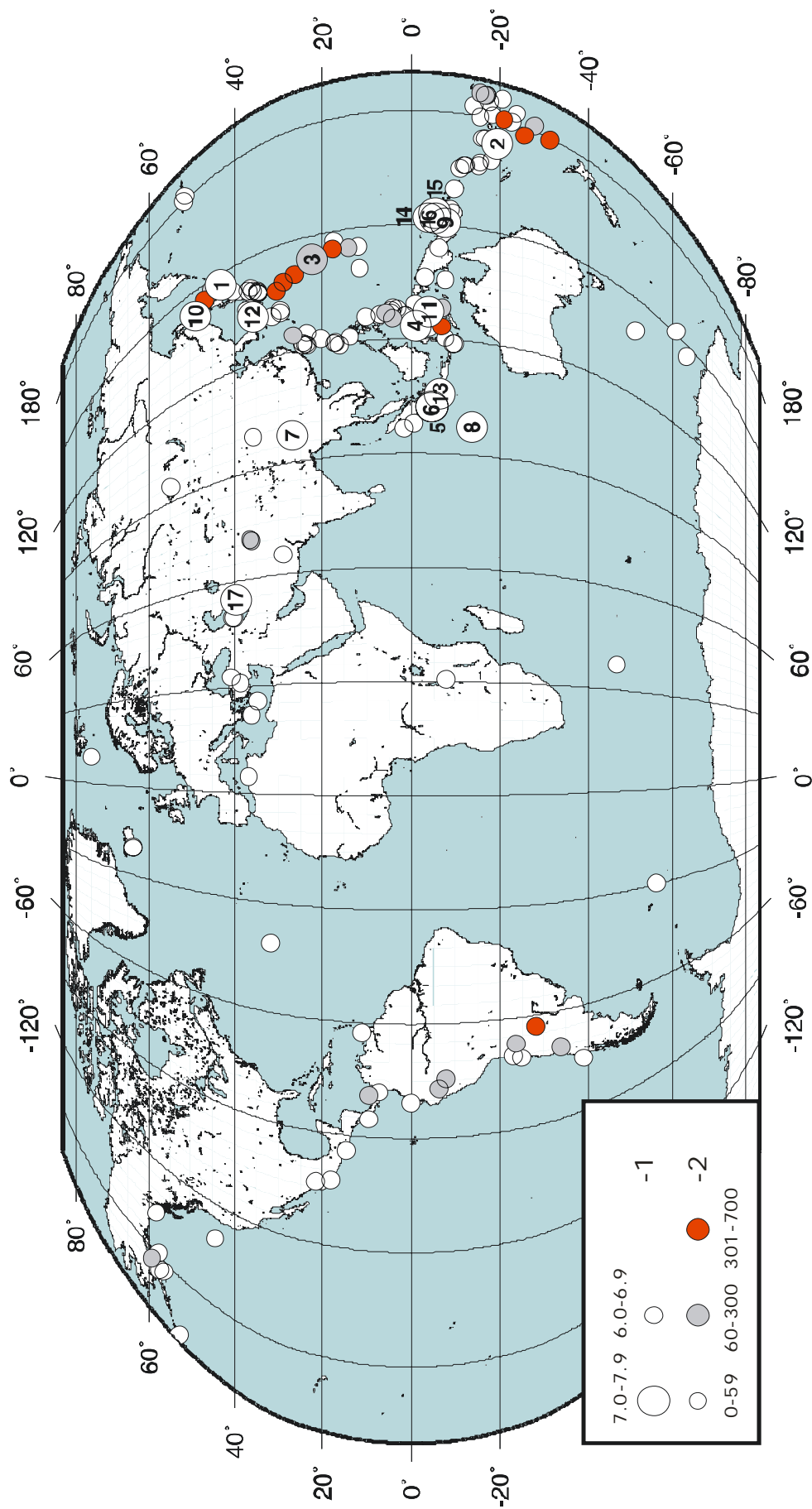


Рис. 1. Карта эпицентров сильных землетрясений мира с $MS \geq 6.0$ за 2000 г.

1 – магнитуда; 2 – глубина h гипоцентра, км.

$$\lg E, \text{ эрг} = 5.8 + 2.5 m_b,$$

$$\lg E, \text{ эрг} = 11.8 + 1.5 M.$$

Здесь вместо m_b и M использованы магнитуды $MPSP$ и MS из [2].

Таблица 3. Список наиболее сильных землетрясений Земли в 2000 г. по [1]

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Эпицентр		h , км	n с/ст	M_0 (OBN), Н·м	Магнитуды				Р а й о н
				φ°, N	λ°, N				M_w	MS/n	$MPLP/n$	$MPSP/n$	
1	28.01	14 21 03.7	0.79	42.96N	146.81E	33	220	5.2E18	6.4	7.1/30	7.1/11	6.9/30	У побережья острова Хоккайдо, Япония
2	25.02	01 43 59.5	0.88	19.52S	173.90E	33	154			7.1/32	6.9/7	6.3/27	Район островов Вануату
3	28.03	11 00 23.9	1.08	22.47N	143.75E	132	187			7.4/9	6.9/37		Район островов Волканано
4	04.05	04 21 16.7	1.17	0.99S	123.45E	33	90	8.0E19	7.2	7.3/24	7.4/20	6.7/21	Полуостров Минахаса, Сулавеси
5	04.06	16 28 26.4	0.97	4.61S	102.17E	33	90			7.7/27	7.5/16	7.0/19	Южная Суматра, Индонезия
6	04.06	16 39 45.2	1.80	4.72S	102.34E	33	44			7.6/7		6.8/14	Южная Суматра, Индонезия
7	07.06	21 46 56.3	0.94	26.86N	97.28E	33	92			6.6/43	7.1/21	6.6/34	Мьянма
8	18.06	14 44 12.5	1.09	13.82S	97.37E	10	73	1.4E20	7.4	7.8/19	7.5/18	7.1/25	Юг Индийского океана
9	16.07	03 57 49.7	1.02	7.66S	150.86E	33	91			6.4/11	7.0/8	6.1/17	Район Новой Британии
10	04.08	21 13 04.4	0.88	48.76N	142.27E	21	159	9.1E18	6.6	7.1/26	6.9/14	6.4/22	Сахалин
11	28.08	15 05 51.0	1.12	3.95S	127.38E	36	97			6.4/17	7.0/18	6.5/26	Серам, Индонезия
12	06.10	04 30 23.8	1.10	35.67N	133.06E	33	128	4.4E18	6.4	7.0/37	6.5/14	6.0/33	Западный Хонсю, Япония
13	25.10	09 32 23.2	0.97	6.57S	105.66E	33	96			6.5/28	7.2/15	6.8/40	Зондский пролив, Индонезия
14	16.11	04 54 58.4	2.02	3.82S	151.92E	33	104			7.7/7	7.3/5	5.8/10	Район Новой Ирландии
15	16.11	07 42 18.0	1.90	5.27S	153.15E	33	73			7.6/16		6.5/22	Район Новой Ирландии
16	17.11	21 01 56.4	3.04	5.44S	151.87E	33	75			7.5/14	6.8/7	5.6/19	Район Новой Британии
17	06.12	17 11 07.5	1.18	39.68N	54.71E	33	141			7.3/29	7.4/7	6.7/23	Туркменистан

Значения магнитуд MS , $MPLP$, $MPSP$ землетрясений в [2] рассчитаны по максимальной скорости смещения $(A/T)_{\max}$ в поверхностных и объемных волнах по соответствующим калибровочным кривым [4, 5].

Ниже приводится краткий обзор исследований по сильным землетрясениям 2000 г., представленных в реферативных журналах «Геофизика».

28 января в 14^h21^m произошло землетрясение у побережья центральной части Немуро с $MS=7.1$ ¹ в юго-западной части Курильского желоба. Это землетрясение было внутриплитовым. В [6] приведены гипоцентры основного толчка и его афтершоков по данным ближайших наземных и подводных сейсмических станций. Исследованы особенности распределения сейсмичности перед этим землетрясением с использованием RTL-алгоритма, а также метода оценки временных вариаций числа землетрясений [7], выявлен период сейсмического затишья с 1995 г., причем центральная часть зоны затишья располагалась как раз вблизи эпицентра будущего землетрясения. Максимальный линейный размер зоны >200 км, что в несколько раз превышает протяженность разрыва, связанного с главным толчком.

25 февраля в 01^h43^m имело место землетрясение с $MS=7.1$ в районе островов Вануату, зарегистрированное 696 станциями и локализованное на глубине $h^*=48 \pm 1.9$ км по фазе pP . Оно характеризуется моментной магнитудой $M_w=7.1$ (HRVD) и 7.0 (NEIC) [8]. Значения сейсмических моментов равны: $M_0=5.1 \cdot 10^{19}$ Н·м и $M_0=3.6 \cdot 10^{19}$ Н·м.

¹ Здесь и ниже значения магнитуд даны из Сейсмологического бюллетеня [2].

28 марта в 11^h00^m произошло землетрясение с $MPSP=6.9$ в районе островов Волкано. Землетрясение зарегистрировано 953 мировыми сейсмическими станциями, локализовано на глубине $h^*=123\pm 1.2$ км по фазе pP . Оно характеризуется моментной магнитудой $M_w=7.6$ (HRVD и NEIC) [8]. Значения сейсмических моментов одинаковы и равны $M_0=3.2\cdot 10^{20}$ Н·м.

Землетрясение 4 мая в 04^h21^m на Сулавеси с $MS=7.3$ сопровождалось цунами, зарегистрированными на станции «Джайлоло» спустя час после землетрясения [9]. Записи названной станции позволили определить параметры разрыва и деформаций дна океана. Использование батиметрии и распределения афтершоков позволило рассчитать теоретические сейсмограммы цунами и упругих волн, которые сопоставлялись с таковыми, наблюдаемыми на указанной станции, а также 22 других станций глобальной сейсмологической сети. Площадь разрыва составила 80×35 км², сейсмический момент – $M_0=8.0\cdot 10^{19}$ Н·м.

4 июня в 16^h28^m и в 16^h39^m произошли два мощных землетрясения с $MS=7.7$ и 7.6 на о. Суматра в Индонезии [10], которые вместе с более чем 400 афтершоками вызвали сильные разрушения. Наиболее пострадала провинция Бенгкулу на западном побережье Суматры, где были разрушены здания, системы жизнеобеспечения, энергосистема. Погибло ~120, ранено ~1300 человек. На о. Энгано вблизи эпицентра было разрушено 90% домов. Землетрясения ощущались в Джакарте и Сингапуре. В [11] для более достоверного определения механизма очага первого из толчков с $MS=7.7$ использовались телесеismicкие объемные волны, зарегистрированные длиннопериодными сейсмографами глобальной сейсмической сети.

Землетрясение с $MPLP=7.1$ в районе Мьянмы отмечено 7 июня в 21^h46^m. Оно зарегистрировано 762 мировыми станциями. Глубина очага по фазе pP составила $h^*=26\pm 2.8$ км. Оно характеризуется моментными магнитудами $M_w=6.3$ (HRVD) и 6.2 (NEIC) [8]. Значения сейсмических моментов, соответственно, равны: $M_0=3.7\cdot 10^{18}$ Н·м и $M_0=2.6\cdot 10^{18}$ Н·м.

18 июня в 14^h44^m к югу от о. Суматра произошло сильное ($MS=7.8$) землетрясение [12]. Это был левосторонний сдвиг по меридиональной плоскости с вертикальным падением. Предполагается, что произошел значительный сброс напряжений, а также генерировались несколько афтершоков. Возникновение этого землетрясения связывают с реактивизацией древних разломных зон в пределах Индийско-Австралийской плиты.

16 июля в 03^h57^m с $MS=6.4$ произошло землетрясение в районе Новой Британии. Землетрясение зарегистрировано 649 мировыми сеймостанциями, локализовано на глубине $h^*=24\pm 3.0$ км по фазе pP . Оно характеризуется моментной магнитудой $M_w=6.6$ (HRVD) по [8]. Соответствующее значение сейсмического момента равно $M_0=9.4\cdot 10^{18}$ Н·м.

В период сейсмической активизации с 26 июня по 31 августа вслед за землетрясением 1 июля в 07^h02^m с $MPSP=6.1$ произошло небольшое цунами. Результаты моделирования цунами в [13], показывают, что его генерация могла быть связана с вулканическим землетрясением и вертикальной подвижкой на разломе, расположенном к востоку от о. Коудзу на глубине ~1 км. Область опускания, образовавшаяся на южном окончании разлома, захватывает площадь, где наблюдался сейсмический рой.

В [14] анализировались опросные анкеты об интенсивности землетрясения 15 июля в 01^h30^m с $MS=6.1$, собранные в районах Вакаго и Хонсон на о. Ниидзима. Исследовалось макросейсмическое поле интенсивности сотрясений. В результате получено, что интенсивность сотрясений в районе Вакаго была равна $I=VI$ JMA, пиковые ускорения – 800 см/с² и пиковые скорости – $80-100$ см/с. Модифицирована модель сейсмогенного разлома. Синтетические сейсмограммы, смоделированные на основе новой модели разлома, соответствуют полученным реальным записям колебаний. По синтетическим сейсмограммам выявлено, что в районе Вакаго преобладали колебания с периодом $T=1$ с в меридиональном направлении, что может быть обусловлено процессом испарывания разрыва.

На Сахалине 4 августа в 21^h13^m произошло землетрясения с $MS=7.1$ [15]. Подвижка в его очаге произошла под действием близгоризонтальных сжимающих напряжений. Тип подвижки – взброс с небольшой компонентой левостороннего сдвига. Всплески микрофоршоковой активности отмечены за 2.5 суток и за несколько часов до главного толчка. Активность микрофоршоков концентрировалась в будущей зоне главного разрыва, при этом выявились особенности, характерные для акустического режима перед макроразрушением образцов, такие, как наличие периодов активизации и затишья, локализация сейсмических событий в зоне будущего макроразрушения, устойчивый рост относительной частоты слабых событий перед основным толч-

ком. Регистрация афтершоков началась уже 6 августа автономными цифровыми сейсмическими станциями, которыми до 30 августа зарегистрировано более 1000 афтершоков. Приводится распределение эпицентров афтершоков относительно главного толчка. Обнаружены поверхностные разрывы (взбросы, трещины), обвалы, оползни, вспучивание и разжижение грунтов, грязевые потоки. Сделан вывод, что это землетрясение связано с тектонической активностью Западно-Сахалинского разлома. Выделяются три кластера эпицентров афтершоков. Сразу после главного толчка достаточно сильные афтершоки сосредоточились в основном в районе Ламанонского вулканического массива. Большинство афтершоков расположились вблизи Западно-Сахалинского разлома, а очаговая зона ориентирована в северо-западном направлении. Незначительная часть афтершоков локализована вдоль Центрально-Сахалинского разлома. Эпицентры афтершоков располагались в основном к востоку от поверхностного сейсмогенного разрыва. Глубины залегания афтершоков от нескольких километров до 22 км отражают особенности распределения очагов землетрясений в этой части Сахалина. По данным наблюдений системы GPS установлено, что Сахалин движется на запад со скоростью 3–4 мм/год относительно Евразийской плиты [16–20].

В западной части префектуры Тоттори (Япония) 6 октября в 04^h30^m произошло сильное землетрясение с $MS=7.0$ [21–23]. Погибло 20, ранено 77 человек, разрушено полностью 338 и повреждено 1939 домов. Землетрясение сопровождалось афтершоками. Приведены карта эпицентров исторических сильных землетрясений, распределение современной сейсмичности, а также трехкомпонентные записи смещений, скоростей и ускорений главного толчка. Кратко рассмотрены тектоника и структура очаговой области. Дана схема, на которой представлен известный разлом типа сдвига по падению, на котором ранее происходили землетрясения. Область очага землетрясения 2000 г. лежит в стороне от зоны разлома. Рассмотрены возможные причины этого землетрясения. Приведены иллюстрации поверхностных разрывов и схема подвижек по пологому падению плоскости разлома. Зона распространения афтершоков прослеживается на расстоянии ~35 км в северо–северо-западном направлении [24]. Северная ее часть характеризуется скоплением землетрясений, южная вытянута и сравнительно просто построена, причем скорости распространения и затухания сейсмических волн афтершоков меньше в северной части. Выявленные различия обусловлены неоднородностью системы разломов. Зарегистрировано два роя: через 20 и 48 часов после главного толчка. Эти сейсмические последовательности были вызваны изменениями напряжений в фокальной области. Проведены модельные исследования движений земной коры [25]. Максимальные косейсмические смещения составили 17 см. Помимо главного разлома, предполагается существование ряда подчиненных разломов на глубине менее 4 км. При детальном анализе затухания процесса афтершоков было обнаружено, что сильные афтершоки не имеют стабильного коэффициента затухания p : значение p на ранних стадиях меньше, чем по долговременным наблюдениям, с включением более поздней стадии, когда число сильных афтершоков значительно меньше, чем по формуле Омори, с учетом затухания активности на ранней стадии [26]. В [27] приводятся результаты сейсмического исследования структуры очаговой зоны. Построены карты пространственного размещения областей рассеивания P -волн вокруг очаговой зоны для глубин 5, 10, 15 и 20 км в частотном диапазоне 25–48 Гц, на них указаны положения участков начального и главного разрывов. Приводятся глубинные разрезы для частотных диапазонов 6–12 и 25–48 Гц. В [28] построена плотностная модель очага. Для этого были собраны все имеющиеся данные гравиметрических съемок и проведены дополнительные съемки. Построена карта аномалий Буге с шагом 5 $\mu\text{Гал}$, а в районе эпицентра съемки – 1 $\mu\text{Гал}$. Эпицентр землетрясения находился в южной части разлома Камакурояма юго-западного простирания. По обе стороны от эпицентра параллельно глубинному разлому построены два профиля и два глубинных разреза земной коры длиной 35 км. Определены параметры южной части разлома Камакурояма, связанные с глубинами форшоков и афтершоков, с основным местом сдвига блоков коры и механизмом очага землетрясения. Дана характеристика сейсмичности всей префектуры, где за последние 130 лет произошли четыре сильных ($M>7$) землетрясения. В [29] исследуют детальное строение разлома: выделены 15 сегментов разлома, в большинстве из которых выявлены левосторонние сдвиги. Преобладающие простирания разломов в азимутах 145° и 165°. Наблюдается смещение сейсмичности и постсейсмического поля деформаций из южной части разлома в его северную часть. Анализ механизмов очагов афтершоков показывает, что направление макси-

мально действующих напряжений имеет $AZM=107^\circ$ и совпадает с предшествующими оценками тектонического поля напряжений в этом районе. В [30] результаты исследования изменения фрактальной структуры распределения гипоцентров землетрясений перед землетрясением 2000 г. сопоставляются с сейсмической активностью в очаговой области и ее окрестности за 1983–2001 гг. Фрактальная размерность D перед главным толчком 2000 г. в очаговой области и ее окрестности уменьшилась чрезмерно. Предвестниковая длительность составила 1–3 года. Уменьшение D могло быть вызвано группированием гипоцентров или необычайным оживлением сейсмической активности в обширной области вокруг очага готовившегося сильного землетрясения. При землетрясении 2000 г. некоторые поверхностные разрывы возникли вдали от главного сейсмогенного разлома. В [31] приведены результаты трехмерного моделирования процесса динамического разрыва, которые показали, что поверхностные разрывы были вызваны образованием новых трещин растяжения, развитием структур от границ разлома и крупной шероховатости. Высококачественные сейсмические данные о землетрясении и афтершоках, последовавших сразу после основного толчка и через два года после него, были использованы в [32] для изучения сейсмической энергии E и ее масштабирования по отношению к сейсмическому моменту M_0 . Рассчитана энергии P - и S -волн. Анализ сильно и слабо квантованных данных позволил установить статистически значимые зависимости E/M . Плотная наблюдательная сеть за сильными движениями грунтов и сейсмической активностью в Японии позволила получить большой материал с записями сейсмических волн от глубинных границ раздела [33]. В [34] записи P - и S -волн от 721 афтершоков использовались для определения трехмерной скоростной структуры коры и коэффициента Пуассона в очаговой зоне данного землетрясения. Установлена заметная латеральная изменчивость скоростей P - и S -волн (до 4%) и коэффициента Пуассона (до 9%). Очаги афтершоков сосредоточены в блоке с высокими скоростями v_p , высокими значениями коэффициента Пуассона и высокой электропроводимостью. Очаг основного толчка располагался в зоне резкого изменения параметров v_p и v_p/v_s . Считается, что отмеченные особенности скоростных параметров коры очаговой области обусловлены флюидной активностью и магматической деятельностью расположенного вблизи вулкана Дайсен.

В районе Зондского пролива 25 октября в 09^h32^m зарегистрировано землетрясение с $MPLP=7.2$, записанное на 842 станциях. Глубина очага, определенная по фазе pP , составила $h^*=44\pm 2.5$ км. Оно характеризуется моментной магнитудой $M_w=6.8$ (HRVD, NEIC) [8].

Сильное ($MS=7.7$) землетрясение произошло 16 ноября в 04^h54^m в море Бисмарка у северо-восточного побережья Папуа – Новой Гвинеи. Сейсмический момент – $M_0=11.13\cdot 10^{20}$ Н·м, длина участка впаивания – $L=200$ км. Произошел практически чистый сдвиг по простиранию разлома. Процесс впаивания был несимметрично двунаправленным с неравномерным распределением смещений. Основной разрыв распространялся в южном направлении. Максимальное смещение составило 4.6 м, среднее – 2.3 м, сброс напряжений – 2.1 МПа. Через три часа после первого толчка произошло землетрясение с $MS=7.6$, $M_0=1.6\cdot 10^{20}$ Н·м. Еще одно сильное землетрясение с $MS=7.5$, $M_0=1.75\cdot 10^{20}$ Н·м [35] возникло на следующий день – 17 ноября в 21^h01^m. Используя телесеизмические данные и метод анализа распределения сейсмических вступлений, в [36] уточнили местоположения очагов афтершоков. В результате первого землетрясения образовался разрыв протяженностью ~100 км. После него афтершоков в верхнем 15-ки слое коры не было. Два последующих землетрясения (16 ноября в 07^h42^m с $MS=7.6$ и 17 ноября в 21^h01^m с $MPLP=7.5$) произошли в пределах Ново-Британского желоба. Распределение афтершоков для этих землетрясений определяет сложную сейсмическую зону под районом Новой Ирландии, где землетрясения происходили в пределах Тихоокеанской плиты и плиты Бисмарка. Отмечается, что афтершоки группируются в достаточно широкой зоне к северо-востоку от разлома Вейтин.

6 декабря в 17^h11^m зарегистрировано сильное ($MS=7.3$) землетрясение в Туркменистане, записанное на 922 сейсмостанциях. Его глубина $h^*=31\pm 1.8$ км по фазе pP , моментная магнитуда – $M_w=7.0$ (HRVD, NEIC) [8]. Соответствующие значения сейсмических моментов равны: $M_0=3.9\cdot 10^{19}$ Н·м и $M_0=3.0\cdot 10^{19}$ Н·м. Оно описано в отдельной статье [37] наст. сб.

Ниже дано описание двух землетрясений с $M<7$, но представляющих определенный интерес.

17 июня в 15^h40^m и 21 июня в 00^h51^m произошли два землетрясения на юго-западе Ирландии с $MS=6.7$ и 6.6 практически в одном месте (расстояние между эпицентрами составило

16 – 18 км). Это были самые сильные события за последние 88 лет. В [38, 39] сравниваются результаты GPS-измерений 1995, 1997 и 2000 гг., причем в 2000 г. измерения были проведены до и после толчков. GPS-измерения указывают на большие (до 55 см) косейсмические перемещения земной поверхности в эпицентре землетрясения 17 июня. По поверхностным перемещениям построена модель механизма землетрясения: вертикальные смещения блоков земной коры по двум параллельным разломам с правосторонним сдвиговым смещением. Такой механизм землетрясений типичен для всех крупных исторических землетрясений Южной Исландии. Распределение смещений по глубине коррелируется со слоистостью земной коры, причем большая часть момента реализуется в верхней шестикилометровой толще земной коры. Для Южно-Исландской сейсмической зоны характерна повышенная активность в верхней и средней частях земной коры. В [40] представлены результаты наблюдений за деформациями с помощью InSAR. Косейсмические деформации преобладали на интерферограммах ERS. На разломе меридионального простирания происходили, главным образом, правосторонние подвижки с амплитудой более 15 см. Используя модели упругих дислокаций, определили модель, наиболее согласующуюся с распределением афтершоков и оценками моментных магнитуд по сейсмограммам. Параметры разрыва при землетрясении 17 июня равны $L=16$ км, $h=10$ км, $AZM=5^\circ$, $DP=86^\circ$, максимальный сдвиг – 1.40 м, $M_0=6.0 \cdot 10^{18}$ Н·м; при землетрясении 21 июня – $L=15$ км, $h=9$ км, $AZM=359^\circ$, максимальный сдвиг – 2.15 м, $M_0=5.2 \cdot 10^{18}$ Н·м. В [41] приведены результаты комплексного анализа данных спутниковых радарных наблюдений и наблюдений за изменениями уровня геотермальных вод в скважинах. Выявленные деформации не могут объясняться упругой релаксацией коры, а согласуются с моделью «отдачи» пористого упругого материала, последовавшей в первые 1–2 месяца за землетрясением. Такая интерпретация подтверждается прямыми измерениями, которые показывают быстрый возврат уровня вод в скважинах к фоновым значениям. В то же время афтершоковая последовательность фиксируется в интервале ~3.5 года. Это указывает на то, что поток поровых флюидов не определяет продолжительность афтершоковой последовательности.

Л и т е р а т у р а

1. **Шаторная Н.В. (отв. сост.)**. Каталог сильных землетрясений Земли с магнитудой ≥ 6.0 . (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
2. **Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2000 год** / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ЦОМЭ ГС РАН, 2000–2001.
3. **Касахара К.** Механика землетрясений. – М.: Мир, 1985. – 264 с.
4. **Ванек И., Затопек А., Карник В., Кондорская И.В., Ризниченко Ю.В., Саваренский Е.Ф., Соловьёв С.Л., Шебалин Н.В.** Стандартизация шкал магнитуд // Изв. АН СССР, сер. геофизич. – 1962. – № 2. – С. 153–158.
5. **Горбунова И.В., Шаторная Н.В.** О калибровочной кривой для определения магнитуды землетрясений по волнам *PKIKP* // Физика Земли. – 1976. – № 7. – С. 77–81.
6. **Такахаси Х., Хирата К.** Землетрясение 2000 г. Немуро-Ханто-Оки в районе шельфа Восточного Хоккайдо (Япония) и высокая внутриплитовая сейсмическая активность в Юго-Западной части Курильского желоба // Строение, геодинамика и металлогения Охотского региона и прилегающих частей Северо-Западной Тихоокеанской плиты. Материалы Международного научного симпозиума, г. Южно-Сахалинск, 21–28 сентября, 2002 г. Т. 2. – Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2002. – С. 248. (РЖ «Физика Земли». – 2004. – № 1 (реф. 73)).
7. **Huang Q., Sobolev G. A.** Сейсмическое затишье перед землетрясением, произошедшим на полуострове Немуро, Япония, в январе 2000 года. [Seismic quiescence prior to the 2000 $M=6.8$ Nemuro Peninsula earthquake // Proc. Jap. Acad. B, 2001. – 77, – № 1. – С. 1–6]. (РЖ «Физика Земли». – 2001. – № 8 (реф. 121)).
8. **Bulletin of the International Seismological Centre for 2000.** – Berkshire: ISC, 2001–2002.
9. **Изучение процесса в очаге землетрясения 4 мая 2000 г. на Сулавеси по данным записей цунами и сейсмических волн** [Study on source process of the May 4, 2000, Sulawesi earthquake using both tsunami and seismic waveform data // Individ. Stud. Particip. Int. Inst. Seismol. and Earthquake Eng. – 2001. – 37. –

- С. 33 – 46]. (РЖ «Физика Земли». – 2003. – № 9 (реф. 86)).
10. **Разрушительное землетрясение [2000 г.] на Суматре.** [Devastating earthquake strikes Sumatra // EERI Newslett. – 2000. – 34. – № 7. – С. 5]. (РЖ «Физика Земли». – 2002. – № 1 (реф. 109)).
 11. **Zhou Yun-hao, Xu Li-sheng, Chen Yun-tai.** Механизм землетрясения 4 июня 2000 г. в южной части о. Суматра, Индонезия. [Mechanism of the June 4, 2000 southern Sumatra Indonesia, earthquake // Acta seismol. sin. – 2002. – 15. – № 5. – С. 484 – 492]. (РЖ «Физика Земли». – 2005. – № 1 (реф. 68)).
 12. **Abercrombie R.E., Antolik M., Ekstrom G.** Землетрясения с $M_w=7.9$, произошедшие к югу от о. Суматра в июне 2000 г.: деформации в области Индийско-Австралийской плиты. [The June 2000 $M_w=7.9$ earthquakes south of Sumatra: Deformation in the India–Australia Plate // J. Geophys. Res. B. – 2003. – 108. – № 1. – С. E5E6/1–E5E6/16]. (РЖ «Физика Земли». – 2004. – № 2 (реф. 85)).
 13. **Abe K.** Модель источника небольшого цунами, связанного с вулканическим землетрясением, произошедшим 1 июля 2000 года в районе острова Коудзу (Япония). [J. Seismol. Soc. Jap. – 2003. – 56. – № 2. – С. 181–187]. (РЖ «Физика Земли». – 2004. – № 5 (реф. 102)).
 14. **Fujimoto K., Midorikawa S.** Определение интенсивности колебаний поверхности земли в районе Вакаго на острове Ниидзима (острова Идзу, Япония) во время землетрясения 15 июля 2000 г. [J. Seismol. Soc. Jap. – 2001. – 54. – № 2. – С. 309–318]. (РЖ «Физика Земли». – 2002. – № 3 (реф. 142)).
 15. **Поплавская Л.Н., Нагорных Т.В., Фокина Т.А., Поплавский А.А., Пермикин Ю.Ю., Стрельцов М.И., Ким Чун Ун, Сафонов Д.А., Мельников О.Я., Рудик М.И., Оскорбин Л.С.** Углегорско-Айное землетрясение 4 августа 2000 года, $MLH=7.0$, $I_0=8-9$ (Сахалин). (См. раздел II (Макросейсмические обследования) в наст. сб.).
 16. **Иващенко А.И., Булгаков Ф., Ун Ким Чун, Мельников О.А., Михайлова Т.Г., Нагорных Т.В., Оскорбин Л.С.** Землетрясение 4 (5) августа 2000 г. на Сахалине // 1 Российско-Японский семинар «Проблемы геодинамики и прогноза землетрясений», г. Хабаровск, 26–29 сент., 2000. – Хабаровск: Институт тектоники и геофизики ДВО РАН. – 2001. – С. 109–125]. (РЖ «Физика Земли». – 2003. – № 10 (реф. 86)).
 17. **Иващенко А.И., Ким Чун Ун, Сен Рак Се, Михайлов В.И.** Детальные сейсмологические наблюдения в очаговой зоне Углегорского землетрясения 2000 года с $M=6.9$ // Строение, геодинамика и металлогения Охотского региона в прилегающих частях Северо-Западной Тихоокеанской плиты (Материалы Международного научного симпозиума, г. Южно-Сахалинск, 21–28 сент., 2002). – Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2002. – 2. – С. 165–168. (РЖ «Физика Земли». – 2004. – № 1 (реф. 71)).
 18. **Kogan M.G., Burgman R., Vasitenko N.F., Scholz C.H., King R.W., Ivashchenko A.I., Frolov D.I., Steblov G.M., Kim Ch. U., Egorov S.G.** Землетрясение 2000 года с $M_w=6.8$ в районе Углегорска (Сахалин) и региональные деформации области границы плит на Сахалине по геодезическим данным. [The 2000 $M_w=6.8$ Uglegorsk earthquake and regional plate boundary deformation of Sakhalin from geodetic data // Geophys. Res. Lett. – 2003. – 30. – № 3. – С. 2–4]. (РЖ «Физика Земли». – 2004. – № 2 (реф. 82)).
 19. **Михайлова Т.Г., Иващенко А.И.** Сравнение динамики микрофоршоковой активности, предшествовавшей Углегорскому землетрясению 2000 г. и Такойскому рою землетрясений 2001 г. на Сахалине // Строение, геодинамика и металлогения Охотского региона в прилегающих частях Северо-Западной Тихоокеанской плиты (Материалы Международного научного симпозиума, г. Южно-Сахалинск, 21–28 сентября, 2002). – Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2002. – 2. – С. 207–209. (РЖ «Физика Земли». – 2004. – № 8 (реф. 42)).
 20. **Злобин Т.К., Сафонов Д.А.** Особенности и закономерности сейсмического процесса при Лесогорско-Углегорском землетрясении 15 марта 1924 г. и Углегорском землетрясении 4(5) августа 2000 года // Тезисы докладов (Геофизические чтения им. В.В. Федынского, г. Москва, 27–29 февраля, 2001). – М.: ГЕОН, 2004. – С. 21–22. (РЖ «Физика Земли». – 2005. – № 8 (реф. 72)).
 21. **Кикүти М.** Землетрясение 2000 г. в западной части префектуры Тоттори и сейсмическая активность в районе Саньин (Япония). [Newslett. Seismol. Soc. Jap. – 2001. – 12. – № 5. – С. 50 – 51]. (РЖ «Физика Земли». – 2001. – № 7 (реф. 84)).
 22. **Симадаки К.** Землетрясение 2000 г. в западной части префектуры Тоттори (Япония), не связанное явно с известным разломом. [Newslett. Seismol. Soc. Jap. – 2001. – 12. – № 5. – С. 52]. (РЖ «Физика Земли». – 2001. – № 7 (реф. 85)).
 23. **Есиока Т.** Проявились ли на поверхности земли сейсмогенные разрывы при землетрясении 2000 г. в западной части префектуры Тоттори (Япония) – результаты экспресс-обследования (эпицентральной области). [Newslett. Seismol. Soc. Jap. – 2001. – 12. – № 5. – С. 53]. (РЖ «Физика Земли». – 2001. – № 7 (реф. 86)).

24. **Ohmi S., Watanabe K., Shibutani T., Hirano N., Nakao S.** Землетрясение 2000 г. в западной части префектуры Тоттори, Япония. Сейсмическая активность по данным наблюдений региональных сейсмических сетей. [The 2000 Western Tottori Earthquake. Seismic activity revealed by the regional seismic networks // *Earth, Planets and Space*. – 2002. – **54**. – № 8. – С. 819–830]. (РЖ «Физика Земли». – 2003. – № 11 (реф. 67)).
25. **Sagiya T., Nishimura T., Hatanaka Y., Fukuyama E., Ellsworth W.L.** Движения земной коры, связанные с землетрясением 2000 г. в западной части префектуры Тоттори (Япония), и модели движений на разломе, предложенные для их описания. [*J. Sessmol. Soc. Jap.* – 2002. – **54**. – № 4. – С. 523–534]. (РЖ «Физика Земли». – 2003. – № 2 (реф. 92)).
26. **Hosono K., Yoshida A.** Затухают ли сильные афтершоки подобно слабым? [Do large aftershocks decrease similarly to smaller ones? // *Geophys. Res. Lett.* – 2002. – **29**. – № 10. – С. 120/1–120/4]. (РЖ «Физика Земли». – 2003. – № 3 (реф. 88)).
27. **Matsumoto S., Obara K., Kimura N., Nakamira M.** Распределение рассеивателей *P*-волн вокруг очаговой зоны землетрясения ($M_w=6.6$) 2000 г. в западной части префектуры Тоттори (Япония). [*J. Sessmol. Soc. Jap.* – 2002. – **55**. – № 2. – С. 229–232]. (РЖ «Физика Земли». – 2003. – № 7 (реф. 24)).
28. **Honda R., Hiramatsu Y., Kono Y.** Аномалии силы тяжести в районе очага землетрясения на западе префектуры Тоттори и особенности строения глубинного разлома в очаге. [Graduate School of Natural Science and Technology, Division of Life and Earth Sciences, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa // *J. Sessmol. Soc. Jap.* – 2002. – **55**. – № 1. – С. 83–88]. (РЖ «Физика Земли». – 2004. – № 4 (реф. 56)).
29. **Fukuyama E., Ellsworth W. L., Waldhauser F., Kubo A.** Изучение детального строения разлома, с которым была связана последовательность землетрясений 2000 г. в западной части префектуры Тоттори, Япония. [Detailed fault structure of the 2000 western Tottori, Japan, earthquake sequence // *Seismol. Soc. Amer.* – 2003. – **93**. – № 4. – С. 1468–1478]. (РЖ «Физика Земли». – 2004. – № 5 (реф. 93)).
30. **Murase K.** Типичные изменения фрактальной размерности перед землетрясением ($M=7.3$) 2000 г. на западе префектуры Тоттори (Япония). [*J. Sessmol. Soc. Jap.* – 2002. – **55**. – № 1. – С. 11–18]. (РЖ «Физика Земли». – 2004. – № 5 (реф. 117)).
31. **Dalguer L.A., Irikura K., Riera J.D.** Генерирование новых трещин при распространении динамического сдвигового разрыва землетрясения 2000 г. в Тоттори (Япония). [Generation of new cracks accompanied by the dynamic shear rupture propagation of the 2000 Tottori (Japan) earthquake // *Bull. Seismol. Soc. Amer.* – 2003. – **93**. – № 5. – С. 2236 – 2252]. (РЖ «Физика Земли». – 2004. – № 8 (реф. 48)).
32. **Ide S., Matsubara M., Obara K.** Использование сильно квантованных данных Hi-net (сеть станций с высокой чувствительностью) для изучения масштабирования сейсмической энергии: афтершоки 2000 г. землетрясения в западной части Тоттори, Япония. [Exploitation of high-sampling Hi-net data to study seismic energy scaling: The aftershocks of the 2000 Western Tottori, Japan, earthquake // *Earth, Planets and Space*. – 2004. – **56**. – № 9. – С. 859–871]. (РЖ «Физика Земли». – 2005. – № 10 (реф. 53)).
33. **Furumura T., Kennett B.L.N., Koketsu K.** Визуализация трехмерного распространения сейсмических волн от землетрясения в западной части Тоттори 2000 г., Япония: наблюдения и численное моделирование. [Visualization of 3D wave propagation from the 2000 Tottori-ken Seibu, Japan, earthquake: observation and numerical simulation // *Bull. Seismol. Soc. Amer.* – 2003. – **93**. – № 2. – С. 870 – 881]. (РЖ «Физика Земли». – 2005. – № 10 (реф. 54)).
34. **Zhao D., Tani H., Mishra O.P.** Коровые неоднородности в очаговой зоне землетрясения Западного Тоттори 2000 г.: эффект флюидов из субдуктирующего блока. [Crustal heterogeneity in the 2000 western Tottori earthquake region: effect of fluids from slab dehydration // *Phys. Earth and Planet. Inter.* – 2004. – **145**. – № 1–4. – С. 161–177]. (РЖ «Физика Земли». – 2006. – № 1 (реф. 76)).
35. **Phyntumat P.** Очаговые процессы сильных землетрясений 2000 г. в Папуа–Новой Гвинее. [Source process of large Papua New Guinea earthquakes in 2000 // *Individ. Stud. Particip. Int. Inst. Seismol. and Earthquake Eng.* – 2002. – **38**. – С. 125–134]. (РЖ «Физика Земли». – 2004. – № 12 (реф. 98)).
36. **Tregoning P., Sambridge M., McQueen H., Toulmin S., Nicholson T.** Тектоническая интерпретация результатов повторного анализа координат афтершоков в восточной части Папуа–Новая Гвинея по телесеизмическим данным и методом распределения сейсмических вступлений. [Tectonic interpretation of aftershock relocations in eastern Papua New Guinea using teleseismic data and the arrival pattern method // *Geophys. J. Int.* – 2005. – **160**. – № 3. – С. 1103–1111]. (РЖ «Физика Земли». – 2005. – № 11 (реф. 86)).

37. **Гаипов Б.Н., Петрова Н.В., Голинский Г.Л., Безменова Л.В., Рахимов А.Р.** Балханское землетрясение 6 декабря 2000 г. с $MS=7.3$, $I_0=8$ (Копетдаг). (См. раздел II (Макросейсмические обследования) в наст. сб.).
38. **Arnadottir T., Hreinsdottir S., Gudmundsson G., Einarsson P., Heinert M., Volksen C.** Деформации земной коры в Южно-Исландской сейсмической зоне от двух сильных землетрясений в июне 2000 г. по данным GPS-измерений. [Crustal deformation measured by GPS in the South Iceland Seismic Zone due to two large earthquakes in June 2000 // *Geophys. Res. Lett.* – 2001. – **28**. – № 21. – С. 4031–4033]. (РЖ «Физика Земли». – 2004. – № 12 (реф. 87)).
39. **Pedersen R., Jonsson S., Arnadottir T., Sigmundsson F., Feigl K.L.** Распределение смещений в разломах при двух землетрясениях (июнь 2000 г., $M=6.5$) на юге Исландии, оцениваемые по совместной интерпретации InSAR- и GPS-измерений. [Fault slip distribution of two June 2000 $M=6.5$ earthquakes in South Iceland estimated from joint inversion of InSAR and GPS measurements // *Earth and Planet. Sci. Lett.* – 2003. – **213**. – № 3–4. – С. 487–502]. (РЖ «Физика Земли». – 2005. – № 3 (реф. 71)).
40. **Pedersen R., Sigmundsson F., Feigl K.L., Arnadottir T.** Косейсмические интерферограммы двух землетрясений с $Ms=6.6$ в Южно-Исландской сейсмической зоне, июнь 2000 г. [Coseismic interferograms of two $Ms=6.6$ earthquakes in the South Iceland Seismic Zone, June 2000 // *Geophys. Res. Lett.* – 2001. – **28**. – № 17. – С. 3341–3344]. (РЖ «Физика Земли». – 2002. – № 3 (реф. 156)).
41. **Jonsson S., Segall P., Pedersen R., Bjornsson G.** Движения земной поверхности и их взаимосвязь с быстрыми изменениями порового давления. [Post-earthquake ground movements correlated to porepressure transients // *Nature (Gr. Brit.)* – 2003. – **424**. – № 6945. – С. 179–183]. (РЖ «Физика Земли». – 2004. – № 3 (реф. 68)).