

УДК 551.34

О ВОЗМОЖНОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ РЕАЛЬНОЙ ДИНАМИКИ ЗЕМНОЙ КОРЫ (НА ПРИМЕРЕ ЮЖНЫХ РАЙОНОВ САХАЛИНА И КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ)

© 2009 г. Т. К. Злобин, Л. Н. Поплавская, А. Ю. Полец

Представлено академиком Г.С. Голицыным 23.03.2009 г.

Поступило 17.02.3009 г.

Исследования механизмов очагов землетрясений позволяют оценить сеймотектонические деформации и подвижки, что является важным для изучения геодинамики и развития сейсмического процесса [1]. Это важно для острова Сахалин, где в последние годы ведутся активные работы по освоению нефтегазовых месторождений на шельфе и особенно актуально для Южных Курильских островов, где в настоящее время можно ожидать сильное землетрясение.

Для детального изучения сеймотектоники исследуемого региона мы построили глубинный разрез земной коры, проходящий через Южный Сахалин и Южные Курилы и рассмотрели положение гипоцентров, особенности напряженного состояния и типы сейсмодислокаций в очагах землетрясений на основе изучения их механизмов по Гарвардскому каталогу National Earthquake Information Center (NEIC) [2] в полосе профиля (рис. 1). В его пределах по сейсмическим данным выделено 17 тектонических разломных зон. Большинство из них соответствуют сейсмогенным зонам землетрясений в исследованный период (1980–2007 гг.). В западной части зоны I (южная часть Татарского пролива и о. Сахалин) установлен ряд землетрясений №№ 1–4, 6, 7, 9, квалифицированных как взброс. При этом сейсмическая граница с $V_r = 3.7–4.3$ км/с в восточной части блока I (170–220 км профиля) была поднята по разлому 1 на несколько километров относительно западного. Такое же расположение имеет нижележащая граница с $V_r = 6.1–5.1$ км/с, которая отождествляется с фундаментом осадочных отложений (кровлей гранитометаморфического слоя). Она поднята в восточном блоке с 6–8 до 5 км. Мы полагаем, что к поднятию восточного крыла относительно западного могли привести многократные взбросо-

вые подвижки по этому разлому за геологическое время [1].

Блок II (330–610 км профиля) в основном представлен Курильской котловиной и нижележащими под ней структурами земной коры. Здесь за рассмотренный период времени землетрясений не наблюдалось, и блок можно считать в основном асейсмичным.

Блок III (610–740 км профиля) отвечает антиклинальному поднятию Большой Курильской гряды, пересеченному профилем в районе о. Кунашир. Поднятие сопряжено с Кунаширским прогибом, ось которого отвечает 650 км профиля. Среди разломов западной части этого блока расположен глубинный разлом 8, пронизывающий всю мощность земной коры. В зоне этого разлома на глубине 15 км расположен гипоцентр землетрясения №16 (рис. 1, табл. 1).

В очаге события № 16 имела место подвижка типа поддвиг. Согласно построенной нами стереограмме (рис. 2а), пологая плоскость NP1 имеет падение на запад. При этом западное крыло поднялось и сдвинулось на юго-восток. Крутая плоскость NP2 имеет падение на восток. Вдоль нее восточное крыло опустилось и сдвинулось к югу. Отражение этих движений мы и видим на сейсмическом разрезе (рис. 1), где в области очага землетрясения № 16 граница K_2 , являющаяся поверхностью нижнего гранулитобазитового слоя коры, смещена по разлому, установленному по сейсмическим данным. При этом юго-восточное крыло поднято относительно северо-западного, направление смещения по разлому на северо-запад–юго-восток при вертикальной амплитуде перемещений около 2 км. Можно полагать, что в момент землетрясения нижний слой земной коры западного – большекурильского блока в междугорном проливе испытал поддвиг под юго-восточный – малокурильский блок. Следовательно, можно говорить о движении здесь с запада на восток, что согласуется с ранее предложенной нами [3] и другими авторами моделями о задуговом спрединге под Курильской котловиной, и конста-

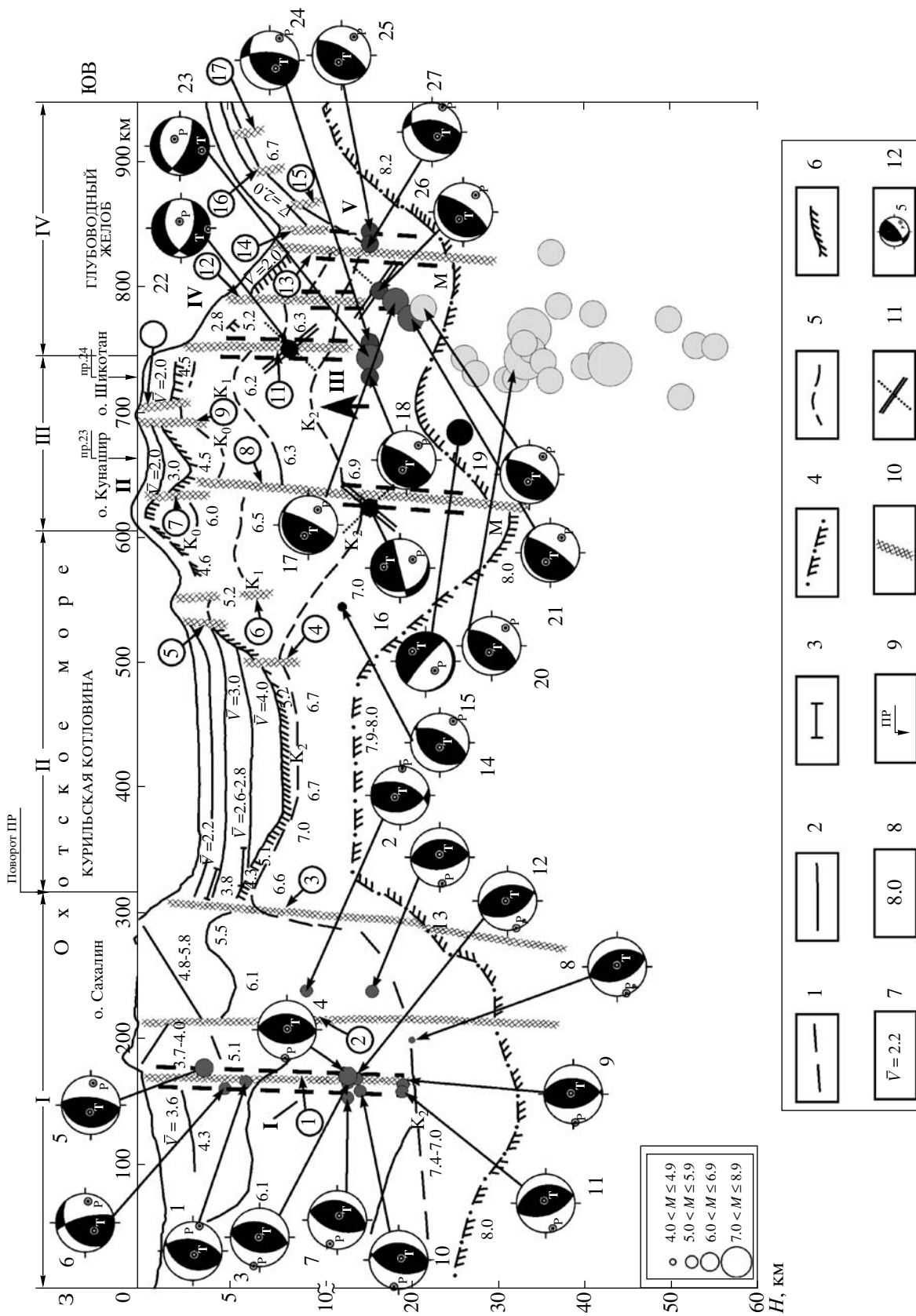


Рис. 1. Глубинный разрез земной коры по профилю Южный Сахалин–Южные Курилы по сейсмическим данным, гипоцентры землетрясений и их механизмы. 1–3 – сейсмические границы, по данным ГСЗ (1), МОВ ОГТ (2) и КМПВ (3); 4 – подшва земной коры (граница М); 5 – сейсмические границы по данным МОВЗ; 6 – поверхность земной коры; 7, 8 – средние (\bar{V}) и граничные (δ) скорости, км/с; 9 – поворот профиля; 10 – разломы; 11 – нодальные плоскости, ориентированные по простиранию (СТК), двойные линии – NP1, пунктир – NP2; 12 – механизмы очагов землетрясений и их номера. I–V – сейсмогенные зоны. Арабские цифры в кружках – номера разломов. Стрелкой показано движение блока между разломами 8 и 11 на 630–750 км профиля.

Таблица 1. Каталог механизмов очагов землетрясений по данным NEIC [2]

№ п.п.	Дата	T_0 , ч мин с	H , км	M_w	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Тип подвижки
					Т		N		P		NP1			NP2			
					PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP	
16	09.11.1988	23 30 0.9	15.0	5.2	40	4	20	256	43	146	162	20	-4	256	89	-110	поддвиг
17	09.03.1996	16 15 36.2	18	6	55	290	6	28	35	122	238	12	120	27	80	84	пологий надвиг
18	15.05.1989	19 24 31.5	15.0	5.2	57	292	8	34	32	129	243	15	120	32	77	82	пологий надвиг
19	23.02.1980	22 38 55.6	21.1	6.1	67	281	9	34	21	127	234	26	112	30	66	80	взброс
20	24.08.2002	18 40 58.7	33	6.1	69	289	6	36	20	128	228	26	104	33	65	83	взброс
21	09.03.1996	16 15 39.0	20	6.1	58	296	5	34	32	127	236	14	112	33	77	85	пологий надвиг
22	05.10.1994	20 37 29.3	8.0	5.9	6	182	20	274	69	78	251	43	-121	110	54	-64	сброс
23	05.10.1994	20 37 34.1	15	6	21	192	16	288	63	52	255	28	-127	115	68	-73	сброс
24	18.12.1994	11 40 47.5	15.0	5.1	59	234	25	16	16	114	236	36	136	4	66	62	взброс
25	07.05.1988	00 54 18.6	15.0	5.5	67	293	4	32	22	124	222	23	101	31	68	86	взброс
26	03.03.1980	17 19 28.8	16.1	5.3	65	301	2	35	25	126	220	20	95	35	70	88	пологий надвиг

тировать, что такие движения в глубинных слоях земной коры и в наше время.

На границе блоков III и IV (750 км профиля), отвечающей подножью приокеанского склона островной дуги (Малой Курильской гряды) в области разлома 11, установлено четыре землетря-

сения в земной коре (№№ 18, 22, 23, 24) и ряд событий в верхней мантии. Очаг самого верхнего из этих землетрясений (№ 22) располагался в средней части земной коры, в гранулитогнейсовом слое (границная скорость сейсмических волн по поверхности 6.2–6.3 км/с). Гипоцентр его нахо-

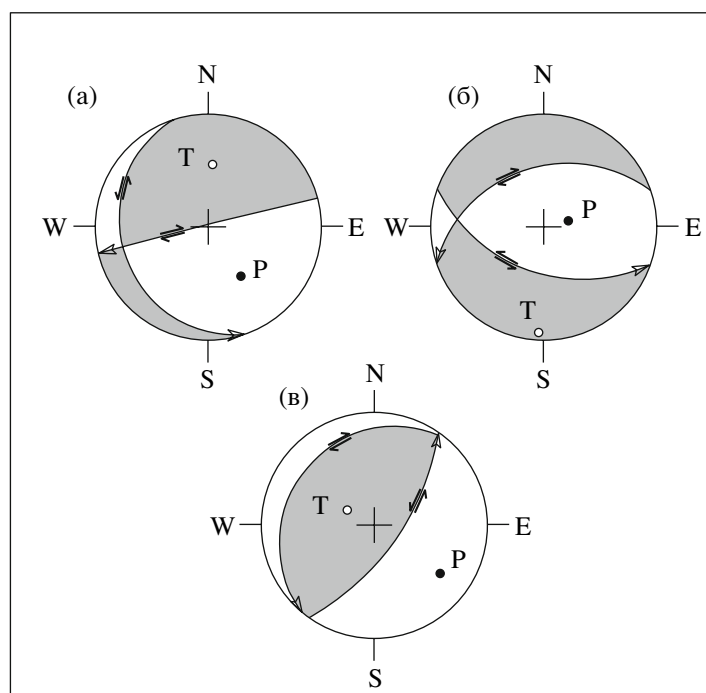


Рис. 2. Стереодиаграммы механизмов очагов землетрясений: а – № 16 на рис. 1 (09.11.1988 в 23^h30^m, $h = 15$ км, $M_w = 5.2$), сейсмодислокация – поддвиг; б – № 22 на рис. 1 (05.10.1994 в 20^h37^m, $h = 8$ км, $M_w = 5.9$), сейсмодислокация – сброс; в – № 26 на рис.1 (03.03.1880 в 0:17^h19^m, $h = 16$ км; $M_w = 5.3$), сейсмодислокация – пологий надвиг.

дился под этой границей, в зоне разлома 11, по которому юго-восточная часть сброшена относительно северо-западной на 2 км и более.

Согласно интерпретации механизма в очаге этого землетрясения произошел сброс (рис. 2б), что полностью соответствует смещению структуры вышележащей границы K_1 (рис. 1).

Такой же вид подвижек имел место и ниже по этому разлому, на глубинах 15 км в нижележащем гранулитно-базитовом слое, поверхностью которого является раздел K_2 . Согласно определению механизма очага землетрясения №23 (рис. 1), тип сейсмодислокаций в очаге здесь такой же, как у предыдущего, – сброс.

Восточнее гипоцентра этого землетрясения на той же глубине в зоне разлома находится гипоцентр землетрясения № 24 (рис. 1), тип подвижки в очаге – взброс. Оно произошло через два месяца после предыдущего сброса. Следовательно, можно говорить, что подвижки по этому разлому носили дифференцированный во времени характер, в целом сбросо-взбросовый. В результате общих сбросо-взбросовых смещений, как видно на рис. 1, породы в слое и поверхность K_2 вернулись практически в исходное положение.

В следующей сейсмогенной зоне IV расположен разлом 12 (рис. 1), выделенный ранее по сейсмическим данным. В зоне этого разлома были зафиксированы землетрясения №№ 26, 17, 21 и 19. Первым в этой серии было землетрясение № 19, произошедшее в низах коры. Сейсмодислокация в его очаге – взброс.

Вторым через 8 суток произошло землетрясение №26 (табл. 1, рис. 2в) в самой верхней части этой области на глубине около 16 км в нижнем (гранулитно-базитовом) слое земной коры. Тип сейсмодислокаций в очаге определен как пологий надвиг. Анализ всех параметров механизма по стереограмме (рис. 2в) показал следующее. Одна из нодальных плоскостей имеет падение на восток. Движение вдоль нее: восточное крыло поднялось и сдвинулось на север. Вторая имеет падение на запад. Движение вдоль плоскости: западное крыло поднялось и сдвинулось к северу. Другими словами, в обоих случаях висячие крылья поднялись и двигались к северу.

Третье землетрясение (№ 17) в этой области произошло лишь спустя 16 лет (табл. 1, рис. 1).

Здесь пологая плоскость NP1 имела падение на запад. Движение вдоль плоскости: западное крыло поднялось и сдвинулось на северо-восток. Альтернативная плоскость имела падение на восток. Движение вдоль плоскости: восточное крыло поднялось и сдвинулось на север (рис. 1, табл. 1). Таким образом, при землетрясении № 17 движение поднявшегося западного крыла было почти таким же (на северо-восток), как движение поднявшегося западного крыла по нодальной плоскости NP2 при землетрясении № 26 (на север). Далее, через 3 секунды в 16 ч 15 мин 39 с 09.03.1996 г. после землетрясения № 17 в этой же очаговой области произошло четвертое событие (№ 21) еще большей силы ($M_w = 6.1$), которое также было пологим надвигом.

Сейсмодислокации в разломной зоне 12 могут быть рассмотрены в динамике. Анализ их типов во времени показал, что сначала на глубине 21 км произошел взброс (№ 19). Взброшенное крыло поднялось. Затем в верхней части оно было смещено (надвинуто) вследствие пологого надвига. Медленные движения в этом направлении, по-видимому, продолжались. Соответствующие напряжения росли и спустя 16 лет в этой зоне опять произошли подвижки того же типа – пологого надвига, реализовавшиеся в результате землетрясения № 17 и последующего за ним еще более мощного толчка (№ 21), явившегося также пологим надвигом.

Таким образом, совместные исследования сейсмодислокаций в очагах землетрясений на основе детального анализа их механизмов, изучения положения во времени структурных границ на сейсмическом разрезе, геологической интерпретации слоев земной коры позволяют судить о сейсмотектонических подвижках, имевших место в блоках земной коры. Это особенно важно для сейсмоопасных и сейсмоактивных регионов и для изучения сейсмических процессов, физики и прогноза землетрясений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Злобин Т.К., Поплавская Л.Н., Левин Б.В. и др. // ДАН. 2008. Т. 419. № 6. С. 820–823.
2. <http://neic.usgs.gov>
3. Злобин Т.К. // Вестн. ДВО. 2006, № 1. С.26–32.