

## СИЛЬНЫЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ЗЕМЛИ

*Н.В. Шаторная*

Каталог сильных землетрясений мира с MPSP,  $MS \geq 6.0$  за 1997 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.

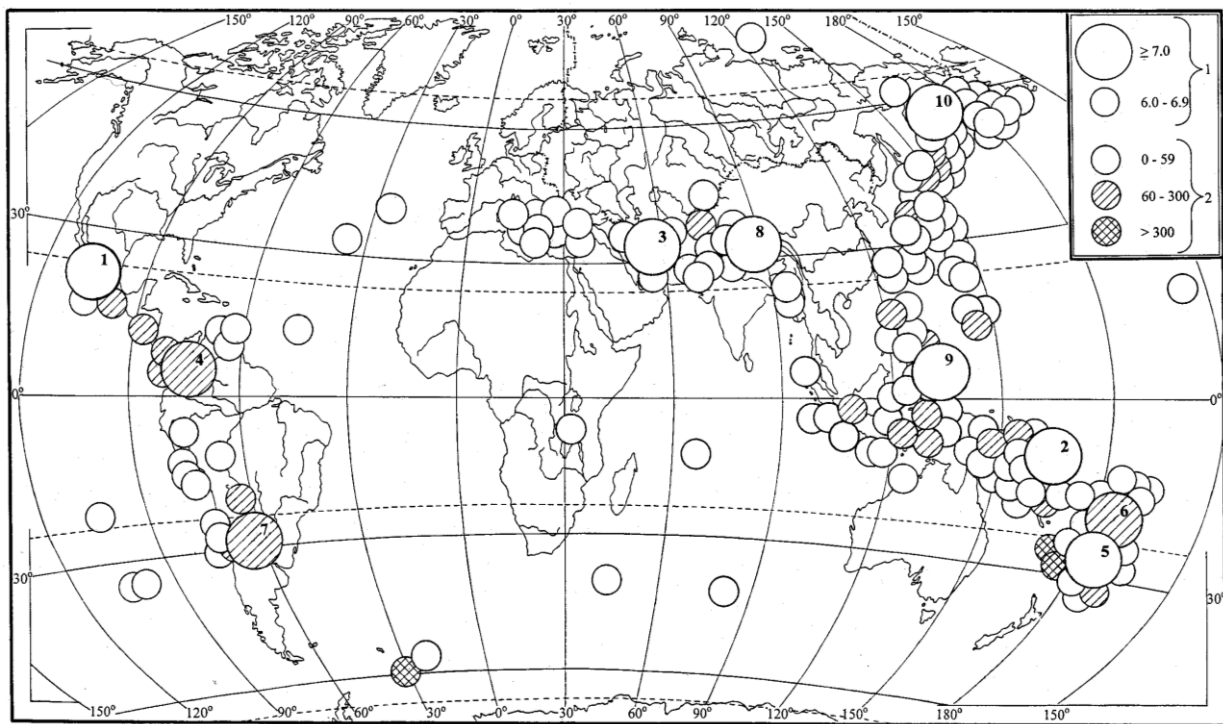


Рис. 1. Карта эпицентров сильных землетрясений мира за 1997 г.

1 – магнитуа  $MS$ ; 2 – глубина  $h$  гипоцентра, км.

Распределение сильных землетрясений мира в зависимости от их магнитуды приведено в табл. 1, где данные 1997 г. сравниваются с соответствующими значениями за десять предыдущих лет. Из табл. 1 видно, что в 1997 г. суммарное число землетрясений в разных интервалах магнитуд близко к среднему.

Распределение суммарной сейсмической энергии, выделившей в 1997 г. при сильных землетрясениях в различных сейсмических поясах, представлено в табл. 2. Более 85% всей энергии выделилось в Тихоокеанском сейсмическом поясе, где произошло 121 сильнейших землетрясений года, около 12% энергии выделилось в Трансзиатском сейсмическом поясе, менее 3% приходится на другие сейсмические пояса.

Ниже приводятся имеющиеся макросейсмические данные и краткий обзор исследований, проведенных по сильным землетрясениям 1997 г., помещенных в [1]. В обзоре магнитуды  $MS$  и MPSP всех землетрясений указаны по [2].

В [3-7] представлены каталоги землетрясений с  $M \geq 4.7$  на территории Китая и вблизи нее и с  $M \geq 6.0$  для всего мира за апрель-декабрь 1997 г.

Землетрясение с  $MS=6.8$ , происшедшее 27 февраля в 21<sup>h</sup>08<sup>m</sup> в Пакистане, приурочено к сдвиговой зоне хр. Киртхар Сулеймановых гор вблизи Харнаи (Кветта) в Белуджистане. Для переопределения гипоцентров и механизмов очагов основного толчка и афтершоков использована программа Нуросenter, а также данные о полярности вступлений Р-волн и величинах амплитудных

отношений SV- и SH-волн. Переопределение гипоцентров базировалось на записях Международной сети и Пакистанской региональной сети, механизмы очагов – на данных о формах волн по записям сети IRIS DMC [8].

**Таблица 1.** Распределение числа землетрясений в различных интервалах магнитуд (MPSP, MS  $\geq 6.0$ )

Год	Число землетрясений в интервале магнитуд M,m			Всего
	6.0-6.9	7.0-7.9	$\geq 8.0$	
1987	103	6	-	109
1988	89	8	-	97
1989	92	6	1	98
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
Среднее за 10 лет	108 $\pm$ 38	12 $\pm$ 3	-	140 $\pm$ 42
1997	151	5	-	156

**Таблица 2.** Распределение суммарной сейсмической энергии по сейсмическим поясам

Сейсмический пояс	Число землетрясений в интервале MPSP, MS		$\Sigma E \cdot 10^{15}$ , Дж
	6.0-6.9	$\geq 7.0$	
Тихоокеанский	121	4	36.03
Трансазиатский	24	1	5.97
Атлантический	2	-	0.13
Индийского океана	3	-	0.02
Восточно-Африканские грабены	1	-	0.02
Сумма	151	5	42.17

Процессы в очагах землетрясений 26 марта в 08<sup>h</sup>31<sup>m</sup> и 13 мая в 05<sup>h</sup>38<sup>m</sup> с магнитудами MS=6.4 и 6.3 в префектуре Кагосима в Японии восстановлены с помощью анализа записей в ближней зоне. При первом землетрясении максимальное смещение по очаговому разрыву произошло в центральной части очага на глубине около 6 км, при втором – в диапазоне глубин от 4 до 10 км. Предполагается, что второй толчок был связан с незавершенностью процесса вспарывания при первом землетрясении [9]. Погиб 1, ранено 40 человек. Приводятся записи ускорений, скоростей и смещений. По результатам обследований зданий выполнена классификация разрушений [10]. Использование радарной интерферометрии с синтетической апертурой для изучения косейсмических движений поверхности во время землетрясения показало, что пиковая величина смещения в направлении линии наблюдения радара составила 9 см [11]. В то же время использование GPS позволяет считать, что горизонтальные смещения поверхности составили 1-2 см. Совместная интерпретация данных радара и GPS дает возможность без сейсмологических данных оценить механизм очага: левостороннее смещение величиной 0.46 см по плоскости разрыва размером 11x12 км<sup>2</sup> с уклоном в 19°. В [12] анализируются разрушения школьных и других общественных зданий, вызванные землетрясениями 26 марта и 13 мая. Наблюдались следующие явления: влияние локальной топографии, различий в жесткости между этажами, несовершенств в конструкции и проектировании. Особенно пострадали здания гимназий с каркасами из армированного бетона. Блочные здания из стали, армированного бетона и дерева были построены согласно строительным стандартам [13]. Трехэтажные здания имели свайные фундаменты на рыхлых грунтах (диаметр свай 30-35 см, длина 7 м). Землетрясение 13 мая разрушило 20 школ из армированного бетона [14]. С 28 марта по 19 июня 1997 г. в афтершоковой области землетрясений 26 марта и 13 мая в префектуре Кагосима функционировало 12 временных станций для детального изучения афтершоковой активности. Определены гипоцентры 14000 афтершоков. Установлено, что между афтершоковыми областями первого и второго толчков расположена сейсмически не активная зона шириной около 2 км. Горизонтальное расстояние между двумя очагами основных толчков составляло 5 км [15]. В [16] приводятся результаты инженерно-геологических обследований эпицентральной области землетрясений 26 марта и 13

мая, вызвавших поверхностные разрывы и разжижение грунтов. В [17] определены гипоцентры, механизмы очагов, сейсмические моменты и магнитуды  $M_w$  для этих толчков. Используются данные о временах распространения Р-волн, полярностях по акселерограммам, обращенным в велосиграммы. Гипоцентры определялись с помощью программы НУРО-71 для 4-слойной модели земной коры. Подвижки в очагах основных толчков и их афтершоков представлены сдвигами. Величина сейсмических моментов этих толчков составляют  $1.8 \cdot 10^{18}$  и  $1.4 \cdot 10^{18}$  Н·м.

На небольшой площади в районе Цзяши (Синьцзян, Китай), начиная с января 1997 г., произошла серия из сильных ( $M \geq 6$ ) землетрясений: 5 апреля в  $23^{\text{h}}46^{\text{m}}$  с  $MS=6.1$ , 6 апреля в  $04^{\text{h}}36^{\text{m}}$  с  $MS=6.2$ , 11 апреля в  $05^{\text{h}}34^{\text{m}}$  с  $MS=6.4$ , 15 апреля в  $18^{\text{h}}19^{\text{m}}$  с  $MS=6.0$ . Каждый из них сопровождался афтершоками, рассмотренными в [18]. В [19] проведено определение местоположения и характеристик очагов этого роя. Оценивается возможная величина возмущения поля напряжения, генерированного участками сейсмогенного разлома. Анализ данных 2177 первых вступлений показывает, что Р-оси и Т-оси ориентированы практически горизонтально [20]. По-видимому, сброс напряжений для данной геометрии разломов невелик, что и привело к тому, что длительность сейсмического роя была достаточно велика. В 1998 г. в данном районе были проведены детальные трехмерные исследования ГСЗ: около ста регистраторов были размещены в эпицентральной области, а 8 пунктов взрыва – вокруг площади работ на удалениях 70-180 км [21]. Определена трехмерная структура верхней коры (4-16 км, через 2 км) в параметрах скоростей Р-, S-волн, отношения их  $v_p/v_s$ . Выявлена значительная латеральная и вертикальная изменчивость скоростей в верхней коре на участке очаговой области. На глубине ниже 12 км здесь располагается высокоскоростное тело северо-северо-западного простирания, окруженное низкоскоростной средой. Параметр  $v_p/v_s$  имеет на этом участке высокие значения, что связывают с разрядкой деформаций в теле в окружающую рыхлую среду.

Сейсмограммы медленного землетрясения с  $MS=6.2$ , происшедшего 28 апреля в  $12^{\text{h}}07^{\text{m}}$  около о. Принс-Эдуард в самой северной части трансформного разлома Дискавери-II, анализируются в [22]. На сейсмограммах видна суперпозиция двух диапазонов частот излучаемой энергии. Построена очаговая функция, удовлетворяющая данным в диапазоне 0.001-2.5 Гц. Результаты анализа показывают, что землетрясение началось как медленное землетрясение с излучением низкочастотных колебаний за  $\sim 15$  с до нормального главного толчка с более высокочастотными колебаниями. Низкочастотное излучение продолжалось более 30 с. Найдено, что два типа излучения связаны с разными разломами: медленное землетрясение – с основным трансформным разломом, а нормальное – с параллельным разломом в 40 км к востоку.

В [23] проведен анализ последствий землетрясения с  $MS=7.0$ , происшедшего 10 мая в  $07^{\text{h}}57^{\text{m}}$  вблизи сел. Ардекуль в Восточном Иране, в зоне Корисанского разлома. Погибли  $\sim 1700$ , пострадали  $\sim 5000$  человек. Повреждены 11800 зданий и 2 плотины. Общий ущерб составил 500 млн. долларов. Макросейсмические координаты эпицентра  $33.51^{\circ}\text{N}$ ,  $60.00^{\circ}\text{E}$ , глубина очага  $h=10-18$  км. Ранее, 14.11. и 27.11.1979 г., в этой области произошли землетрясения с  $M=6.6$  и  $7.1$ , соответственно. Длина Корисанского разлома до землетрясения 1997 г. составляла 58 км, после него – 130 км. Максимальные горизонтальные ускорения составили 0.7 g. В [24] описан разрыв протяженностью 125 км, вскрывшийся при этом землетрясении. Проанализировано его положение в тектонической структуре района, описано распределение величины подвижки вдоль разрыва. Максимальное правостороннее смещение достигало 2.3 м. На отдельных участках отмечены взбросовые подвижки до 0.6-0.8 м. На основании анализа объемных волн выделено 5 субочагов, последовательно вспарывавшихся в направлении с севера на юг. Отмечена низкая величина сброшенного напряжения, составившая около 5 бар. Образовавшийся разрыв произошел по зоне с отчетливыми следами четвертичных подвижек и на севере на протяжении 50 км обновил нарушения, образовавшиеся при предшествовавших землетрясениях 1979 г.

При разрушительном землетрясении, происшедшем 9 июля в  $19^{\text{h}}24^{\text{m}}$  с  $MS=6.7$  на северо-востоке Венесуэлы, погибло 122, ранено более 600, остались без крова более 2 000 человек. Большая часть погибших находилась в 6-этажном современном железобетонном здании в Кумане и в двух школах в Кариако [25]. Длительность сильных колебаний составила 13-18 с. Ущерб составил  $\sim 100$  млн. долларов США. Эпицентр основного толчка лежал вблизи городов Кариако и Касанай, штат Сукре. Землетрясение было связано с разломом Эль-Пилар почти широтного простирания, на котором возник 55-км поверхностный разрыв. Разрыв начался на глубине  $\sim 11$  км. Произошел чистый правосторонний сдвиг на почти вертикальном участке разлома. Область афтершоков очертила двунаправленный разрыв длиной 80 км на продолжении разлома Эль-Пилар в залив Кариако [26]. Три наиболее сильных афтершока произошли вблизи эпицентра основного

толчка. Максимальные смещения были не менее 45 см. Наибольшие разрушения были в г. Кариако. На побережье отмечено разжижение грунтов, приведшее к обвалам и оползням на склонах. Ранее (в 1766 г.) на этом разломе произошло сильное землетрясение ( $M=7.5-7.8$ ). Скорость смещений на разломе в настоящее время составляет 10 мм/год. Скорость перемещения плит в этом районе равна 20 мм/год. Повторяемость землетрясений с  $M=7.5-7.8$  составляет 250-300 лет. Последние землетрясения с  $M>6$  произошли в этом районе в 1929 г. (вблизи г. Кумана) и в 1986 г. Эпицентр землетрясения 1997 г. лежал западнее эпицентра землетрясения 1986 г. Считают, что на 150-км западном участке разлома Эль-Пилар может произойти землетрясение с  $M>7$ . Чтобы изучить распределение смещений при главном толчке, применялась 2-ступенчатая схема инверсии волновых форм к Р-волнам на широкополосных телесеизмических записях Кариакского землетрясения 9 июля 1997 г. [27]. Разрыв вблизи эпицентра характеризовался узким участком с большими смещениями до 1.3 м и более широким участком со смещениями до 2.1 м, погружавшимся до глубины 5 км. Наибольшая величина сейсмического момента по Р-волнам составляла  $3.1 \cdot 10^{19}$  Н·м, что соответствует величине  $M_w=7.0$ . Предложенная временная модель сейсмического разрыва подтверждается макросейсмическими эффектами в эпицентральной зоне. В [28] рассмотрена геология, тектоника и сейсмичность района. Записи сильных колебаний получены на двух участках в Кумане, где пиковые ускорения составили 0.01 и 0.17 g, а длительность 23 и 43 с, соответственно, и, следовательно, в эпицентре ускорения на плотных или скальных породах составляют 0.20-0.25 g. Наблюдались поверхностные разрывы и разжижение грунтов. Разжижение стало причиной разрушения невысокой насыпной плотины в 30 км от Эль-Пилар. В [29] изучалось влияние местных условий в пункте размещения станции регистрации. На модели анализировались сейсмические реакции 3-х-этажного здания школы Мартинес и 10-ти-этажного здания Мирамор в г. Кумано, а также еще нескольких зданий. Вычислены отношения спектров горизонтальной и вертикальной компонент.

В неглубокой зоне субдукции в центральном Чили в июле, октябре и ноябре 1997 г. произошли несколько землетрясений с  $M_w>6$ . Для их изучения использованы формы объемных волн и параметры основного толчка. В июле происходили типичные мелкофокусные межплитовые землетрясения, они располагались близко друг к другу и мигрировали в южном направлении. Сильнейшее землетрясение здесь отмечено 15 октября в 01<sup>h</sup>03<sup>m</sup> с  $M_{PSP}=7.0$  и глубиной очага 68 км, плоскость разрыва была вертикальной, разрыв распространялся вниз [30]. Это был сброс по плоскости его падения, очень редкий в Чили. Несколько надвиговых землетрясений произошли в межплитовом пространстве. Зоны разрывов землетрясений в июле 1997 г. образовали каскад с сильным взаимодействием напряжений. Землетрясение 15 октября не было вызвано статическими напряжениями июльского роя землетрясений.

Длительная сейсмическая активизация в области Умбрия-Марке (Центральная Италия) началась 26 сентября в 09<sup>h</sup>40<sup>m</sup> землетрясением с  $M_S=6.0$ . Интенсивность сотрясений до 9 баллов по шкале Меркалли-Канкани-Зибера вызвала большие разрушения [31]. Погибло 11 человек, 126 было ранено и 23000 остались без крова, более 100000 в страхе покинули свои жилища. Было повреждено несколько ценных архитектурных сооружений и памятников. Сводка наиболее сильных землетрясений этой области, начиная с 13 века, приведена в [32]. В сентябре 1997 г. в центральных районах Италии произошло 6 землетрясений с магнитудой 5-6. Сейсмогенная структура представляет собой вытянутую в северо-западном направлении разломную зону протяженностью около 40 км. Механизмы основной части сильных толчков – сбросы с растяжением в северо-восточном направлении, перпендикулярно простиранию Апеннин с углами падения около 40° в верхних 8 км коры [33]. Эта система сбросов реактивизировала систему надвигов, связанных со сжимающими напряжениями, действовавшими в плейстоцене. В результате 3 главных толчков произошло вспарывание разлома на участках 5-15 км, слегка смещенных относительно друг друга. Сопоставление данных GPS до и после землетрясения показывает, что максимальные смещения до 14 см были горизонтальными и вертикальными до 25 см [34]. Функция относительной скорости высвобождения момента для главных толчков последовательности землетрясений с  $M_w=5.7, 6.0, 5.6$ , происшедшей в Северной Италии в 1997 г., построена методом эмпирических функций Грина [35]. Для всех трех землетрясений получены временные зависимости и направления вспарывания. При двух самых южных землетрясениях вспарывание распространялось в юго-восточном направлении, при третьем самом сильном землетрясении – в противоположном направлении. Параметры разлома и характеристики процесса вспарывания определялись на простой модели очага. Анализ данных нивелирования в 1951-1992 гг. в области Умбрия-Марке, включавшей проекцию на земную поверхность сейсмогенного

разлома землетрясения 1997 г., показал, что на 12-км участке разлома происходило локальное оседание. Расчетное косейсмическое изменение уровня на этой линии в три раза больше зафиксированного предсейсмического, но имеет ту же форму. Косейсмический сдвиг был меньше расчетного для всего разлома. Сделаны предположения о возможной связи необычайно быстрого сдвига с подготовкой нового землетрясения [36]. В [37] были построены дифференциальные интерферограммы, на которых в районе очага выделяются 9 сбросовых (разломных) ступеней, соответствующих косейсмическим поверхностным перемещениям до 25 см. Данные GPS-измерений также фиксируют горизонтальные перемещения ( $14 \pm 1.8$  см) и проседание поверхности ( $24 \pm 3$  см). Геодезические данные совместно с сейсмическими используются для оценки геометрии очага землетрясения и построения картины смещения блоков земной коры по разломам. Моделируемые разломы имеют глубины 6.5 км и перемещения по ним до 47 см (первый толчок) и 7 км и 72 см (второй толчок). Результаты согласуются с сейсмологическими построениями.

Спутниковая интерферометрия показала, что при землетрясении с  $M_S=7.7$ , происшедшим 8 ноября в  $10^h02^m$  в Маньи (Тибет, Китай), на поверхности образовался 170-км разрыв с левосторонним сдвигом до 7 м [38]. Активизировался четвертичный разлом простирания  $76^\circ$  на северо-восток. На карте, построенной по данным радарной интерферометрии, видна асимметрия смещений по простиранию разлома, что нельзя объяснить с позиций теории линейной упругости. Полученные данные свидетельствуют о том, что объемные модули коры в условиях сжатия и растяжения различаются в два раза. Это объясняется наличием трещин на небольших глубинах. Высвободившийся сейсмический момент был равен  $2.2 \cdot 10^{20}$  Н·м, длительность вспарывания 15 с. Инверсия показала три зоны нуклеации на разломе: первая с максимальным сдвигом 956 см на западно-северо-западном конце разлома на глубине 10 км, вторая с максимальным сдвигом 743 см на восточно-северо-восточном конце на расстоянии 55 км от первой на глубине 35 км, третья с максимальным сдвигом 1060 см в 30 км от первой на глубине 40 км. Общая длина участка вспарывания 70 км, ширина 60 км [39]. В [40] описываются возможности использования InSAR и D-InSAR для выявления и анализа косейсмических деформаций, связанных с землетрясением 8 ноября. Полученные результаты показывают, что размеры области деформаций составляют  $200 \times 115$  км<sup>2</sup>. Главный сейсмогенный разлом (длиной  $\sim 110$  км) подразделяется на три участка размерами 23, 60 и 26 км. Максимальное смещение по восстанию оценивается 162.4 см, по падению – 103.6 см, а максимальное горизонтальное смещение  $\sim 7.96$  м.

На основании анализа сейсмограмм и данных о цунами в [41] определены параметры очага Кроноцкого землетрясения 5 декабря с  $M_S=7.9$  у восточного побережья Камчатки. Одна из нодальных плоскостей полого наклонена на запад, а вторая круто падает на восток. Продолжительность вспарывания 48 с. Разрыв протяженностью 88 км вспарывался с северо-востока на юго-запад. Из-за близости очаговой области землетрясения к побережью Камчатки сопровождавшее его цунами было небольшим. Успешные долгосрочный и среднесрочный сейсмические прогнозы Кроноцкого землетрясения 5 декабря и прогнозы последовательности его сильных афтершоков с  $M \geq 6.0$  сделаны четырьмя различными методами в Институте вулканологии ДВО РАН [42,43]. Описаны сделанные прогнозы, дано их сопоставление с происшедшими землетрясениями. В [44] продемонстрировано, что по данным оперативного каталога Камчатки с использованием прогностического параметра RTL можно давать в реальном времени обоснованные среднесрочные прогнозы землетрясений с магнитудой 7 и выше. В [45] рассматриваются механизмы главного толчка Кроноцкого землетрясения, его сильнейших форшоков и афтершоков. Дается геодинамическая интерпретация сейсмогенерирующей подвижки в зоне активной континентальной окраины Азиатского материка. Проанализировано пространственно-временное проявление сильных ( $M \geq 7$ ) землетрясений в южной и северной частях Курило-Камчатской сейсмогенной зоны [46]. Исследованы механизмы очагов землетрясений Шикотанского, Кроноцкого, их сильнейших афтершоков, а также других толчков с магнитудами около 7, происшедших в зоне с 1980 по 1996 г. Дана интерпретация геологических условий генерации землетрясений. Модельные инверсии смещений постоянно работающих GPS-станций на Камчатке показывают, что асейсмический сдвиг в течение 2 месяцев после 5 декабря высвободил столько кинетической энергии, сколько и само землетрясение [47]. В [48] проведен ретроспективный анализ спектральных параметров форшоков двух сильных землетрясений Курило-Камчатской островной дуги: Шикотанского землетрясения 4 октября 1994 г. и Кроноцкого землетрясения 5 декабря 1997 г. Очаги этих землетрясений располагались в сходной сеймотектонической обстановке – на материковом склоне островной дуги, в верхней части сейсмофокальной зоны Заварицкого-Беньофа.

## Л и т е р а т у р а

1. **Шаторная Н.В.** Каталог сильных землетрясений Земли. См. раздел I в наст. сб.
2. **Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 1997 год. 1997-1998.** / Отв. ред. О.Е. Старовойт. Обнинск: Изд-во ЦОМЭ ИФЗ РАН.
3. **Chen Pei-Shan. 1997.** Связанная с сильными землетрясениями сейсмическая активность и характеризующаяся землетрясениями большой и средней силы активность в Китае и вокруг него (апрель 1997 г.-май 1997 г.) [Strong earthquake activity all over the world and strong-moderate earthquake activity within and near China (April, 1997~May, 1997) // Acta seismol. sin. V.10. №5. P. 689-691]⇒РЖ "Физика Земли". 1998. 5Г-211.
4. **Chen Pei-Shan. 1997.** Связанная с сильными землетрясениями сейсмическая активность и характеризующаяся землетрясениями большой и средней силы активность в Китае и вокруг него (июнь 1997 г.-июль 1997 г.) [Strong earthquake activity all over the world and strong-moderate earthquake activity within and near China (June, 1997~July, 1997) // Acta seismol. sin. V.10. №6. P. 825-826]⇒РЖ "Физика Земли". 1998. 5Г-212.
5. **Chen Pei-Shan. 1998.** Связанная с сильными землетрясениями сейсмическая активность и характеризующаяся землетрясениями большой и средней силы активность в Китае и вокруг него (август 1997 г.-сентябрь 1997 г.) [Strong earthquake activity all over the world and strong-moderate earthquake activity within and near China (August, 1997~September, 1997) // Acta seismol. sin. V.11. №1. P. 133-134]⇒РЖ "Физика Земли". 1998. 6Г-137.
6. **Chen Pei-Shan. 1998.** Связанная с сильными землетрясениями сейсмическая активность и характеризующаяся землетрясениями большой и средней силы активность в Китае и вокруг него (октябрь 1997 г.-ноябрь 1997 г.) [Strong earthquake activity all over the world and strong-moderate earthquake activity within and near China (October, 1997~November, 1997) // Acta seismol. sin. V.11. №2. P. 261-263]⇒РЖ "Физика Земли". 1998. 7Г-125.
7. **Chen Pei-Shan. 1998.** Связанная с сильными землетрясениями сейсмическая активность и характеризующаяся землетрясениями большой и средней силы активность в Китае и вокруг него (декабрь 1997 г. - январь 1998 г.) [Strong earthquake activity all over the world and strong-moderate earthquake activity within and near China (December, 1997~January, 1998) // Acta seismol. sin. V.11. №3. P. 391-392]⇒РЖ "Физика Земли". 1998. 11Г-147.
8. **Khan Karam. 1998.** Определение механизмов очагов и гипоцентров основного толчка и афтершоков землетрясения 1997 г. в Пакистане (Кветта) [Determination of focal mechanisms and hypocenters for mainshock and aftershocks of the 1997 Quetta earthquake in Pakistan // Individ. Stud. Particip. Int. Inst. Seismol. and Earthquake Eng. V.34. P. 131-139]⇒РЖ "Физика Земли". 1999. 12Г-111.
9. **Wu Changjiang. 1997.** Процессы разрывообразования при землетрясениях в Кагосиме (Япония) [Rupture processes of Kagoshima Earthquakes // Individ. Stud. Particip. Int. Inst. Seismol. and Earthquake Eng. V.33. P. 1-12]⇒РЖ "Физика Земли". 1998. 6Г-103.
10. **Ямада Минору. 2001.** Отчет об изучении землетрясений 1997 г., произошедших на северо-западе префектуры Кагосима (Япония) [Kansai daigaku koggo gijutsu kenkyujo kenkyu hokoku. V.16. P. 231-238]⇒РЖ "Физика Земли". 02.03-09Г-141.
11. **Fujiwara Satoshi, Yarai Hiroshi, Ozawa Shinzaburo, Tobita Mikio, Murakami Masaki, Nakagawa Hiroyuki, Nitta Koh, Rosen Paul A., Werner Charles L. 1998.** Смещение поверхности во время землетрясения 26 марта 1997 г. в северо-западной части префектуры Кагосима в Японии, оцененное на основе радарной интерферометрии с синтетической апертурой [Surface displacement of the March 26, 1997 Kagochima-kenhokuseibu earthquake in Japan from synthetic aperture radar interferometry // Geophys. Res. Lett. V.25. №24. P. 4541-4544]⇒РЖ "Физика Земли". 1999. 11Г42.
12. **Zhou Jiandong, Hirosawa Masaya, Shimizu Yasushi, Kondo Tatsuya. 1998.** Исследование школьных зданий, разрушенных землетрясением на северо-западе префектуры Кагосима в Японии [Kogakuin daigaku kenkyu hokoku // Res. Repts. Kogakuin Univ. №84. P. 149-156]⇒РЖ "Физика Земли". 1999. 7Г-210.
13. **Tokuhiro Ikuo, Shioya Shinichi, Kuroki Yasuhiro.** Разрушение школьных зданий во время землетрясений 1997 г. в северо-западной части префектуры Кагосима, Япония. Часть 1. Высшая сельскохозяйственная школа в Миянодзэу [Kagochima daigaku kogakubu kenkyu hokoku // Res. Repts. Fac. Eng. Kagochima Univ. №40. P. 107-134]⇒РЖ "Физика Земли". 1999. 10Г-199.
14. **Tokuhiro Ikuo, Shioya Shinichi, Kuroki Yasuhiro. 1998.** Разрушение школьных зданий во время землетрясений 1997 г. в северо-западной части префектуры Кагосима, Япония. Часть 2. Высшая школа в Миянодзэу [Kagochima daigaku kogakubu kenkyu hokoku // Res. Repts. Fac. Eng. Kagochima Univ. №40. P. 135-150]⇒РЖ "Физика Земли". 1999. 10Г-200.
15. **Miyamachi Hiroki, Iwakiri Kazuhiro, Tsuno Takushi, Shimizu Chikara, Furumitsu Shihirou, Kaneko Kazuhiro, Sekitani Hiroshi, Kakuta Toshiki, Goto Kazuhiko, Yakiwara Hiroshi, Hirano Shuichirou, Matsushima Takeshi, Shimizu Hiroshi. 1998.** Временные сейсмические наблюдения афтершоков землетрясений 1997 г. на северо-западе, префектура Кагосима (Япония) [Hokkaido daigaku chikyu butsurigaku kenkyu hokoku // Geophys. Bull. Hokkaido Univ. №61. P. 85-97]⇒РЖ "Физика Земли". 1999. 1Г-73.

16. Okabayashi T., Saitoh R., Uchitani T., Ohtake T., Nakiyama Y., Hyodo M., Murata H., Yamamoto T., Nakata Y., Kitamura R., Fujii T., Kusakabe S. 1998. Инженерно-геологические особенности землетрясений 1997 г. в префектуре Кагосима и в Дайни (Япония) [Kagochima kogyo koto senmon gakkou kenkyu hokoku // Res. Repts. Kagochima Coll. Technol. №33. P. 35-43]⇒РЖ "Физика Земли". 00.08-09Г.73.
17. Machaca Salome Cristina Condori. 1999. Определение гипоцентра, механизма очага, сейсмического момента и соответствующей моменту магнитуды землетрясения на северо-западе префектуры Кагосима в Японии [Determination of hypocenter, focal mechanism, seismic moment and moment magnitude for Kagochima-ken Hokuseibu earthquake // Individ. Stud. Particip. Inst. Seismol. and Earthquake Eng. №35. P. 1-12]⇒РЖ "Физика Земли". 00.12-09Г.137.
18. Джанузаков К.Д., Калмыкова Н.А., Гиязова Ш.Ш. Центральная Азия. См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.
19. Zhou Shi-Yong, Xu Zhong-Huai, Chen Xiao-Fei. 2001. Изучение очаговых характеристик сейсмического роя 1997 г. в районе Цзяси, Западный Китай [Diqu wuli xuebao // Acta geophys. sin. 2001. V.44. №5. P. 654-662]⇒РЖ "Физика Земли". 02.02-09Г.81.
20. Zhou Shiyong, Chen Xiaofei. 2002. Изучение сейсмогенеза роя землетрясений 1997 г. в Цзяши в западной части Китая [Study on seismogenesis of the 1997 Jiashi earthquake swarm, western China // Progr. Nat. Sci. V.12. №1. P. 50-54]⇒РЖ "Физика Земли". 02.11-09Г.89.
21. Yang Zhuo-xin, Zhao Jin-ren, zhang Xian-kang, Zhang Cheng-ke, Cheng Shuang-xi, Duan Yu-ling, Zhang Jian-shi, Wang Shuai-jin. 2002. Томографическая структура верхней коры в районе серии сильных землетрясений в Цзяши (Синьцзян, Китай) [Tomographic determination of the upper crustal structure in the Jiashi strong earthquake swarm region // Acta seismol. sin. V.15. №2. P. 162-170]⇒РЖ "Физика Земли". 03.04-09Г.38.
22. McGuire Jeffrey J., Jordan Thomas H. 2000. Новые свидетельства сложной природы медленных землетрясений: землетрясение 28 апреля 1997 г. на основе Принс-Эдуард (Индийский океан) [Further evidence for the compound nature of slow earthquakes: The Prince Edward Island earthquake of April 28, 1997 // J. Geophys. Res. V.105. №4. P. 7819-7827]⇒РЖ "Физика Земли". 02.11-09Г.81.
23. Курнавина С.О. 1998. Последствия землетрясения в Иране 10 мая 1997 г. // Сейсмостойк. стр.-во. №2. С. 42-44]⇒РЖ "Физика Земли". 1998. 12Г-41.
24. Землетрясение 10 мая 1997 г. в районе Зеркух (Кайенат) с Mw=7.2: разрывообразование вдоль Систанской сутуры в восточном Иране. The 1997 May 10 Zirkuh (Qa'emat) earthquake (Mw=7.2): faulting along the JURNAJ?⇒РЖ "Физика Земли". 1999. 12Г-100.
25. Катастрофическое землетрясение с магнитудой 6.9 на побережье Венесуэлы 9 июля 1997 г. [Deadly 6.9 earthquake strikes coast of Venezuela, July 9, 1997 // EERI Newslett. V.31. №8. P. 7]⇒РЖ "Физика Земли". 1998. 9Г-89.
26. Perez Omar J. 1998. Сейсмологический доклад о сильном толчке с Mw=6.8 9 июля 1997 г. в Кариако, северо-восток Венесуэлы [Seismological report on the Mw=6.8 of 9 July 1997 in Cariaco, northeastern Venezuela // Bull. Seismol. Soc. Amer. V.88. №3. P. 874-879]⇒РЖ "Физика Земли". 1999. 6Г-64.
27. Mendoza C. 2000. История разрыва в очаге во время землетрясения 1997 г. в Кариако, Венесуэла, описанная на основе телесеизмических Р-волн [Rupture history of the 1997 Cariaco, Venezuela, earthquake from teleseismic P waves // Geophys. Res. Lett. V.27. №10. P. 1555-1558]⇒РЖ "Физика Земли". 01.12-09Г.123.
28. Землетрясение 9 июля 1997 г. в Кариако на востоке Венесуэлы. 1997. [The July 9, 1997, Cariaco, eastern Venezuela earthquake // EERI Newslett. V.31. №10. P. 1a-8a]⇒РЖ "Физика Земли". 1998. 7Г-72.
29. Lang Dominik H., Schwarz Jochen. 2001. Определение локального влияния участка регистрации по записям афтершоков и регистрация сейсмических колебаний на этажах зданий. [Herausarbeitung lokaler Standorteffekte auf Grundlage von Nachbebenregistrierungen und Aufzeichnungen der seismischen Bodenunruhe // Thesis: Wiss. Z. Bauhaus-Univ. Weimar. V.47. №1-2. P. 100-116.]⇒РЖ "Физика Земли". 02.07-09Г.173.
30. Lemoine Anne, Madariaga Raul, Campos Jaime. 2001. Доказательство взаимосвязи землетрясений в центральных областях Чили: серия землетрясений в июле 1997 г.-сентябре 1998 г. [Evidence for earthquake interaction in central Chile: the July 1997- September 1998 sequence // Geophys. Res. Lett. V.28. №14 P. 2743-2746.]⇒РЖ "Физика Земли". 02.01-09Г.117.
31. Tertulliani Andrea. 1999. Эффект участка по результатам обследования степени разрушений [Site effects as inferred from damage severity observation // Geophys. Res. Lett. V.26. №13. P. 1989-1992.]⇒РЖ "Физика Земли". 01.12-09Г.106.
32. Wenk Th., Dazio A., Hertelendy P., Zimmerli D. 1997. Землетрясение в Италии 26 сентября 1997 г. [Das Erdbeben in Italien vom 26. September 1997 // Schweiz. Ing. und Archit. V.115. №44. P. 10-14.]⇒РЖ "Физика Земли". 1998. 11Г-83.
33. Amato A., Azzara R., Chiarabba C., Cimini G.B., Cocco M., Bona M., Di Margheriti L., Mazza S., Mele F., Selvaggi G., Basili A., Bosci E., Courboux F., Deschamps A., Gaffet S., Bittarelli G., Chiaraluce L., Piccinini D., Ripepe M. 1998. Серия землетрясений в области Умбрия-Марке, Италия, 1997 г.: предварительный анализ главных толчков и афтершоков [The 1997 Umbria-Marche, Italy, earthquake sequence: a first look at the main shocks and aftershocks // Geophys. Res. Lett. V.25. №15. P. 2861-2864.]⇒РЖ "Физика Земли". 1999. 11Г-38.

34. **Anzidei Marko, Baldi Paolo, Gaivani Alessandro, Pesci Arianna, Hunstad Ingrid, Boschi Enzo. 1999.** Косейсмические смещения при землетрясениях 27 сентября 1997 г. в области Умбрия-Марке (Италия) по данным GPS [Coseismic displacement of the 27th September 1997 Umbria-Marche (Italy) earthquakes detected by GPS: campaigns and data // Ann. geofis. V.42. №4. P. 643.]⇒РЖ "Физика Земли". 00.02-09Г.86.
35. **Pino Nicola Alessandro, Mazza Salvatore, Boshi Enzo. 1999.** Направление вспарывания разрыва главных толчков последовательности землетрясений 1997 г. в области Умбрия-Марке (Северная Италия) по региональным широкополосным волновым формам [Rupture directivity of the major shocks in the 1997 Umbria-Marche (Central Italy) sequence from regional broadband waveforms // Geophys. Res. Lett. V.26. №14. P. 2101-2104.]⇒РЖ "Физика Земли". 01.08-09Г.104.
36. **De Martini P.M., Valensise G. 1999.** Предсейсмический сдвиг на сейсмогенном разломе землетрясения 26 сентября 1997 г. в области Умбрия-Марке (Италия)? Неожиданное заключение по результатам анализа изменения уровня за период 1951-1992 годы [Pre-seismic slip on the 26 September 1997, Umbria-Marche earthquake fault? Unexpected clues from the analysis of 1951-1992 elevation changes // Geophys. Res. Lett. V.26. №13 P. 1953-1956.]⇒РЖ "Физика Земли". 01.09-09Г.81.
37. **Stramondo S., Resauro M., Briole P., Sansosti E., Salvi S., Lanari E., Anzidei M., Baldi P., Fornaro G., Avallone A., Buongiorno M.F., Franceschetti G., Boschi E. 1999.** Землетрясение Колфиорито (Италия, 26 сентября 1997 г.): моделирование косейсмических движений земной поверхности по данным РЛСА и GPS [The September 26, 1997 Colfiorito, Italy, earthquakes: modeled coseismic surface displacement from SAR interferometry and GPS // Geophys. Res. Lett. V.26. №7 P. 883-886.]⇒РЖ "Физика Земли". 01.11-09Г.108.
38. **Peltzer Gilles, Crampe Frederic, King Geoffrey. 1999.** Свидетельство нелинейной упругости земной коры (по данным) о землетрясении с  $M_w=7.6$  в Мани (Тибет) [Evidence of nonlinear elasticity of the crust from the  $M_w=7.6$  Manyi (Tibet) earthquake // Scince. V.286. №5438. P. 272-277.]⇒РЖ "Физика Земли". 01.09-09Г.82.
39. **Chen Y.T., Xu L.S. 2000.** Метод инверсии во временной области временного пространственного распределения сдвигов на плоскости конечного разлома и его применение для современных сильных землетрясений Тибетского нагорья [A time-domain inversion technique for the tempo-spatial distribution of slip on a finite plane with applications to recent large earthquakes in the Tibetan Plateau (Institute of Geophysics, China Seismological Bureau, Beijing 100081, China, E-mail: chenyt@moho.ess.ucla.edu) // Geophys. J. Int. V.143. №2 P. 407-416.]⇒РЖ "Физика Земли". 01.10-09Г.126.
40. **Shan Xin-jian, Ma Jin, Wang Chang-lin, Liu Jia-hang. 2002.** Определение косейсмических деформаций, связанных с землетрясением 1997 г. в Мани (Китай), с помощью дифференциального интерферометрического радара с синтезированной апертурой (SAR) [Extracting coseismic deformation of the 1997 Mani earthquake with differential interferometric SAR // Acta seismol. sin. V.15. №4. P.431-438.]⇒РЖ "Физика Земли". 03.04-09Г.78.
41. **Камчатское землетрясение 1997 г. 1998.** [The 1997 Kamchatka earthquake. Sohn sung wha Individ. Stud. Particip // Int. Inst. Seismol. and Earthquake Eng. V.34. P. 91-99.]⇒РЖ "Физика Земли". 1999. 12Г-103.
42. **Федотов С.А., Чернышев С.Д., Матвиенко Ю.Д., Жаринов Н.А. 1998.** Прогноз Кроноцкого землетрясения 5 декабря 1997 г. с  $M=7.8-7.9$ , Камчатка, и его сильных афтершоков с  $M \geq 6$  // Вулканол. и сейсмол. №6. С. 3-16.⇒РЖ "Физика Земли". 1999. 5Г-73.
43. **Матвиенко Ю.Д. 1998.** Применение методики М8 на Камчатке: успешный заблаговременный прогноз землетрясения 5 декабря 1997 г. // Вулканол. и сейсмол. №6. С. 27-36.⇒РЖ "Физика Земли". 1999. 5Г-74.
44. **Соболев Г.А., Тюпки Ю.С. 1998.** Стадии подготовки, сейсмологические предвестники и прогноз землетрясений Камчатки // Вулканол. и сейсмол. №6. С. 17-26.⇒РЖ "Физика Земли". 1999. 5Г-80.
45. **Рогожин Е.А., Захарова А.И. 2000.** Геодинамическая позиция очага Кроноцкого землетрясения 1997 г. на Восточной Камчатке // Физика Земли. №5. С. 22-27.⇒РЖ "Физика Земли". 00.11-09Г.106.
46. **Балакина Л.М. 2000.** Землетрясения Шикотанское 04.10.1994 г., Кроноцкое 05.12.1997 г. и их сильнейшие афтершоки: Закономерные проявления тектонического процесса в Курило-Камчатской сейсмогенной зоне // Физика Земли. №11. С. 11-27.⇒РЖ "Физика Земли". 01.04-09Г.125.
47. **Biirgmann R., Kogan M.G., Levin V.E., Scholz C.H., King R.W., Steblow G.M. 2001.** Быстрый асейсмический выброс кинетической энергии, случившийся после землетрясения 5 дек. 1997 г. в Кроноцком, на Камчатке [Rapid aseismic moment release following the 5 December, 1997 Kronotsky, Kamchatka, earthquake // Geophys. Res. Lett. V.28. №7. P. 1331-1334.]⇒РЖ "Физика Земли". 02.03-09Г.138.
48. **Чепкунас Л.С., Рогожин Е.А. 2002.** Спектральные параметры форшоков сильнейших землетрясений Курило-Камчатской дуги как прогностический признак времени главного толчка // Докл. РАН. Т.387. №1. С. 108-110.⇒РЖ "Физика Земли". 03.04-09Г.99