

ЕВРАЗИЯ

О.Е. Старовойт, А.И. Захарова, Е.А. Рогожин, Р.С. Михайлова, С.Г. Пойгина

Сейсмичность территории Евразии, как и в [1], проанализирована по материалам ежегодных сейсмологических бюллетеней [2] ЦОМЭ ГС РАН. Сведения о поверхностном эффекте сильных землетрясений даны в баллах по Международным шкалам [3, 4]. В 1999 г. оперативной службой ЦОМЭ ГС РАН определены основные параметры $N=1977$ землетрясений, произошедших на территории Евразии, из них $N=811$ с магнитудой $MS \geq 4.0$ [2]. Распределение их эпицентров, представленное на рис. 1, повторяет в общих чертах наблюдавшееся в предыдущие годы [1]. Наибольшая плотность эпицентров отмечается в пределах Тихоокеанского сейсмического пояса. Здесь выделилось более 66% суммарной сейсмической энергии за год, около 17% ее приходится на внутриконтинентальный Евразийский сейсмический пояс.

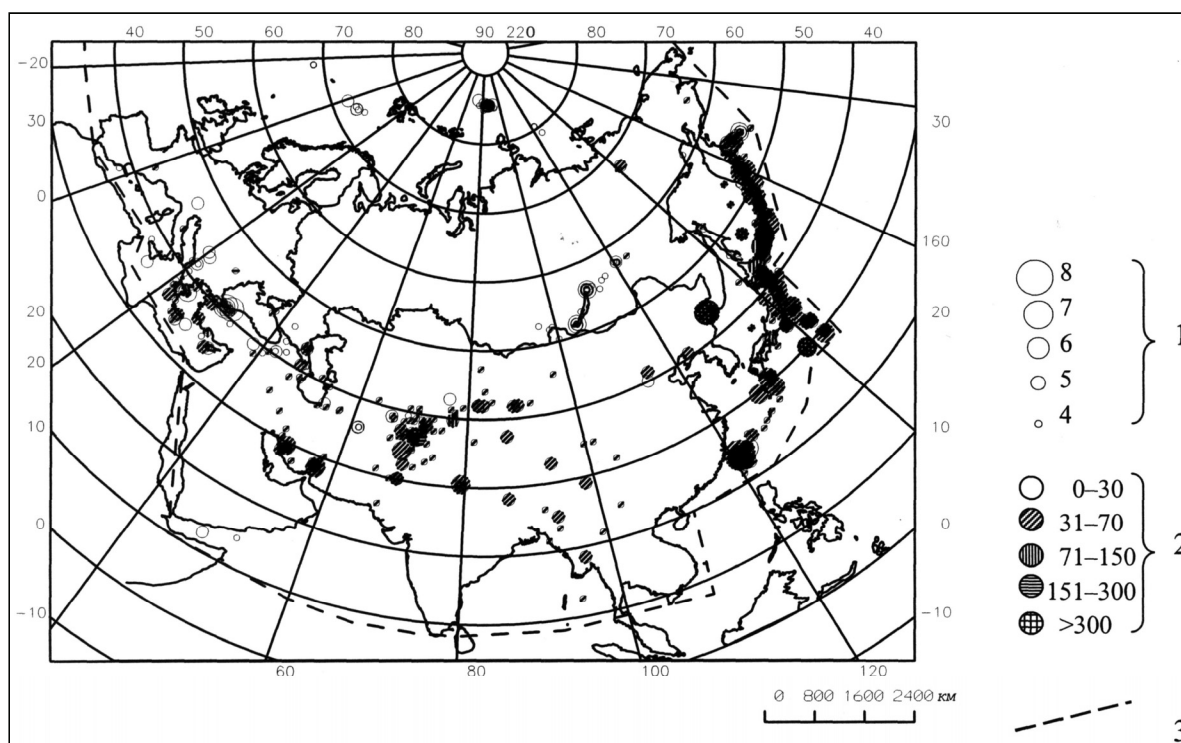


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Евразии за 1999 г. с $MS \geq 3.6$ (по данным из [1, 2])

1 – магнитуда землетрясений MS ; 2 – глубина h гипоцентра, км; 3 – граница определения эпицентров Евразии.

Глубокие ($h > 300$ км) землетрясения имели место в дальневосточных зонах субдукции. Очаги с промежуточной глубиной ($h = 71-300$ км) отмечены как в зонах островных дуг, так и в Гиндукуше, Средиземном море и в районах Вранча. На остальной территории Евразии значения h не превышали 70 км.

Сильные ($MS, MPSP \geq 6.5$) землетрясения в 1999 г. на территории Евразии представлены в табл. 1. Пять из них располагались в Тихом океане: два в районе Курило-Камчатской островной дуги (1, 5 – в табл. 1), три – на острове Тайвань (8, 9, 10). Четыре землетрясения относятся к континентальным толчкам: два произошли в Турции (6, 11) и по одному – в пограничных районах Тибета с Индией (2) и России с Китаем (3). В список сильных землетрясений 1999 г. включены еще два континентальных землетрясения с меньшими магнитудами ($MS < 6.5$), повлекшие за собой катастрофические последствия. Это разрушительное землетрясение в Южном Иране (4) и сильнейшее за последние сто лет землетрясение в Афинах, Греция (7).

Таблица 1. Список сильных землетрясений Евразии в 1999 г.

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	MS $MPSP^*$	Регион
			φ° , N	λ° , E			
1	08.03	12 25 46.1	52.07	159.37	33	7.1	У восточного побережья Камчатки
2	28.03	19 05 13.5	30.46	79.37	33	6.5	Индия - Тибет (пограничная область)
3	08.04	13 10 34.5	43.62	130.46	570	6.7*	Россия - Китай (пограничная область)
4	06.05	23 00 53.2	29.52	51.90	33	6.1	Южный Иран
5	08.05	19 44 36.3	45.44	151.62	65	6.8*	Курильские острова
6	17.08	00 01 37.4	40.85	30.01	10	7.5	Турция
7	07.09	11 56 49.3	38.14	23.56	10	5.9	Греция
8	20.09	17 47 19.3	23.96	121.00	33	7.7	Тайвань
9	20.09	21 46 43.8	23.69	120.77	33	6.6	Тайвань
10	25.09	23 52 51.9	23.97	121.17	33	6.7	Тайвань
11	12.11	16 57 21.2	41.15	31.19	10	7.2	Турция

Механизмы очагов для всех землетрясений из табл. 1 приведены в табл. 2 в Международном формате [5]. На рис. 2 показаны их изображения в стереографической проекции нижней полусферы.

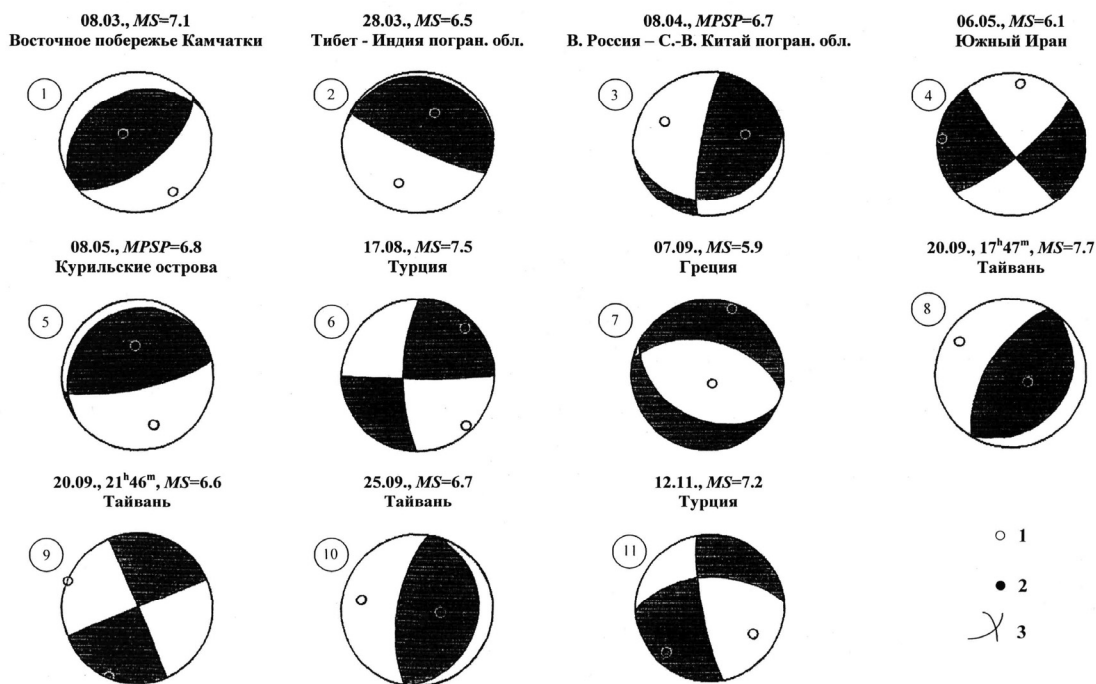


Рис. 2. Механизмы очагов землетрясений 1999 г.

1 – нодальные линии; 2, 3 – оси главных напряжений сжатия и растяжения соответственно; зачернены области волн сжатия.

Четыре Тихоокеанских землетрясения - в районе Камчатки (1 – табл. 2), Южных Курил (5), а также на Тайване (главный толчок (8) и второй сильный афтершок (10)) – произошли под действием сжимающего напряжения (оси P – близгоризонтальны, оси T – близвертикальны). Но если обе возможные поверхности разрыва в очагах (1) и (8) имеют северо-восточное простирание, то в очаге (5) – почти широтное, а в очаге (10) – почти меридиональное. Подвижки в перечисленных четырех очагах по более крутым поверхностям представлены взбросами, по пологим – надвигами. Что касается первого сильного афтершока Тайваньского землетрясения (9), то в его очаге проявились сдвиговые подвижки по крутым поверхностям северо-западного и северо-восточного простирания в результате взаимодействия близгоризонтальных осей главных напряжений как сжатия, так и растяжения, ориентированных в близширотном и близмеридиональном направлениях соответственно.

Таблица 2. Параметры механизмов очагов сильных землетрясений Евразии в 1999 г.

№	Дата, д м	MS MPSP*	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
			T		N		P		NP1			NP2		
			PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP
1	08.03	7.1	72	306	5	52	17	144	242	28	101	49	62	84
2	28.03	6.5	52	27	2	295	38	203	280	7	75	115	83	92
3	08.04	6.7*	48	75	23	193	33	299	81	25	160	189	82	67
4	06.05	6.1	6	277	74	165	14	8	52	76	-6	143	84	-166
5	08.05	6.8*	58	355	5	257	32	164	235	14	68	78	77	95
6	17.08	7.5	13	45	73	262	10	138	182	74	3	91	87	164
7	07.09	5.9	6	19	6	288	81	156	116	39	-81	284	52	-98
8	20.09	7.7	70	116	2	212	20	303	37	25	96	211	65	87
9	20.09	6.6	2	201	88	11	0	111	246	89	179	336	89	1
10	25.09	6.7	65	94	2	188	25	278	12	20	95	187	70	88
11	12.11	7.2	17	224	52	337	33	123	268	54	-167	170	80	-36

Взаимодействие почти горизонтальных осей главных напряжений стало причиной возникновения сдвиговых компонент подвижек и в очагах нескольких континентальных землетрясений, например в Южном Иране (4) и Турции (6, 11). По сравнению с очагом (9), направления осей сжатия и растяжения в очаге (4) поменялись на почти противоположные, обусловив северо-западную и северо-восточную ориентации крутопадающих поверхностей разрыва. В очагах (6, 11) (Турция) при северо-западном и северо-восточном направлениях осей сжатия и растяжения направления крутых поверхностей разрыва - близширотные и близмеридиональные, при этом подвижки в очаге (6) - сдвиги со взбросовой компонентой, в очаге (11) - со сбросовой.

Механизм очага землетрясения (2) в северной Индии характеризуется взбросовыми подвижками по крутой поверхности разрыва и надвиговыми – по пологой, обязанными воздействию сжимающего напряжения северо-восточного направления, превалировавшему в очаге. Обе эти поверхности имеют одинаковое субширотное простирание. Преобладание направленного напряжения растяжения в очаге землетрясения (7) в Греции обусловило сбросовые подвижки по обеим поверхностям близширотного простирания, как по пологой, так и по более крутой.

В заглубленном очаге (3) на границе восточной России и северо-восточного Китая эти подвижки, обусловленные взаимодействием сжимающего напряжения северо-западного направления с растягивающим северо-восточного направления, также разного типа. Если по близвертикальной поверхности меридионального простирания подвижка представлена взбросом, то по другой, почти горизонтальной поверхности широтного простирания – комбинацией надвига с правосторонним сдвигом.

Землетрясение с самой большой магнитудой ($MS=7.7$) в 1999 г. произошло 20 сентября в 17^h47^m в центральной части о. Тайвань. Очаг располагался в земной коре в 145 км к юго-западу от столицы Тайваня – Тайбэя, в курортном районе уезда Нан-тоу, где проявился с интенсивностью до VII JMA. Это землетрясение стало самым разрушительным в истории о. Тайвань, который находится в активной сейсмической зоне. Как сообщалось агентством ИТАР-ТАСС, в районе Нан-тоу уничтожены гостиницы, школы, рухнули четыре моста, взорвался спиртовой завод. Значительный ущерб причинен Тайбэю, где рухнула наполненная постояльцами 12-этажная гостиница. Жизнь в городе была практически парализована из-за отсутствия электроэнергии и перебоев со связью. Почти 2 400 человек погибли, около 8 700 были ранены. Разрушено около 82 000 домов и 600 000 жителей остались без крова. Причиненный ущерб оценен в 14 миллиардов долларов. Землетрясение ощущалось с интенсивностью II JMA от Тайваня до Фиджи и Гонконга, а также на островах Ириомоте-шима и Енагани; I JMA - на островах Ишигаки-шима, Мияко-шима и архипелаге Рюкю [6]. Главный толчок сопровождали многочисленные афтершоки, два сильнейших из них, произошедшие 20 сентября в 21^h46^m и 25 сентября, имели магнитуды $MS \geq 6.6$. Для афтершока 25 сентября, согласно [6], в эпицентральной зоне сотрясения достигли V JMA. В течение двух суток после главного толчка произошло еще пять сильнейших афтершоков с $MS=6.3-6.5$. В [2] имеются сведения о 47 афтершоках с $MS=3.3-6.3$, продолжавшихся до конца года. По данным [7], главный толчок связан со смещением по разлому Челонгпу, вдоль которого на поверхности возник разрыв длиной 75–80 км.

Согласно геологическим проявлениям землетрясения и решению фокального механизма (табл. 2), действующей плоскостью в очаге является плоскость $NP1$ с пологим погружением (угол падения порядка 25°) к востоку–юго-востоку. Подвижка имела надвиговый характер.

Самым катастрофическим событием года стало коровое землетрясение в Турции с $MS=7.5$, произошедшее ночью 17 августа. Эпицентр находился в районе г. Измит, примерно в 80 км к востоку от столицы страны – Стамбула. Это самое сильное землетрясение, известное в истории района. Согласно [6], в результате землетрясения погибли более 15 600 человек и почти 25 000 были ранены, тысячи пропали без вести, около 500 000 человек лишились жилья. Разрушения строений отмечены в Стамбуле, провинциях Косаэли и Сакарайя. Финансовый ущерб оценен в 3–6.5 миллиардов долларов. Сильные сотрясения продолжались 37 с при максимальных ускорениях 0.3–0.4 g. По данным [2], землетрясение также ощущалось с интенсивностью 2–3 балла MSK-64 на южном побережье Крыма и в Симферополе (Украина), в Кишиневе (Молдова) и в Анапе (Россия).

Детальное картирование разрыва, вышедшего на поверхность во время землетрясения, показало, что он состоит из четырех сегментов близвертикального Северо-Анатолийского разлома, по которым произошли подвижки типа правостороннего сдвига с максимальными смещениями до 5 м на протяжении 120 км между пунктами Карамюзель и Голиака [8]. Последнее известное землетрясение в заливе Измит почти с такой же магнитудой, как и в 1999 г., произошло около 250 лет назад. В результате дополнительных археологических поисков вокруг Измита установлено, что смещения при недавнем землетрясении могли следовать за такими же смещениями во время нескольких исторических землетрясений вокруг залива Измит [9]. Это было выяснено при изучении положения ряда афтершоков, три из которых имели $M=5.0–5.8$. Афтершоковая активность сосредоточилась в двух разных регионах – около пункта Гелкюк и близ южного Адапазари, отметивших концы системы образовавшихся поверхностных трещин. Исследовательский тренч был осуществлен через разлом рассматриваемого землетрясения в 15 км восточнее Гелкюка, где был лоцирован эпицентр главного толчка [10]. Стенки тренча обнаружили позднеголоценовый возраст осадочных отложений и следов трех палеоземлетрясений. В соответствии с данными об ориентировке сейсмогенного разрыва при главном толчке из двух нодальных плоскостей, полученных при решении его фокального механизма, можно выбрать в качестве действующей в очаге плоскость широтного простирания ($NP2$, табл. 2). Сейсмогенная подвижка в этом случае представляет собой практически чистый правый сдвиг по вертикальному разрыву в системе Северо-Анатолийской зоны разломов.

12 ноября в Турции имело место еще одно разрушительное коровое землетрясение с $MS=7.2$. Эпицентр его располагался в городе Дюздже провинции Болу, примерно в 100 км к западу от эпицентра землетрясения 17 августа. 834 человека погибли и 4 566 были ранены в зоне Болу-Дюздже-Кайнашлы, где произошли сильные разрушения, четверо погибли и 168 ранены в Адапазари; трое погибли и 189 ранены в Зонгулдаке. Обвалы заблокировали шоссе Анкара-Стамбул. Землетрясение ощущалось в Анкаре, Стамбуле и Измире [6]. Согласно [2], землетрясение ощущалось с интенсивностью 2–3 балла в Чизинау (Молдова), в Севастополе и Симферополе (Украина). Разлом, возникший при этом землетрясении, частично совпал с западной частью разлома при землетрясении 17 августа и вышел на поверхность длиной до 43 км, подвижка имеет тип правостороннего сдвига. Максимальные правостороннее и вертикальное смещения составили 5.3 и 2.6 м соответственно [11]. Согласно геологическим материалам, очаг второго турецкого землетрясения был связан с подвижкой по разрыву широтного простирания в зоне Северо-Анатолийского глубинного разлома (плоскость $NP1$, табл. 2). При этом действующая плоскость характеризуется падением к северу ($DP=60^\circ$), а характер смещения – комбинированный: правосторонний сдвиг, осложненный сбросом северного крыла. В [2] есть данные о 67 афтершоках ($MS=3.0–5.6$) этих двух сильнейших турецких землетрясений 17 августа и 12 ноября.

Сильнейшее землетрясение с $MPSP=6.7$ и очагом в мантии произошло 8 апреля на территории северо-восточного Китая, в пограничной зоне с Россией, примерно в 130 км к северо-западу от города Владивосток. В XX веке в этом районе произошли, по крайней мере, еще четыре землетрясения такой энергии – в 1918, 1940, 1946 и 1957 гг. Землетрясение 8 апреля ощущалось с интенсивностью 3–4 балла в Уссурийске, 3 балла – в Хабаровске, Находке и Владивостоке, 2 балла – в Благовещенске, Комсомольске-на-Амуре и Зее (Россия) [2], а также в провинциях Хэбэй, Хэйлунцзян и Цилин (Китай), в Японии – на южном Хоккайдо, северном

Хонсю и в Токио [6]. Согласно решению фокального механизма – одна из нодальных плоскостей практически вертикальна и простирается в близмеридиональном направлении. Альтернативная плоскость полого ($DP=24^\circ$) погружается к югу. Выбрать из этих двух плоскостей действующую в очаге на основании анализа поверхностных геологических материалов не представляется возможным. Геологические разломы с подобными параметрами залегания в эпицентральной области отсутствуют. В этом регионе распространены разрывные нарушения диагональных (северо-восточного и северо-западного) простираний [12, 13]. Отсутствие структурного контроля поверхностными разломами подвижки в очаге, лежащем на глубине $h=570$ км, вполне естественно.

8 марта произошло землетрясение с $MS=7.1$ у восточного побережья Камчатки. Эпицентр его находился в Авачинском заливе примерно в 80 км к югу–юго-востоку от г. Петропавловск-Камчатский. По данным [2], землетрясение ощущалось с $I=4-5$ баллов в Петропавловске-Камчатском и 2–3 балла – в Северо-Курильске. С начала года до главного толчка в этом районе было зарегистрировано 24 землетрясения с $MS=1.9-5.7$, до конца года произошло еще 55 толчков с $MS=2.7-4.8$ [2]. Обе нодальные плоскости, согласно решению фокального механизма очага, имели примерно одинаковое простирание – с юго-запада на северо-восток. В этом районе залива на шельфе практически нет разломов и блоков соответствующей ориентировки. Крупнейшие тектонические нарушения вытянуты здесь с северо-запада на юго-восток, меридионально или с востока–северо-востока на запад–юго-запад [14], поэтому не обнаруживается корреляции какой-либо из этих нодальных плоскостей с поверхностными структурами на дне. В то же время разлом, соответствующий глубинному надвигу Камчатки на глубоководный желоб в верхней части сейсмофокальной зоны Беньоффа, по своему положению в недрах, хорошо коррелирует с положением первой нодальной плоскости ($NP1$, табл. 2), полого ($DP=28^\circ$) погружающейся под полуостров. Подвижка по этому разрыву представляет собой практически чистый надвиг. Очаг в этом случае можно квалифицировать как межплитный, соответствующий движениям, предполагаемым в процессе субдукции.

Очаг землетрясения 8 мая с $MPSP=6.8$ располагался в Курило-Камчатском желобе, примерно в 120 км к юго-востоку от о. Уруп (Курильские острова). Землетрясение ощущалось как I МА на востоке о. Хоккайдо, в юго-восточной префектуре Аомори и северной префектуре Ивейт (Хонсю) [6]. Данные девяти афтершоков с $MS=2.4-4.3$ имеются в [2]. Эти подводные землетрясения занимают типичную геодинамическую позицию на приостровном склоне Курильской островной дуги. Поверхность сейсмогенерирующей подвижки в очаге главного толчка, для которого приводится фокальный механизм (табл. 2, рис. 2), наиболее адекватно соответствует той из двух нодальных плоскостей, которая имеет северо-восточное простирание вдоль подводного хр. Витязь и всей островной Южно-Курильской дуги ($NP1$, табл. 2) и полого погружается под острова. Такое же простирание имеют основные сейсмогенерирующие структуры приостровного склона – крупнейшие разломы, антиклинальные складки в неоген-четвертичных осадках и удлиненные выходы на поверхность дна пород акустического фундамента [14, 15]. Подвижка по этому разрыву представляет собой практически чистый надвиг. Очаг в этом случае можно квалифицировать как межплитный, соответствующий движениям, предполагаемым в процессе субдукции. Альтернативная плоскость, имеющая близмеридиональную (западную–юго-западную) ориентировку, по-видимому, не может считаться предпочтительной, поскольку занимает относительно всей подвижной системы материкового склона секущее положение, будучи ориентирована в пространстве под острым углом относительно простирания островной дуги, глубоководного Курило-Камчатского желоба и главных активных тектонических структур на приостровном склоне.

28 марта рано утром произошло сильное коровое землетрясение с $MS=6.5$ на севере Индии. По поступившим сообщениям, наибольшее число жертв и сильные разрушения имели место в районе Чамоли в штате Уттар-Прадеш, на который пришелся основной удар стихии. Подземные толчки продолжались там более минуты, разрушены сотни домов. Это сильнейшее с 1980 г. землетрясение на границе с Тибетом унесло жизни около 200 человек, 300 получили ранения, оказались разрушенными почти 15 000 жилых домов. Жители двадцати деревень в отдаленных горных районах, которые были полностью разрушены землетрясением, оказались отрезанными от внешнего мира в результате сильных оползней [6]. Параметры семи афтершоков с $MS=4.1-4.8$, возникших в течение 20 суток после основного толчка, включены в [2]. Эпицентральной областью землетрясения относится к зоне Главного Центрального взброса Гималаев

Кумаона [16, 17]. Этот тектонический разлом имеет здесь западную–северо-западную (или местами – северо-западную) ориентировку и полого (под углом 20–30°) погружается в северном–северо-восточном направлении. Есть основания считать, что на глубине около 10 км поверхность разлома выполаживается и принимает либо горизонтальное, либо крайне пологое положение [16]. Этот факт позволяет выбрать из двух нодальных плоскостей, полученных при решении фокального механизма, ту, которая может быть принята в качестве действующей в очаге землетрясения. Обе альтернативные плоскости имеют западное–северо-западное простирание (табл. 2). Однако только одна из них (*NP1*) полого погружается в северном–северо-восточном направлении (под углом около 7°), то есть в глубокой части Главного Центрального взброса. Эту-то нодальную плоскость и следует выбрать в качестве действующей. Вторая нодальная плоскость круто падает на юг – юго-запад (под углом 83°). Геологические разломы такой морфологии в этой части Гималаев отсутствуют. Сейсмогенерирующая подвижка в очаге данного землетрясения представляет собой таким образом пологий глубинный надвиг толщ, образующих зону Высоких Гималаев в юго–юго-западном направлении, в сторону тектонической зоны Низких Гималаев. Такая подвижка отвечает долговременной тенденции новейшего развития Гималаев Кумаона.

Эпицентр корового Каребасского землетрясения 6 мая с $MS=6.1$ находился в районе населенного пункта Фирузабад, в 50 км к юго-западу от г. Шираз (Иран) [2]. По данным сейсмологической группы фирмы Махаб Годсс и ОИФЗ РАН, проводивших макросейсмическое обследование в ближней зоне землетрясения, координаты макросейсмического эпицентра главного толчка составляли 29.50°N и 52.15°E, гипоцентр расположен на глубинах 11–17 км. Землетрясение вызвало полное разрушение деревень Каре Бас, Риччи, Бонкар, сильные разрушения – в деревнях Чинарфариаб, Шохабат, Бакзоле, Дерре; 22 человека погибли, более 100 человек получили ранения. Р.Э. Татевосяном была составлена карта изосейст (рис. 3). Максимальная интенсивность в эпицентральной зоне достигла $I=8$ баллов. Однако такие разрушения фиксируются в одном месте – в деревне Каре Бас. Поэтому зона максимального макросейсмического эффекта оконтуривается семибалльной изосейстой. Обследование домов и построек в ближней зоне землетрясения показало, что поле нарушений, ограниченных изосейстами высших баллов, имеет овальную форму длиной порядка 116 км и шириной 60 км (рис. 3). Этот «овал» охватывает долину р. Сархун в районе сел Каре Бас, Риччи и др., склоны антиклинальных горных гряд Буринджун, Кухмарех, Далу, Бакак, Кузарг и разделяющих их долин рек. Длинная ось ориентирована с северо-запада на юго-восток и как бы обрамляет в плане группу этих складок. При этом поле разрушений, ограниченных семибалльной изосейстой, характеризуется длиной порядка 53.6 км и шириной до 23.2 км и занимает центральное положение в наиболее широкой части этой овальной области. Простирание длинной оси поля максимальных макросейсмических воздействий – юго-восточное ($AZM=152^\circ$). За три первых месяца после землетрясения произошло около 350 повторных толчков, а до конца 1999 г. – еще порядка 500. Сеть временных сейсмических станций ОИФЗ РАН (руководитель С.С. Арефьев) зарегистрировала большинство этих афтершоков с $M=1-3.5$ и глубиной от $h=0-35$ км. Все основные поля проявлений землетрясения (макросейсмическое, сеймотектоническое и сейсмологическое) располагаются вблизи макросейсмического эпицентра землетрясения и тяготеют к одной и той же области в северо-западной части зоны интенсивной складчатости сеймотектонической субпровинции Фарс и имеют овальную форму. Длинные оси этих «овалов» ориентированы практически в одном и том же направлении – с северо-запада на юго-восток. Такое их положение хорошо согласуется с простиранием одной из нодальных плоскостей, полученных при решении фокального механизма, а именно той, которая характеризуется простиранием по азимуту $AZM=143^\circ$ (*NP2*, табл. 2). Альтернативная нодальная плоскость (*NP1*) ориентирована практически поперек длинных осей полей основных проявлений землетрясения и не может рассматриваться в качестве действующей поверхности в очаге. Подвижка в очаге имеет характер почти чистого правого сдвига с исчезающе-малым взбрасыванием северо-восточного крыла разрыва. Макросейсмические и геологические проявления землетрясения маркируют на поверхности в несколько «размазанном» виде проекцию верхней кромки сейсмического очага, а положение облака афтершоков обрисовывает очаговую плоскость на глубине от 0 до 20 км. Таким образом, разрыв в очаге проникает ниже поверхности консолидированного фундамента, располагающейся здесь на глубине 5.5–7.5 км [18], и затрагивает верхние и средние слои кристаллической коры.

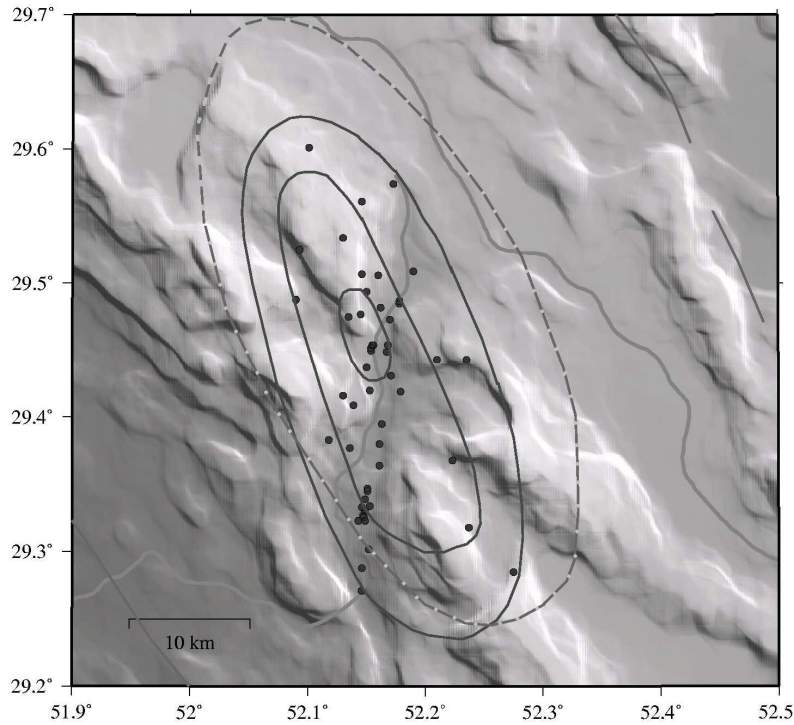


Рис. 3. Карта плотности распределения сейсмодислокаций (точки, сплошные изолинии) в пределах изосейсты $I=7$ баллов (пунктирная изолиния) Каребасского землетрясения 6 мая с $MS=6.1$ (Иран)

Центральная изолиния оконтуривает небольшую область с плотностью распределения более полутора сейсмодислокаций на 1 км^2 ; средняя изолиния – более одной на 1 км^2 ; внешняя изолиния – более одной на 2 км^2 соответственно.

Коровое землетрясение с $MS=5.9$ произошло днем 7 сентября в Греции, эпицентр его находился в 20 км к северо-западу от Афин. Греческие телеканалы показывали обрушившиеся здания, искореженные автомобили, разбитые витрины магазинов. Во многих районах была нарушена телефонная связь, прервана подача электроэнергии. В ряде мест были нарушены линии водоснабжения и другие подземные коммуникации. По данным греческого Министерства внутренних дел, в районах Мениди и Ано-Льосия, наиболее пострадавших от землетрясения, до 80% зданий стали непригодны к эксплуатации. 143 человека погибли, 1 600 были ранены, 50 000 жителей лишились крова и более 53 000 зданий было разрушено. Предварительная оценка разрушений составила 655 миллионов долларов. Землетрясение ощущалось в большей части центральной Греции и даже в Измире (Турция) [6]. Данные одного форшока с $MS=3.5$, произошедшего за четыре до главного толчка, и четырех афтершоков с $MS=3.6-4.2$, зарегистрированных в течение последующих суток, вошли в [2]. Очаг землетрясения возник в сейсмоактивной зоне восточной части залива Коринф [19]. В тектоническом отношении эпицентральная область землетрясения располагалась в пределах молодой межгорной впадины, расположенной к северо-западу от Афин. С севера ее ограничивает активный молодой разлом северо-западного простирания, поверхность которого погружается в юго-юго-западном направлении. Согласно решению фокального механизма, обе нодальные плоскости имеют западное-северо-западное простирание, но одна погружается на север-северо-восток, а другая – на юг-юго-запад. Следовательно, в качестве действующей следует выбрать ту, которая полого падает к юго-юго-западу ($NP1$, табл. 2). Активные разломы западного-северо-западного простирания в Центральной Греции характеризуются сбросовой кинематикой движений, поскольку ось растягивающих напряжений в земной коре здесь ориентирована близмеридионально, а ось сжатия – близвертикально [20, 21]. В таком поле напряжений сбросовый механизм подвижки в очаге выглядит вполне правдоподобно.

В заключение следует подчеркнуть, что очаги крупнейших литосферных землетрясений в 1999 г., как и в предыдущие годы, обнаруживают четкую приуроченность к наиболее значительным активным с геологической и сейсмологической точек зрения структурам Евразийского континента и Тихого океана, а положение в пространстве и характер сейсмогенных

подвижек отвечают основным параметрам сейсмогенерирующих разломов и тенденциям геологических смещений по ним на новейшем и современном этапах тектонического развития.

Авторы выражают благодарность сотрудникам сейсмологической группы ОИФЗ РАН С.С. Арефьеву, Р.Э. Татевосяну и А.А. Лукку за любезно предоставленные материалы по сейсмическим проявлениям Каребасского и Ахрамского землетрясений в Иране.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 05–05–64170).

Л и т е р а т у р а

1. Старовойт О.Е., Захарова А.И., Рогожин Е.А., Михайлова Р.С., Пойгина С.Г. Евразия в 1997–1998 гг. // Землетрясения Северной Евразии в 1998 г. – Обнинск: ФООП, 2004. – С. 198–205.
2. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 1999 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ЦОМЭ ГС РАН, 1999–2000.
3. Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
4. Hisada T., Nakagawa K. Present Japanese Development in Engineering Seismology and their Application to Buildinge. – Japan: 1958.
5. Каталог тензора-центроида сейсмического момента за 1999 г. – Internet: ftp saf.harvard.edu.
6. Machine-readable EDR, 1999.
7. Liu T.K., Chen W.S. Surface displacement of the Tserlungpu fault associated with the 1999 Chi-Chi earthquake ($M=7.3$), Taiwan // Proceedings of 31-th International Geological Congress. Rio de Janeiro, Brazil, Aug., 6–17, 2000. – Rio de Janeiro: 2000.
8. Barka A., Altunel E., Akyuz S. et al. The 17 August, 1999 Izmit earthquake: surface ruptures geometry, slip distribution and future earthquake potentials // Book of abstracts of Int. Conf. «Earthquake Hazard and Risk in the Mediterranean Region». – Nicosia: 1999. – P. 11.
9. Zekitutkun S., Rfvak K., Ozden S. et al. Surface deformation and aftershocks distribution of the 17 August 1999, Marmara earthquake and its geotectonic significance // Book of abstracts of Int. Conf. «Earthquake Hazard and Risk in the Mediterranean Region». – Nicosia: 1999. – P. 14.
10. Demirtas R., Erkmén C., Yilmaz R. Preliminary results of the trench studies of the 1999 rupture of the Izmit Bay earthquake, Golchuk, Izmit, New Turkey // Book of abstracts of Int. Conf. «Earthquake Hazard and Risk in the Mediterranean Region». – Nicosia: 1999. – P. 12.
11. Omer E., Yigit D.T., Yasuo A. et al. Surface ruptures of November 12, 1999. Duzce earthquake, NW Turkey // Book of abstracts and papers, XXVII Gen. Assamb. – Lisbon: 2000. – P. 59.
12. Lithospheric dynamics map of China. – China, Beijing: SSB Ed., 1986. – 2 p.
13. Lithospheric dynamics atlas of China / Editors Xi Y., Guo Y. – China, Beijing: SSB Ed., 1989. – 70 p.
14. Карта разломов СССР. – М.: Недра, 1980. – 9 листов.
15. Geological map of Japan and adjoining areas. Scale 1:4 000 000. Tokio: Aichi publish. Comp. Ltd. 1992.
16. Gansser A. Geology of the Himalayas. London-New-York: Sydney: Interscience Publishers, 1964. – 287 p.
17. Gairola V.K. Lower Himalayan Rocks of Garwal: Their Metamorphism and Deformation // Himalayan Geology Seminar. – New Delhi: 1986. – P. 215–230.
18. South West Iran Basement Contour Map. – Teheran: 1969.
19. Pavlides S. Active faulting in multi-fractured seismogenic areas; examples from Greece // Z. Geomorph. N.E. Suppl. – Bd. 94. – 1993. – № 10. – P. 57–72.
20. Pavlides S. Active faults of Greece // Neotectonics of West Macedonia (Greece) and Kozani-Grevena earthquake of May 13, 1995 ($M_s=6.6$). Collection of Papers. – Thessaloniki: 1996.
21. Pavlides S., Mountrakis. Neotectonics of the Florina–Vegoritís–Ptolemais neogene basin (NM Greece): an example of extensional tectonics of the Greater Aegean area // Annales Geologiques des pays Helleniques. – 1985–1986. – Series 1. – 33. – № 1. – P. 311–323.