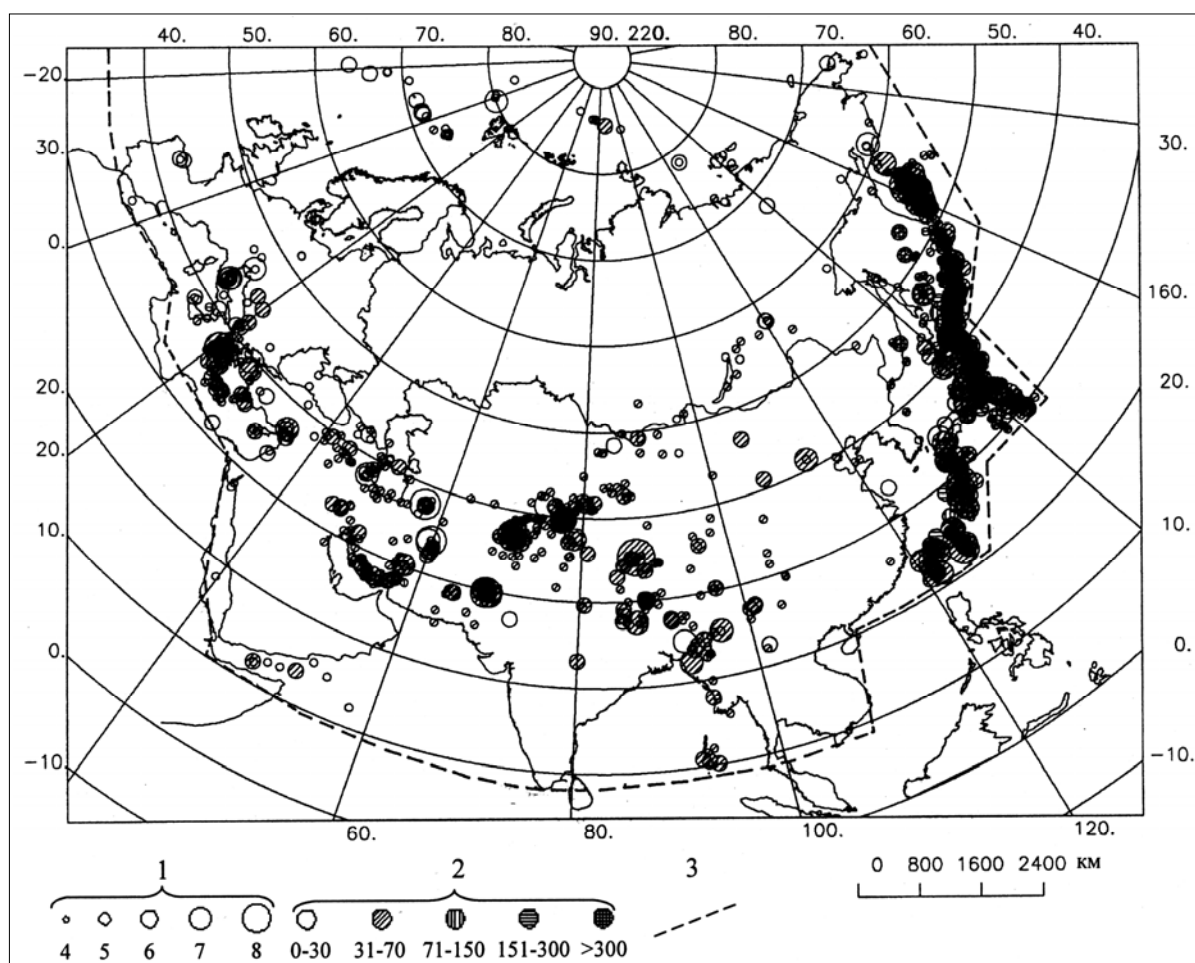


**ЕВРАЗИЯ в 1997–1998 гг.**

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

В связи с тем, что начиная с 2001 г. прекращено издание китайско-российского журнала «Journal of Earthquake Prediction Research», редколлегия сочла возможным материалы, подготовленные для публикации в нем, поместить в настоящем сборнике, поскольку они посвящены сейсмичности Евразии в целом. Анализ сейсмичности Евразии за 1997–1998 гг. проведен по данным ежедекадных сейсмологических бюллетеней [1, 2] Геофизической службы Российской академии наук (ГС РАН). Аналогичные сведения за 1991–1996 гг. опубликованы ранее в работах, аналогичных [3]. Макросейсмические данные приводятся в баллах международных шкал [4–6]. Карта эпицентров землетрясений Евразии, произошедших в 1997–1998 гг. с магнитудами  $M_S \geq 4$ , показана на рис. 1. Пространственное распределение землетрясений в общих чертах повторяет наблюдавшееся в предыдущие годы [3]. Наибольшая плотность их эпицентров отмечается в пределах Тихоокеанского сейсмического пояса, где выделилось более 63% годовой суммарной сейсмической энергии всей Евразии в 1997 г. и более 87% – в 1998 г., остальная ее часть приходится, главным образом, на континентальный Евроазиатский сейсмический пояс.



**Рис. 1.** Карта эпицентров землетрясений Евразии за 1997–1998 гг. с  $M_S \geq 4$  (по данным из [1, 2])

1 – магнитуда  $M$ ; 2 – глубина  $h$  гипоцентра, км; 3 – граница Евразии.

Глубокие ( $h > 300$  км) землетрясения произошли в дальневосточных зонах субдукции. Очаги с промежуточной глубиной ( $h = 71\text{--}300$  км) отмечены как в зонах островных дуг, так и в Гиндукуше, Средиземном море, районах Вранча и Мьянмы и в 1998 г. – в Каспийском море. На остальной территории Евразии глубина очагов не превышала 70 км.

**Сильные землетрясения.** В 1997 г. на территории Евразии зарегистрировано девять землетрясений с  $MS \geq 6.5$ , в 1998 г. – только четыре. Их координаты и магнитуды приведены в табл. 1. Эпицентры шести из них (1, 7–9, 11, 13, табл. 1) располагались в Тихом океане, одного (6) – в Ионическом море, шести остальных (2–5, 10, 12) – на континенте.

**Таблица 1.** Список сильных ( $MS \geq 6.5$ ) землетрясений Евразии за 1997–1998 гг.

№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$h$ , км	$MS/n$	Район
			$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$			
<b>1997 г.</b>							
1	17.01	15 53 13.3	28.83	130.00	з/к	6.6/25	Острова Рюкю (Япония)
2	04.02	10 37 47.9	37.75	57.24	10	6.6/14	Иран-Туркменистан (пограничная область)
3	27.02	21 08 01.7	29.78	68.24	з/к	6.8/11	Пакистан
4	10.05	07 57 30.2	33.98	59.81	10	7.0/16	Иран
5	08.11	10 02 53.2	35.28	87.38	з/к	7.7/7	Китай
6	18.11	13 07 42.1	37.63	20.68	з/к	6.6/26	Ионическое море
7	05.12	11 26 54.8	54.88	161.95	з/к	7.9/16	Восточное побережье Камчатки
8	05.12	18 48 22.2	53.71	161.60	з/к	6.7/32	У восточного побережья Камчатки
9	07.12	17 56 18.8	54.76	162.77	з/к	6.6/26	Восточное побережье Камчатки
<b>1998 г.</b>							
10	14.03	19 40 30.4	30.12	57.62	з/к	6.5/23	Иран
11	03.05	23 30 22.6	22.53	125.36	з/к	7.5/15	Юго-восток о. Тайвань
12	30.05	06 22 29.0	37.13	70.14	з/к	6.7/25	Афганистан-Таджикистан (пограничная область)
13	01.06	05 34 04.2	52.95	160.00	48	6.6/33	У восточного побережья Камчатки

Для всех землетрясений табл. 1 определены механизмы очагов. Решения получены по знакам первых вступлений  $P$ -волн, как и ранее [3]. Параметры механизмов очагов даны в табл. 2 в международном формате [7], при этом нумерация землетрясений соответствует табл. 1. Изображения механизмов представлены на рис. 2 в стереографической проекции нижней полусферы.

**Таблица 2.** Параметры механизмов очагов сильных ( $MS > 6.5$ ) землетрясений Евразии за 1997–1998 гг.

№	Дата, д м	$MS$	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
			$T$		$N$		$P$		$NP1$			$NP2$		
			$PL$	$AZM$	$PL$	$AZM$	$PL$	$AZM$	$STK$	$DP$	$SLIP$	$STK$	$DP$	$SLIP$
<b>1997 г.</b>														
1	17.01	6.6	55	289	10	33	33	129	31	79	80	254	15	132
2	04.02	6.6	0	283	90	0	0	13	58	90	0	328	90	180
3	27.02	6.8	62	321	11	72	25	167	68	71	79	279	22	119
4	10.05	7.0	0	296	90	0	0	26	71	90	0	341	90	180
5	08.11	7.7	10	296	78	90	5	205	71	86	11	340	79	176
6	18.11	6.6	52	8	29	143	22	246	18	35	150	133	73	59
7	05.12	7.9	63	327	9	219	25	124	42	71	100	194	21	63
8	05.12	6.7	64	296	4	34	26	125	32	71	86	224	20	101
9	07.12	6.6	63	298	1	30	27	121	30	72	89	213	18	93
<b>1998 г.</b>														
10	14.03.	6.5	20	101	36	207	47	347	147	40	-156	38	75	-52
11	03.05	7.5	0	180	78	270	12	90	226	82	-172	134	82	-8
12	30.05	6.7	20	75	64	297	16	171	214	64	3	122	87	-154
13	01.06	6.6	77	289	4	34	13	124	219	32	97	31	58	86

Очаги пяти Тихоокеанских землетрясений (1, 7–9, 13, табл. 1, 2) приурочены к Курило-Камчатской зоне. Они возникли под действием сжимающего напряжения  $P$  юго-восточного простирания (ось  $P$  – близгоризонтальна, ось растягивающего напряжения  $T$  – близвертикальна). Во всех очагах обе возможные плоскости разрыва – крутая и пологая – простираются с северо-востока на юго-запад. Подвижки по обеим плоскостям в очаге сильного ( $M_S=7.9$ ) землетрясения (7) на восточном побережье Камчатки, двух его афтершоков (8, 9) и землетрясения (13) представлены взбросами или взбросо-надвигами. Такой же (взбросовый) тип подвижки характерен для плоскости крутого заложения в очаге землетрясения (1), произошедшего в районе островов Рюкю, в то время как взброс по его пологой плоскости осложнен правосторонним сдвигом.

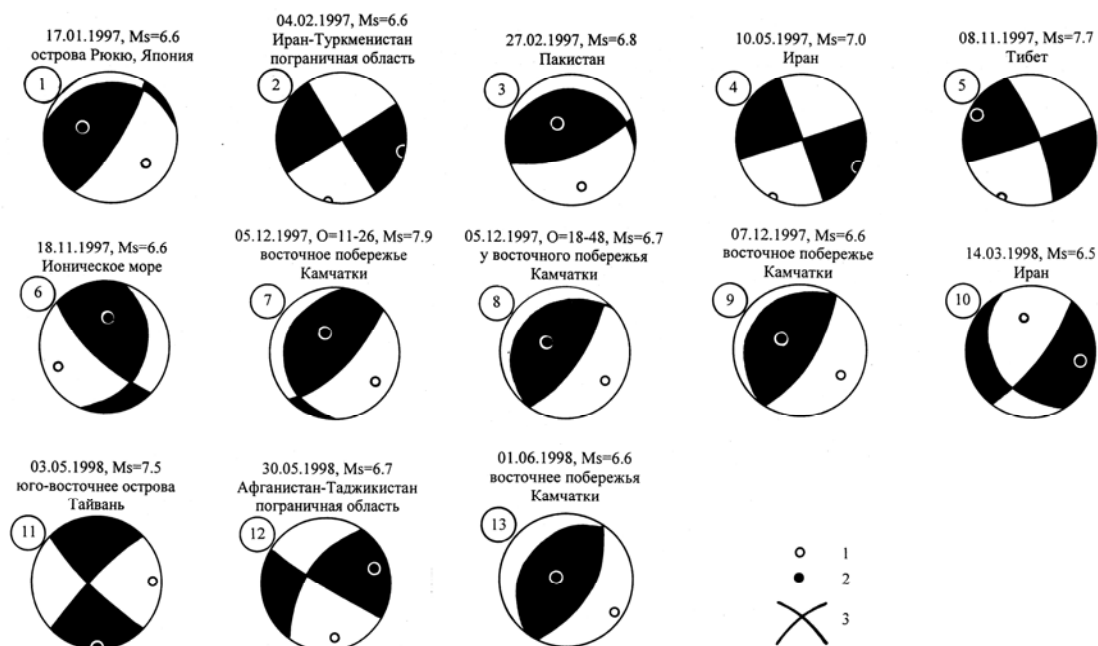


Рис. 2. Механизм очагов сильных ( $M_S \geq 6.5$ ) землетрясений Евразии за 1997–1998 гг.

1 – ось сжатия; 2 – ось растяжения; 3 – нодальные линии. Зачернены области волн сжатия.

Очень похожи на описанные выше, механизмы очагов землетрясений (3, 6) – континентального, в Пакистане, и в Ионическом море, отличающихся в основном простиранием осей преобладающих напряжений  $P$  и возможных плоскостей разрывов. Так, в очаге землетрясения (3) ось  $P$  – близмеридиональна, подвижки по крутой и пологой плоскостям близширотного простирания – взбросы. В очаге землетрясения (6) ось  $P$  – близширотна, крутая плоскость направлена на юго-восток, более пологая – почти на север, взбросовые подвижки по ним имеют сдвиговые компоненты – левостороннюю и правостороннюю соответственно.

Совершенно иной тип механизмов очагов имеют остальные континентальные землетрясения, произошедшие в пограничных областях между Ираном и Туркменистаном (2), между Афганистаном и Таджикистаном (12), в Иране (4), в Китае (5), а также в районе о. Тайвань (11). Оси напряжений сжатия  $P$  и растяжения  $T$  в их очагах горизонтальны или почти горизонтальны. Обе нодальные плоскости залегают отвесно, подвижки по ним представлены левосторонними и правосторонними сдвигами, в случае № 11 – с компонентами сброса.

Очаг Иранского землетрясения (10) возник под действием преобладающего напряжения растяжения, ориентированного почти широтно (ось  $T$  – близгоризонтальна, ось  $P$  – более крутая). Одна из возможных плоскостей разрыва в очаге имеет северо-восточное простирание и круто падает на юго-восток. Подвижка по ней представлена сбросом, осложненным левосторонним сдвигом. Тип движения по другой, более пологой, плоскости разрыва северо-западного простирания с падением на юго-запад – правосторонний сдвиг с компонентой сброса.

**Главным событием 1997 г.** в Евразии стало Кроноцкое землетрясение (7) 5 декабря с  $MS=7.9$  (табл. 1, 2) на восточном побережье Камчатки. Начиная с момента главного толчка, Камчатская сейсмологическая сеть, одна из лучших в России, регистрировала многочисленные повторные толчки, два (8, 9) из которых попали в разряд сильных землетрясений – 5 декабря с  $MS=6.7$ , ощущавшееся в Петропавловске-Камчатском с интенсивностью 3–4 балла MSK-64, в Северо-Курильске – 1–2 балла, и 7 декабря с  $MS=6.6$ . Кроноцкое землетрясение было хорошо изучено с сейсмологической точки зрения. В то же время камчатскими сейсмотектонистами было проведено изучение деформаций на поверхности полуострова [8]. В прежние годы геофизическими методами было подробно исследовано строение земной коры и верхней мантии южной части Камчатского полуострова. В результате оказалось возможным составить представление о структуре среды, в которой возник очаг. Из двух нодальных плоскостей, полученных при решении фокального механизма, в качестве действующей выбрана та, которая характеризуется юго-юго-западным простиранием и пологим падением на запад-северо-запад, поскольку она ориентирована вдоль островной дуги и согласно с основными геологическими структурами материкового склона. Подвижка представлена комбинацией надвига и левостороннего сдвига. Правильность выбора действующей плоскости подтверждается конфигурацией области афтершоков, помещенной в [8], где подробно описаны детали их исследования, согласно которым афтершоки Кроноцкого землетрясения практически не распространялись южнее зоны Кроноцкого разлома. Этот разлом послужил не только структурой, на которой сконцентрировалось большое число повторных толчков, но и южной границей всей очаговой области. Сейсмический очаг Кроноцкого землетрясения оказался таким образом вписанным в дизъюнктивный узел, образованный взаимно пересекающимися разрывными нарушениями камчатского и транскамчатского простирания, а главная действующая плоскость и характер сейсмогенной подвижки отвечают представлениям об очагах межплитного (субдукционного) типа по [9].

Второе по величине землетрясение года с  $MS=7.7$  и очагом в земной коре (5) отмечено 8 ноября в Китае, в западной части хр. Кукумили горной системы Кунь-Лунь, примерно в 230 км к северо-востоку от населенного пункта Гомо-Селунг (табл. 1, 2). Это самое сильное землетрясение в данном районе Китая за всю историю наблюдений. Макросейсмических данных нет. Эпицентр землетрясения приурочен к западному сегменту Восточно-Кунь-Луньского разлома с левосторонним сдвигом [10]. Согласно решению фокального механизма (рис. 2), из двух возможных нодальных плоскостей за действующую выбрана плоскость, простирание которой совпадает с простиранием данного разлома – с запада-юго-запада на восток-северо-восток. При этом и характер подвижки в очаге – левосторонний сдвиг – хорошо согласуется с главными тенденциями смещений по Восточно-Кунь-Луньскому разлому. Вторая нодальная плоскость ориентирована поперек данного разлома и не увязывается ни с какими поверхностными геологическими структурами. Ранее, в 1973, 1974 и 1975 гг., в этом же месте происходили сильные землетрясения. Магнитуда сильнейшего из них (14.07.1973 г.) составила 7.3. Фокальный механизм этого сейсмического толчка похож на механизм землетрясения 1997 г. [10].

Катастрофическим событием 1997 г. стало Ардебильское землетрясение (4) с  $MS=7.0$ , которое произошло 10 мая в Иране на территории зоны Лут, известной проявлениями сильной сейсмичности. В окрестностях эпицентра, близ г. Хаджи-Абад, интенсивность сотрясений составила 9 баллов по шкале MSK-64. В результате этого землетрясения 1567 человек погибли, 2300 ранены, 50000 потеряли жилье, 10533 домов были разрушены, 5474 – повреждены. Изосейсты высших баллов эллипсообразны, длинная ось их вытянута почти меридионально. Из двух нодальных плоскостей на рис. 2 за действующую плоскость в очаге выбрана близмеридиональная, согласно карте изосейст и протяженности зоны 69 афтершоков, соответствующей наблюдаемой ориентации разлома Абиз на поверхности [11].

Эпицентр землетрясения (1) 17 января с  $MS=6.6$  находился в районе островов Рюкю (Япония). Это четвертый сильный афтершок землетрясения с  $MS=7.6$ , которое имело место здесь в 1995 г. [12]. Три его предыдущих афтершока с  $MS>6.5$  были отмечены в 1995 г. Макросейсмических данных о землетрясении 17 января и сведений о его геологических проявлениях нет, оно произошло в подводных условиях. Представление о тектонической позиции и пространственном положении сейсмических очагов в недрах литосферы можно составить, лишь сопоставляя сейсмологические данные с элементами геолого-геофизического строения дна

в эпицентральной области. Общее простирание глубоководного желоба Рюкю и приостровного склона дуги Нансей-Сото здесь ориентировано с юго-запада на северо-восток. Ту же ориентацию имеют более мелкие геологические структуры: активные разломы на островах и склоне, антиклинали, сложенные верхнемиоценовыми породами, и грабенообразные синклинали, выполненные рыхлыми четвертичными осадками, выходы на поверхность дна пород акустического фундамента [13]. В соответствии с этими данными представляется возможность выбрать реальную действующую плоскость в очагах главного толчка 1995 г. и четырех его сильнейших афтершоков (включая и толчок 1997 г.) из имеющихся альтернативных нодальных плоскостей, полученных при решении фокальных механизмов. Наиболее вероятной действующей поверхностью смещения в этих очагах является та, которая простирается в направлении с юго-запада на северо-восток. Она устойчиво присутствует в решениях для всех пяти сейсмических событий. Подвижки в очагах в этом случае для главного и трех повторных толчков 1995 г. аналогичны. Это круто погружающийся к северо-западу или запад-северо-западу сброс, в случае главного толчка осложненный правосторонним сдвигом [12]. По-видимому, сильные землетрясения 1995 г. отражают здесь процесс развития крупной грабенообразной синклинали на приостровном склоне дуги Нансей-Сото с проседанием ее ядра по крутым сейсмогенерирующим сбросам. В то же время очаг землетрясения 1997 г. в принципе отличается от толчков 1995 г. При простирании выбранной действующей плоскости в том же направлении (с юго-запада на северо-восток) она круто погружается на юго-восток, а подвижка представляет собой крутой взброс юго-восточной части приостровного склона дуги на ее северо-западную часть. Геодинамическая интерпретация подвижки в очаге этого события может быть связана с ростом небольшой антиклинали, выраженной в рельефе дна локальным поднятием на приостровном склоне глубоководного желоба Рюкю, и ее моментальным воздыманием по круто падающему в сторону желоба сейсмоактивному взбросу. Альтернативная плоскость простирается с запада-юго-запада на восток-северо-восток поперек основных геологических и морфоструктурных элементов приостровного склона и островной дуги. Поэтому ее рассмотрение в качестве действующей плоскости подвижки в очаге менее предпочтительно.

4 февраля в пограничной области между Ираном и Туркменистаном Боджнурдское произошло землетрясение (2) с  $MS=6.6$  (табл. 1, 2). Очаг землетрясения располагался в земной коре примерно в 25 км к северо-востоку от г. Боджнурд (Иран). Это было самое сильное землетрясение в данном районе за последние 25 лет с катастрофическими последствиями [14, 15]. Землетрясение ощущалось на территории северо-восточного Ирана и в Туркменистане. Пиковое ускорение близ эпицентра составило около 0.3 g. За 44 минуты до возникновения главного толчка ему предшествовал форшок с магнитудой  $MS=5.2$ . Зарегистрировано несколько сотен афтершоков, сильнейший с магнитудой  $MS=5.7$ . Согласно положению эпицентральной области и решению фокального механизма главного толчка (табл. 2) землетрясение было связано с правосторонней сдвиговой подвижкой по Нохур-Казанджикскому разлому в районе его юго-восточного окончания. Этот разлом является оперяющим нарушением более крупной тектонической линии – Южно-Туркменского или Главного Копетдагского разлома [16]. Нохур-Казанджикский разлом имеет северо-западное простирание, пересекает в диагональном направлении складчатую дугу Копетдага и достигает Мешхед-Кучанской депрессии в западной части Ирана. Ориентировка разлома и характер долговременных геологических смещений его крыльев идеально соответствуют простиранию и направлению сейсмогенерирующей подвижки по нодальной плоскости  $NP2$  в очаге главного толчка (табл. 2). На южном окончании разлома в прошлом не раз происходили сильные землетрясения [17].

27 февраля разрушительное землетрясение (3) с  $MS=6.8$  и очагом в земной коре (табл. 1, 2) произошло в Пакистане. Эпицентр располагался примерно в 40 км к северо-востоку от г. Сиби. По крайней мере, 57 человек погибли, сотни ранены, разрушено или повреждено более 500 домов, тысячи бездомных, сотни голов домашнего скота убиты, шоссе и железные дороги блокированы оползнями в области Харнай Сиби [15]. Землетрясение до конца года сопровождалось многочисленными афтершоками, самый сильный из которых с  $MS=6.5$  последовал через 22.5<sup>м</sup> после главного толчка. Очаг землетрясения был приурочен к системе разломов складчатого пояса Сулейман-Киртхар, к той его части, где близмеридиональная ориентировка этих разломов в районе так называемой «Сигмоиды Кветты» сменяется близширотной. Реше-

ние фокального механизма показывает, что обе нодальные плоскости имеют именно такое, близширотное простирание. За действующую плоскость выбрана более пологая с подвижкой на север, поскольку основные разломы в пределах «Сигмоиды Кветты» ориентированы близширотно и характеризуются падением плоскости сместителя на север или север-северо-запад. Очаг землетрясения попадает в зону активной сейсмичности земной коры, которая описывается во многих публикациях [15].

18 ноября в Ионическом море отмечено коровое землетрясение (6) с  $MS=6.6$  (табл. 1, 2). Эпицентр располагался на о. Закинф (Греция). Несколько человек получили ушибы при значительных повреждениях зданий в городах западного Пелопоннеса. Землетрясение ощущалось в Греции, на островах Крит и Сицилия [15]. Очаг землетрясения приурочен к разломной зоне Кипрско-Таврской дуги и Эллинского желоба в их западной части [18, 19]. Ориентировка основных разломов в этой части подвижной системы – северо-западная. Этому простиранию полностью отвечает простирание нодальной плоскости  $NP2$  (табл. 2). При этом подвижка в очаге представляет собой взброс с компонентой левостороннего сдвига по круто падающей на северо-восток поверхности сместителя. Альтернативная нодальная плоскость ориентирована почти вкрест простирания островной дуги и желоба и поэтому не может быть выбрана в качестве действующей плоскости.

**В 1998 г.** наиболее сильное ( $MS=7.5$ ) событие (11) произошло 3 мая. Эпицентр находился в Филиппинском море, примерно в 450 км к востоку от южной оконечности о. Тайвань. Отмечено небольшое локальное цунами близ Ишикаки-Шима, где оно ощущалось с наибольшей интенсивностью III JMA [4], так же, как в Ириомоте-Шима, Ишигаки-Шима, Мияко-Шима и Йонагуни [20]. Основной толчок сопровождался афтершоками, самый сильный из которых с  $MS=6.1$  был зарегистрирован 19 ноября. Эпицентры главного толчка и афтершоков приурочены к зоне Центрально-Филиппинского (Тайваньского) разлома, пересекающего центральную и западную части Филиппинской котловины с юго-востока на северо-запад [21]. Почти через всю котловину в этом направлении прослеживается зона интенсивно расчлененного рельефа с четко выраженной депрессией в осевой части и многочисленными грядами и ложбинами, параллельными ей. Ширина зоны – около 300 км, а амплитуда расчлененности рельефа в ней – 1000–1500 м. По-видимому, эта узкая зона, хорошо выраженная в современном рельефе дна, служит поверхностным выражением глубинного разлома, активного в прошлом. Ее длина превышает 2000 км. На востоке разлом ответвляется от грандиозного меридионально ориентированного подводного хр. Кюсю-Палау, пересекает в северо-западном направлении всю Филиппинскую котловину, достигает о. Тайвань и разграничивает его северную оконечность и островную дугу Рюкю. Структурно-тектонические зоны Тайваня прослеживаются на островах архипелага Рюкю, однако они смещены по молодому (плейстоцен-голоценовому) левостороннему сдвигу, продолжающемуся в область пролива, разделяющего острова Тайвань и Сакисима, из зоны Тайваньского (Центрально-Филиппинского) разлома. Именно с этой зоной разломов трансформного характера и было связано землетрясение 3 мая. Согласно решению фокального механизма (табл. 2), существует подходящая нодальная плоскость  $NP2$  соответствующего простирания с подвижкой типа левостороннего сдвига, которая характеризуется северо-западным простиранием и крутым падением (около  $80^\circ$ ) в юго-западном направлении. В то же время другая нодальная плоскость ( $NP1$ ) северо-восточного простирания и также крутого падения (около  $80^\circ$  к северо-западу) не соответствует наблюдающимся на поверхности дна геологическим структурам. Крупные разломы, гряды и молодые депрессии имеют здесь, как уже говорилось выше, в основном северо-западное или меридиональное простирание [21].

Землетрясение (10) в Иране 14 марта с  $MS=6.5$  принесло многочисленные разрушения и человеческие жертвы. Эпицентр располагался в отрогах хр. Кухруд примерно в 50 км к востоку-юго-востоку от г. Керман. Пять человек погибли, 50 были ранены, 2000 строений разрушены, 10000 человек остались без крова, уничтожено 1200 голов скота, повреждены водные, электрические коммуникации в области Голбаф [20]. Землетрясение сопровождалось афтершоками, наиболее сильный был с  $MS=5.0$ . Очаг землетрясения, по-видимому, располагался в зоне разлома Говк, в целом, имеющего меридиональное простирание. Падение поверхности сместителя, установленное на северном и южном окончаниях разломной зоны в западном или в юго-западном направлениях, довольно пологое. Поскольку северное окончание разлома Говк в районе г. Керман и на протяжении 50 км к юго-востоку от него ориентировано на северо-запад,

то простираение нодальной плоскости  $NP1$  (табл. 2) хорошо увязывается с положением зоны этого разлома на поверхности. Сдвиговый характер правостороннего смещения при подвижке в очаге соответствует смещениям при прежних землетрясениях 1981 и 1989 гг. [22], возникших на центральном сегменте разломной зоны Говк. В то же время вторая нодальная плоскость, имеющая северо-восточное простираение, не соответствует наблюдающимся на поверхности геологическим структурам.

Очаг (12) самого разрушительного землетрясения 30 мая 1998 г. с  $MS=6.7$  располагался в земной коре в горах Гиндукуша, примерно в 50 км к западу от г. Файзабад на севере Афганистана. В результате землетрясения почти 4000 человек погибли, несколько тысяч ранены и остались без крова в провинциях Бадахшан и Такхар Афганистана. Сильные сотрясения отмечены в Мазари-Шерифе и Кабуле (Афганистан), а также в Исламабаде, Пешаваре, Равалпинди (Пакистан) и Душанбе (Таджикистан) [20]. Ощущалось с интенсивностью 3 балла MSK-64 [6] в Самарканде и Андижане, 2 балла – в Ташкенте (Узбекистан) [2]. Главному толчку предшествовали форшоки, самый сильный из которых был с  $MS=5.9$ . До конца года регистрировались многочисленные афтершоки с магнитудой  $MS$  до 4.8. Согласно положению эпицентра, очаг землетрясения располагался в пределах западного сегмента зоны Северо-Памирского (Дарваз-Каракульского) разлома – там, где эта зона меняет простираение с близмеридионального, характерного для его Южно-Таджикской части, на северо-восточное, характерное для Северо-Афганской части. При этом отмечается удовлетворительное соответствие простираения первой нодальной плоскости  $NP1$  (табл. 2) с юго-запада на северо-восток, полученного при решении фокального механизма, и ориентировки зоны Северо-Памирского разлома в этом районе [23]. Кинематика смещений по этой ветви разлома типа левосторонний сдвиг также хорошо согласуется с характером сейсмогенной подвижки по  $NP1$  в очаге. В то же время вторая альтернативная нодальная плоскость  $NP2$ , имеющая северо-западное простираение, не соответствует ориентировке наблюдающихся на поверхности геологических структур. Крупные складки, разломы и молодые депрессии имеют здесь, как уже говорилось выше, в основном северо-восточное, близширотное или меридиональное простираение [24].

1 июня 1998 г. произошло землетрясение (13) с  $MS=6.6$  у восточного побережья полуострова Камчатка. Эпицентр находился вблизи мыса Шипунский в Авачинском заливе, примерно в 90 км к востоку от г. Петропавловск-Камчатский. Макросейсмические данные имеются только из Петропавловска-Камчатского, где толчок ощущался с интенсивностью 5 баллов MSK-64 [6]. Главному толчку предшествовали форшоки, наиболее сильный был с  $MS=3.5$ . Афтершоки с  $MS=3.5-4.1$  регистрировались до октября месяца [2]. Для главного толчка обе нодальные плоскости, согласно решению фокального механизма (табл. 2), имели примерно одинаковое простираение – 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 запада-северо-запада на восток-юго-восток, меридионально, или с востока-северо-востока на запад-юго-запад. Поэтому не обнаруживается корреляции какой-либо из этих плоскостей с поверхностными структурами на дне. В то же время разлом, соответствующий глубинному надвигу Камчатки на глубоководный желоб в верхней части сейсмофокальной зоны Беньофа по своему положению в недрах, хорошо коррелируется с положением первой нодальной плоскости  $NP1$ , полого погружающейся под полуостров. Подвижка по этому разрыву представляет собой практически чистый пологий надвиг. Очаг в этом случае можно квалифицировать как межплитный, соответствующий движениям, предполагаемым в процессе субдукции.

#### Л и т е р а т у р а

1. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 1997 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ЦОМЭ ИФЗРАН, 1997–1998.
2. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 1998 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ЦОМЭ ГС РАН, 1998–1999.
3. Zakharova A.I., Poigina S.G., Rogozhin E.A. and Starovoit O.E. Earthquakes in Eurasia in 1996 // J. Earth. Pred. Res. – 2000. – V.8. – №3. – P. 316–331.
4. Hisada T., Nakagawa K. Present Japanese Development in Engineering Seismology and their Application to Building. – Japan: 1958.

5. **Рихтер Ч.Ф.** Модифицированная шкала Меркалли, вариант 1956 г. // Элементарная сейсмология. – М.: ИЛ, 1963. – С. 131–132.
6. **Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага).** Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
7. **Аптекман Ж.Я., Захарова А.И., Кронрод Т.Л., Чепкунас Л.С.** Представление данных о механизме очагов землетрясений. Введение Международного формата // Землетрясения в СССР в 1985 году. – М.: Наука, 1988. – С. 11–15.
8. **Кроноцкое землетрясение на Камчатке 5 декабря 1997 года.** – Петропавловск-Камчатский: Камч. гос. акад. рыбопромысл. флота, 1998. – 292 с.
9. **Katsumata K., Ichiyanag M., Miwa M., Kasahara M.** Aftershock distribution of the October 4, 1994  $M_w$  8.3 Kuril islands earthquake determined by a local seismic network in Hokkaido, Japan // Geophys. Research Letters. – 1995. – V.22. – №11. – P. 1321–1324.
10. **Lithospheric dynamics map of China and adjacent seas.** M: 1:4000000. Compiled by the Editorial Board of the Atlas on the Lithospheric Dynamics of China, State Seismological Bureau. Chief Compiler Ma Xinyuan. – 1986.
11. **EERI SPECIAL EARTHQUAKE REPORT.** – September 1997; <http://www.eeri.org/>
12. **Zakharova A.I., Poiggins S.G., Rogozhin E.A. and Starovoit O.E.** Earthquakes in Eurasia in 1995 // J. Earth. Pred. Res. – 1998. – V.7. – №2. – P. 196–214.
13. **Geological map of Japan and adjoining areas.** M: 1:4000000, Geological survey of Japan. Published by Aichi publishing company Ltd. Compiled by H. Noro, Ya. Murata and K. Nakajima. – 1992.
14. **Гаипов Б.Н., Голинский Г.Л., Петрова Н.В., Ильясов Б.И., Мурадов Ч.М., Рахимов А.Р., Безменова Л.В., Гарагозов Д., Ходжаев А., Баймурадов К., Рахманова М.С.** Боджнурдское землетрясение 4 февраля 1997 года с  $MS=6.6$ ,  $I_0=8$  (Копетдаг) // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ФОП, 2003. – С. 199–210.
15. **Machine-readable EDR.** – 1997.
16. **Rogozhin E.A.** The tectonic position and geological manifestations of the Ashkhabad, 1948, earthquake // Physics of the solid Earth. – 1994. – №9. – P. 3–14.
17. **Berberian M.** Contributions to the seismotectonics of Iran // Rep. Geol. Surv. – Iran, 1976. – 39 p.
18. **Современная динамика литосферы континентов. Подвижные пояса.** – М.: Недра, 1995. – 559 с.
19. **Тектоника Европы и прилегающих территорий.** – М.: Наука, 1982. – 628 с.
20. **Machine-readable EDR.** – 1998.
21. **Геология дна Филиппинского моря** / Под ред. А.В. Пейве. – М.: Наука, 1980. – 261 с.
22. **Berberian M.** Natural hazard and the first earthquake catalogue of Iran // Intern. Inst. Earth. Engeen. Seism. – 1994. – V.1. – 603 p.
23. **Desio A.** Tectonic relationship between the Karakorum, Pamir and Hindukush (Central Asia). Proceedings of Section 11, Himalayan and Alpine Orogeny // Report of IGC, 22 Session. – India, 1964. – P. 192–213.
24. **Карта разломов территории СССР и примыкающих стран.** / Под ред. А.В. Сидоренко – М.: Недра, 1978. – 24 листа.