

КУРИЛО-ОХОТСКИЙ РЕГИОН

Т.А. Фокина¹, Д.А. Сафонов^{1,2}, Е.Н. Дорошкевич¹, В.И. Михайлов¹

¹Сахалинский филиал ГС РАН, г. Южно-Сахалинск, fokina@seismo.sakhalin.ru

²Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, d.safonov@imgg.ru

Региональная сеть и карта M_{\min} . Сеть сейсмических станций на территории Курило-Охотского региона в 2009 г., как и в предыдущие четырнадцать лет, состояла из трех станций: «Северо-Курильск» (SKR), «Курильск» (KUR) и «Южно-Курильск» (YUK) (рис. 1). Лишь в конце года, 28 ноября, на о. Шикотан была открыта станция «Малокурильское» (SHO) в рамках мероприятия № 18 Федеральной целевой программы «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в РФ до 2010 года». На станции «Курильск» 1 июня была установлена и запущена в опытную эксплуатацию цифровая станция UGRA, к сожалению, она проработала только до 20 октября и была отправлена на ремонт в ГС РАН (г. Обнинск).

На всех стационарных наблюдательных пунктах, где в последние годы была установлена цифровая аппаратура, а до этого стояла аналоговая, гальванометрические регистрационные каналы оставлены в работе. Исключение составила станция «Южно-Курильск», где после установки цифровой станции UGRA (в 2008 г.) и окончания периода ее опытной эксплуатации решением научно-технического совета СФ ГС РАН с 11 июля 2009 г. прекращены наблюдения аппаратурой с аналоговой формой записи сейсмографами СКМ-3 и СКД. Сведения о местоположении курильских станций и регистрирующей аппаратуре приведены в Приложении к наст. сб. [1].

Существующая сеть из четырех названных станций совместно со станциями Приамурья–Приморья [2] и Сахалина [3] обеспечила на значительной части территории Курило-Охотского региона регистрацию без пропусков землетрясений с расчетной магнитудой $M^P > 4.0$ ($K_C = 9$), а на территории Онекотан-Матуанского района и северо-восточной части Охотского моря без пропусков могут регистрироваться лишь события с $M^P \geq 4.5$ ($K_C \geq 10$). Значительно расширилась область надежной регистрации землетрясений с $M^P \geq 3.5$ ($K_C \geq 8$) на юго-востоке региона, теперь она простирается от середины о. Итуруп до северо-восточной части о. Хоккайдо. Карта магнитудной представительности в пределах границ Курило-Охотского региона показана на рис. 1.

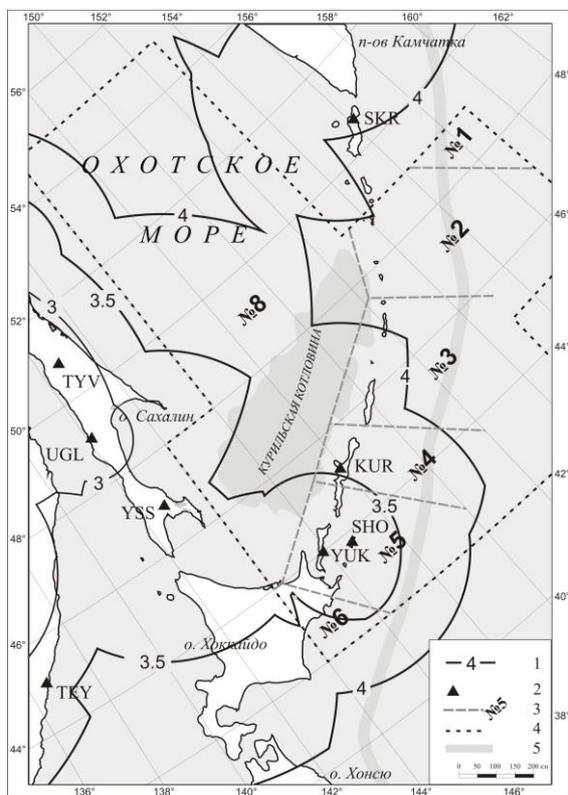


Рис. 1. Карта магнитудной представительности землетрясений M_{\min} Курило-Охотского региона в 2009 г.

1 – изолиния M_{\min} ; 2 – сейсмическая станция; 3 – граница и номер района соответственно; 4 – граница региона; 5 – ось глубоководного Курило-Камчатского желоба.

тудной представительности в пределах границ Курило-Охотского региона показана на рис. 1.

Методика обработки землетрясений, изложенная в [5–13], не изменилась. По-прежнему для определения параметров землетрясений региона привлекались инструментальные данные сейсмических станций Приамурья и Приморья [2] и Сахалина [3], а также бюллетени ГС РАН [14], JMA и ISC [15]. Границы региона остались в рамках изменений 2004 г., ко-

гда северо-восточная часть региона вошла в зону ответственности Камчатского филиала ГС РАН, а юго-восточная часть (о. Хоккайдо и Японское море) была исключена из зоны ответственности СФ ГС РАН, т.к. эта территория входит в Японию [16, 17]. Но небольшая восточная часть острова, отрезанная по меридиану $\lambda=144^\circ$ (рис. 1), осталась как район № 6.

Для расчета энергии землетрясений используются расчетные магнитуды M^p для всех землетрясений, кроме небольшой части мелкофокусных толчков, для которых берется региональное значение магнитуды MLH по стандартной методике [18], и в каталоге [19] реальных магнитуд MLH – 106 при общем количестве сейсмических событий $N=553$. Для всех остальных произведен пересчет (или из класса K_C , или из разных магнитуд MPV , $MPVA$, MSH , $MSHA$) по формулам связи магнитуд по объемным и поверхностным волнам С.Л. Соловьёва и О.Н. Соловьёвой из [10–12]:

– для событий с глубиной $h \leq 80$ км: $M=MLH$; $M^p=(K_C-1.2)/2$; $M^p=(MSH-1.71)/0.75$; $M^p=(MPV-2.5)/0.65$; $M^p=(MSHA-1.71)/0.75$; $M^p=(MPVA-2.5)/0.65$;

– для событий с $h > 80$ км: $M^p=(MSH-1.71)/0.75$; $M^p=(MPV-2.5)/0.65$; $M^p=(K_C-1.2)/2$; $M^p=(MSHA-1.71)/0.75$; $M=MLH$; $M^p=(MPVA-2.5)/0.65$.

Каталоги региона в 2009 г. Результаты обработки записей землетрясений, сбора сведений о знаках первых вступлений P -волн, о макросейсмических данных представлены в наст. сб. в четырех Приложениях на CD – это каталог всех землетрясений Курило-Охотского региона [19], каталог только ощутимых землетрясений с представлением всех пунктов ощутимости [20], каталог механизмов очагов некоторых землетрясений [21] и список названий населенных пунктов [22], в которых один или более раз отмечены сотрясения земной поверхности в 2009 г.

Приведем краткую характеристику каталогов и сравнение объемов информации в 2009 и 2008 гг.

В региональный каталог землетрясений [19] включены параметры 553 землетрясений (что на 19 событий меньше, чем в 2008 г. [23]). Из них гипоцентры 428 землетрясений (77% от общего числа) локализованы в верхнем глубинном интервале с $h \leq 80$ км, 107 (19%) – в промежуточном слое с $h=81-300$ км, а в нижнем интервале глубин $h > 300$ км зарегистрировано 18 землетрясений, т.е. менее 3%. Распределение всех землетрясений по глубине дано на рис. 2.

К ощутимым событиям в каталоге [19] отнесено 69 землетрясений, 23 из которых, представленных в [20], отмечены в населенных пунктах региона [22] и, возможно, в Японии, остальные 46 выявлены по данным ISC [15] и были ощутимы только в Японии (*ред.*). Соответственно, в каталоге [19] созданы две графы макросейсмических данных. Максимальный макросейсмический эффект на территории региона не превышал $I=4-5$ баллов [20]. Наибольшее число ощутимых землетрясений зафиксировано, как обычно, в диапазоне глубин $h=31-80$ км.

Механизмы очагов в 2009 г. определены по знакам первых смещений P -волн для 23 землетрясений Курило-Охотского региона [21], что в 2.3 раза меньше, чем в 2008 г. [4].

Карта эпицентров землетрясений Курило-Охотского региона в 2009 г. приведена на рис. 3. Как всегда, основная часть землетрясений располагается на западном склоне Курило-Камчатского глубоководного желоба, углубляясь в северо-западном направлении.

Самое сильное ($MLH=6.9$) мелкофокусное землетрясение (1) локализовано на глубине $h=41$ км в районе глубоководного желоба к востоку от о. Симушир 15 января в 17^h49^m . В населенных пунктах курильских островов и Камчатки оно ощущалось с интенсивностью от 2 до 4–5 баллов по шкале MSK-64 [24]. Самое сильное ($MPV=6.9$) землетрясение (17) с промежуточной глубиной гипоцентра $h=84$ км произошло 6 сентября в 13^h45^m в районе желоба, юго-восточнее о. Итуруп. Эпицентры глубоких ($h > 300$ км) землетрясений расположены в акватории Охотского моря (рис. 3). Самое сильное ($MSH=5.8$) из них (14) реализовалось 10 июля в 00^h49^m на глубине $h=382$ км.

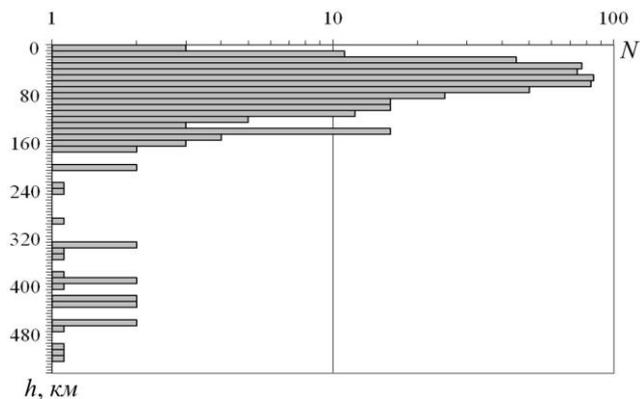


Рис. 2. Распределение землетрясений Курило-Охотского региона по глубине гипоцентра h , км

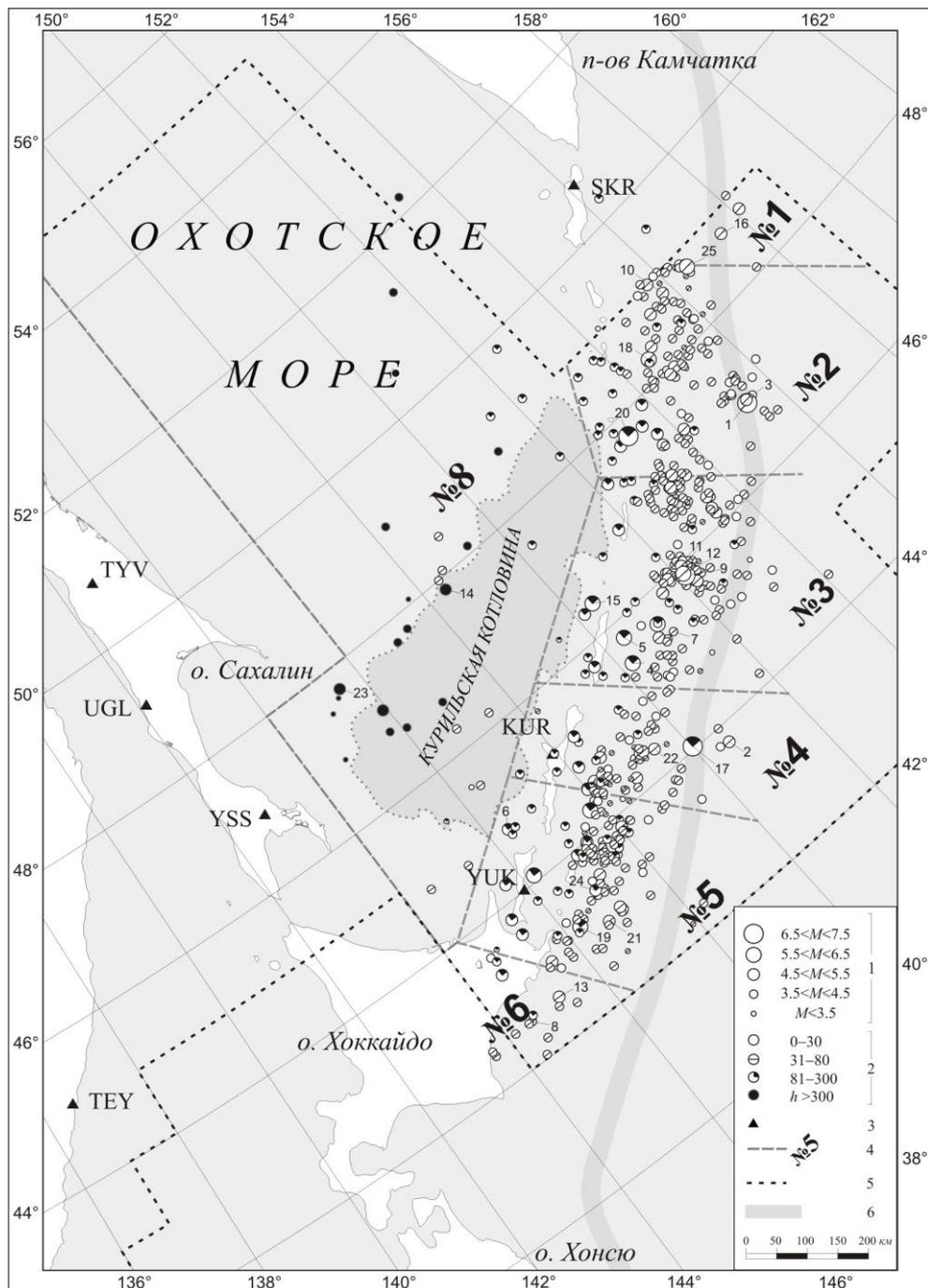


Рис. 3. Сейсмическая сеть и карта эпицентров землетрясений Курило-Охотского региона в 2009 г.

1 – магнитуда M ; 2 – глубина h гипоцентра, км; 3 – сейсмическая станция; 4 – граница и номер района соответственно; 5 – граница зоны ответственности сети СФ ГС РАН; 6 – ось глубоководного Курило-Камчатского жёлоба.

Сейсмичность региона. В табл. 1 и 2 даны распределения землетрясений по магнитудам в поверхностном ($h \leq 80$ км) и глубоком ($h \geq 81$ км) сейсмоактивных слоях в 2001–2009 гг.

Таблица 1. Число мелкофокусных ($h \leq 80$ км) землетрясений разных магнитуд и их суммарная сейсмическая энергия ΣE в Курило-Охотском регионе в 2001–2009 гг.

Год	M^p								N_{Σ}	N_{Σ} ($M > 4$)	ΣE 10^{12} Дж	ΣE 10^{12} Дж, ($M > 4$)
	≤ 4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	8				
2001	239	108	26	5	4		1		383	14	4362.23	4343.75
2002	217	85	10	2	3	1			318	101	734.72	717.02

Год	M^p								N_{Σ}	N_{Σ} ($M>4$)	ΣE 10^{12} Дж	ΣE 10^{12} Дж, ($M>4$)
	≤ 4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	8				
2003	256	140	33	15	9	2			455	199	1959.97	1937.82
2004	173	155	24	8	2	2	2		366	193	3887.31	3874.87
2005	150	79	16	2	2				249	99	242.22	230.36
2006	405	371	75	21	7	5	1	1	886	481	66766.49	66730.70
2007	545	283	49	8	4	1		1	891	346	89918.32	89877.22
2008	270	114	19	4	2	1			410	140	476.93	460.21
Сумма	2255	1335	252	65	33	12	4	2	3958	1703	168348.19	168171.95
Среднее	282	167	31.5	8	4	1.5	0.5	0.25	494.75	212.875	21043.52	21021.49
2009	316	88	15	4	2	2	1		428	112	2505.76	2489.66

Примечание. Распределение землетрясений по магнитудам построено для следующих диапазонов: $M=4$: $3.8 \leq M < 4.3$; $M=4.5$: $4.3 \leq M < 4.8$; $M=5$: $4.8 \leq M < 5.3$; $M=5.5$: $5.3 \leq M < 5.8$ и т.д.

Таблица 2. Число глубокофокусных ($h>80$ км) землетрясений разных магнитуд и суммарная сейсмическая энергия ΣE в Курило-Охотском регионе в 2001–2009 гг.

Год	M^p									N_{Σ}	N_{Σ} ($M>4$)	ΣE 10^{12} Дж	ΣE 10^{12} Дж, ($M>4$)
	≤ 4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	8	8.5				
2001	64	53	25	8	4	3	1			158	94	6087.98	6083.70
2002	64	53	32	11	3	2	1	1		167	103	65492.03	65487.96
2003	54	55	31	19	4		1			164	110	1479.57	1476.04
2004	25	21	24	13	3		1			87	62	1852.69	1851.02
2005	24	17	20	17	3	1				82	58	741.38	739.79
2006	16	22	48	31	4	2				123	107	1241.02	1240.30
2007	38	41	23	13	5	3	1			124	86	3851.16	3848.15
2008	79	46	14	18	3	1			1	162	83	380945.37	380939.56
Сумма	364	308	217	130	29	12	5	1	1	1067	703	461691.2	461666.52
Среднее	45.5	38.5	27	16	4	1.5	0.6	0.1	0.1	133	88	57711.4	57708.32
2009	70	28	12	10	3	2				125	55	1978.18	1973.28

По совокупности данных за 2009 г. построены графики повторяемости землетрясений M^p (рис. 4), из которых следует, что в рассматриваемом году и для поверхностных, и для глубоких землетрясений можно считать представительной магнитуду $M^p=4.0$. Но исходя из того, что в предыдущие восемь лет представительная магнитуда равнялась 4.5, дальнейший сравнительный анализ сейсмичности региона в 2009 г. проведен для землетрясений с $M^p \geq 4.5$.

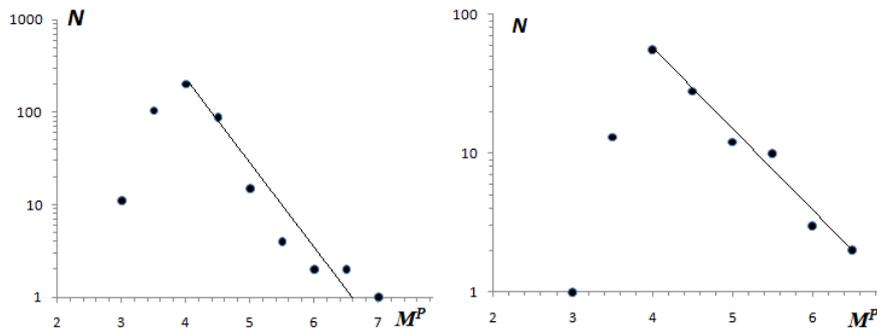


Рис. 4. Графики повторяемости для землетрясений из поверхностного (а) и глубокого (б) слоев за 2009 г.

Мелкофокусная сейсмическая активность в 2009 г. оставалась на среднем уровне (табл. 1 и рис. 5 а). Число землетрясений с $M^p \geq 4.5$ в 1.9 раза меньше среднего значения за 2001–2008 гг., меньше было лишь в 2002 и 2005 годах. Сейсмическая энергия, высвобожденная поверхностными очагами в 2009 г. ($E_{\Sigma}=2489.66 \cdot 10^{12}$ Дж), в 8.4 раза меньше среднего значения за предыдущие восемь лет.

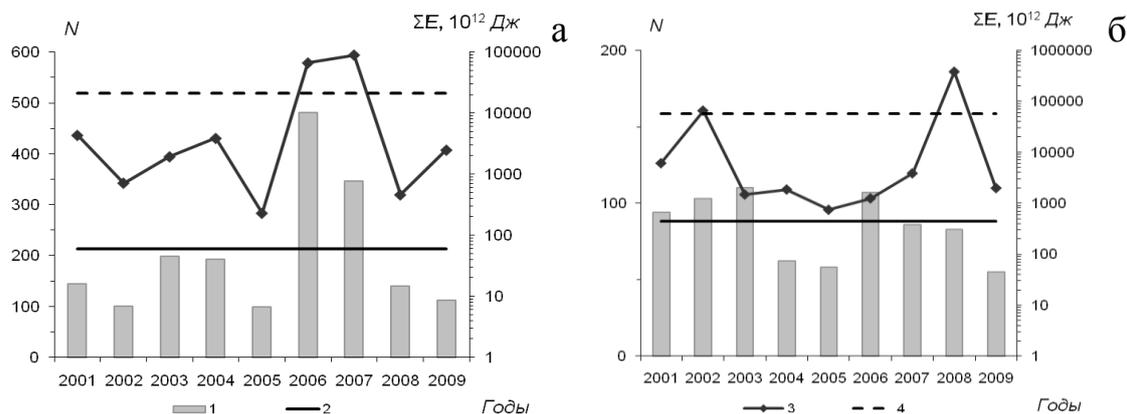


Рис. 5. Распределение числа мелкофокусных (а) и глубокофокусных (б) землетрясений с $M^p \geq 4.5$ и величины суммарной сейсмической энергии ΣE Курило-Охотского региона за 2001–2009 гг.

1 – число землетрясений N ; 2 – среднее число землетрясений по данным за 2001–2008 гг.; 3 – сейсмическая энергия ΣE ; 4 – средняя величина энергии за период 2001–2008 гг.

Продолжалась сейсмическая активность в очагах Симуширских землетрясений 15.11.2006 г. с $M_w=8.3$ и 13.01.2007 г. с $M_w=8.1$ [25], поэтому самыми сейсмоактивными были Симушир-Урупский и Онекотан-Матуанский районы (№ 3 и № 2 соответственно), где произошло землетрясение с $MLH=6.9$. Остальные районы продемонстрировали весьма умеренную активность (табл. 3).

Глубокофокусная ($h > 80$ км) сейсмическая активность испытала спад: число землетрясений с $M^p \geq 4.5$ в 1.6 раза ниже среднего значения за 2001–2008 гг., сейсмическая энергия, высвобожденная глубокофокусными очагами в 2009 г. ($E_{\Sigma} = 1973.28 \cdot 10^{12}$ Дж), почти в 30 раз меньше среднего значения за предыдущие восемь лет.

Из 69 ощутимых землетрясений [20] наибольшее их число ($N=39$) произошло в Кунашир-Шикотанском районе (№ 5), десять – в районе о. Хоккайдо (№ 6), по пять – в Симушир-Урупском (№ 3) и Северо-Итурупском (№ 4), по четыре – в Онекотан-Матуанском (№ 2) и в Охотском море (№ 8) и одно – в Парамуширском районе (№ 1) (табл. 4).

Таблица 3. Распределение землетрясений по магнитудам и суммарная сейсмическая энергия ΣE по районам Курило-Охотского региона в 2009 г.

№	Район	M^p								ΣN	$\Sigma E,$ 10^{12} Дж
		<4	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7		
<i>h ≤ 80 км</i>											
1	Парамуширский	2	4	1	1		1			9	47.1
2	Онекотан-Матуанский	24	51	22	5		1		1	104	1497.29
3	Симушир-Урупский	22	80	36	3	1		2		144	913.43
4	Северо-Итурупский	28	19	9	1	2				59	21.26
5	Кунашир-Шикотанский	33	39	15	5					92	19.35
6	Восток о. Хоккайдо	2	4	4		1				11	6.91
8	Охотское море	2	4	1	1		1			9	0.41
	Всего	115	201	88	15	4	2	2	1	428	2505.76
<i>h > 80 км</i>											
1	Парамуширский	1	1							2	0.15
2	Онекотан-Матуанский	1	14	3	2			1		21	603.95
3	Симушир-Урупский	2	16	4	2	4	2			30	351.9
4	Северо-Итурупский	2	1	7	3	1		1		15	916.62
5	Кунашир-Шикотанский	2	12	9	3	3	1			30	82.04
6	Восток о. Хоккайдо		2		1					3	3.99
8	Охотское море	6	10	5	1	2				24	19.54
	Всего	14	56	28	12	10	3	2		125	1978.18

Таблица 4. Распределение землетрясений по интервалам глубины h , максимальные значения интенсивности сотрясений I_{\max} , энергетического класса $K_{C\max}$ и магнитуд MLH , MSH в районах Курило-Охотского региона

№	Район	h км	N_{Σ}	$N_{\text{ощут.}}$	I_{\max}	$K_{C\max}$	M_{\max}	
							MLH	MSH
1	Парамуширский	0–30	2			12.1	4.7	6.0
		31–80	7	1	2	12.0	5.9	6.0
		81–110	2			9.6		
2	Онекотан-Матуанский	0–30	19			9.7	4.2	
		31–80	85	3	4–5	12.9	6.9	7.6
		81–167	21	1	2–3	12.2	5.5	6.7
3	Симушир-Урупский	0–30	15			11.9	5.1	5.6
		31–80	129	3	III (5)	13.8	6.7	7.1
		81–209	30	2	2–3	12.3	4.3	6.4
4	Северо-Итурупский	0–30	11			9.2		
		31–80	48	2	3	12.4	5.4	5.7
		81–157	15	3	3–4	11.2	4.6	5.4
5	Кунашир-Шикотанский	0–30	10	2	II	10.2		
		31–80	82	25	III (5)	11.2	5.2	5.6
		81–161	30	13	III (5)	11.7	4.2	5.7
6	О. Хоккайдо	0–30	1	1	IV (6–7)	9.6	4.3	5.7
		31–80	10	7	IV (6–7)	10.8	5.3	6.2
		81–110	3	2	IV (6–7)	10.8	4.2	5.6
8	Охотское море	0–30	1			7.9		
		31–80	8	2	II (3–4)	9.8		
		81–525	24	2	I (1–2)	12.3	4.8	5.8

Представление о вариациях сейсмического режима в отдельных районах Курило-Охотского региона можно получить из анализа табл. 5 и рис. 7, где приведены ежегодные числа землетрясений и величина сейсмической энергии в каждом из районов за 2001–2009 гг. Сопоставление параметров сейсмичности проведено для землетрясений с магнитудой $M^p \geq 4.5$.

Таблица 5. Число землетрясений с $M^p \geq 4.5$ и их суммарная сейсмическая энергия по некоторым районам Курило-Охотского региона за 2001–2009 гг.

Год	Район									
	№ 2		№ 3		№ 4		№ 5		№ 8	
	N_{Σ}	ΣE								
$h \leq 80$ км										
2001	12	50.19	21	79.76	38	4078.94	35	69.10	1	0.25
2002	12	40.79	16	5.98	21	510.43	26	95.72		
2003	17	101.79	15	13.08	31	89.03	28	50.75		
2004	23	416.02	28	21.47	32	147.53	65	2047.56		
2005	12	87.63	20	18.18	17	6.89	25	13.42		
2006	220	1084.34	199	65584.81	18	16.97	38	1.58		
2007	130	89572.74	143	238.91	32	26.96	32	27.88	1	0.50
2008	24	24.61	58	400.13	24	9.97	27	19.18		
Сумма	450	91378.11	500	66362.32	213	4886.72	276	2325.19	2	0.75
Среднее	56.25	11422.26	62.5	8295.29	26.6	610.84	34.5	290.65	0.25	0.09
2009	29	1493.13	42	907.55	12	19.64	20	15.76	1	0.18
$h > 80$ км										
2001	5	710.14	17	357.56	10	12.79	13	4005.37	27	880.33
2002	13	1426.10	10	89.16	17	19.09	17	435.59	21	63315.52
2003	11	17.76	20	67.88	5	15.29	21	75.60	13	55.21
2004	5	32.49	13	1508.37	10	88.04	16	66.29	13	119.44
2005	1	0.7	12	213.06	8	50.72	18	346.75	15	123.81

Год	Район									
	№ 2		№ 3		№ 4		№ 5		№ 8	
	N_{Σ}	ΣE								
2006	21	161.78	35	195.34	10	374.35	24	118.5	12	360.32
2007	6	17.50	33	3206.19	5	192.28	27	410.94	13	19.73
2008	12	42.91	29	169.90	8	34.82	17	330.38	12	380353.02
Сумма	74	2409.38	169	5807.46	73	787.38	153	5789.42	126	445227.38
Среднее	9.25	301.17	21.1	725.93	9.1	98.42	19.1	723.68	15.75	55653.42
2009	6	602.76	12	350.76	12	916.51	16	80.87	8	18.53

Примечание. Суммарная энергия в табл. 5 дана в единицах $E, 10^{12}$ Дж.

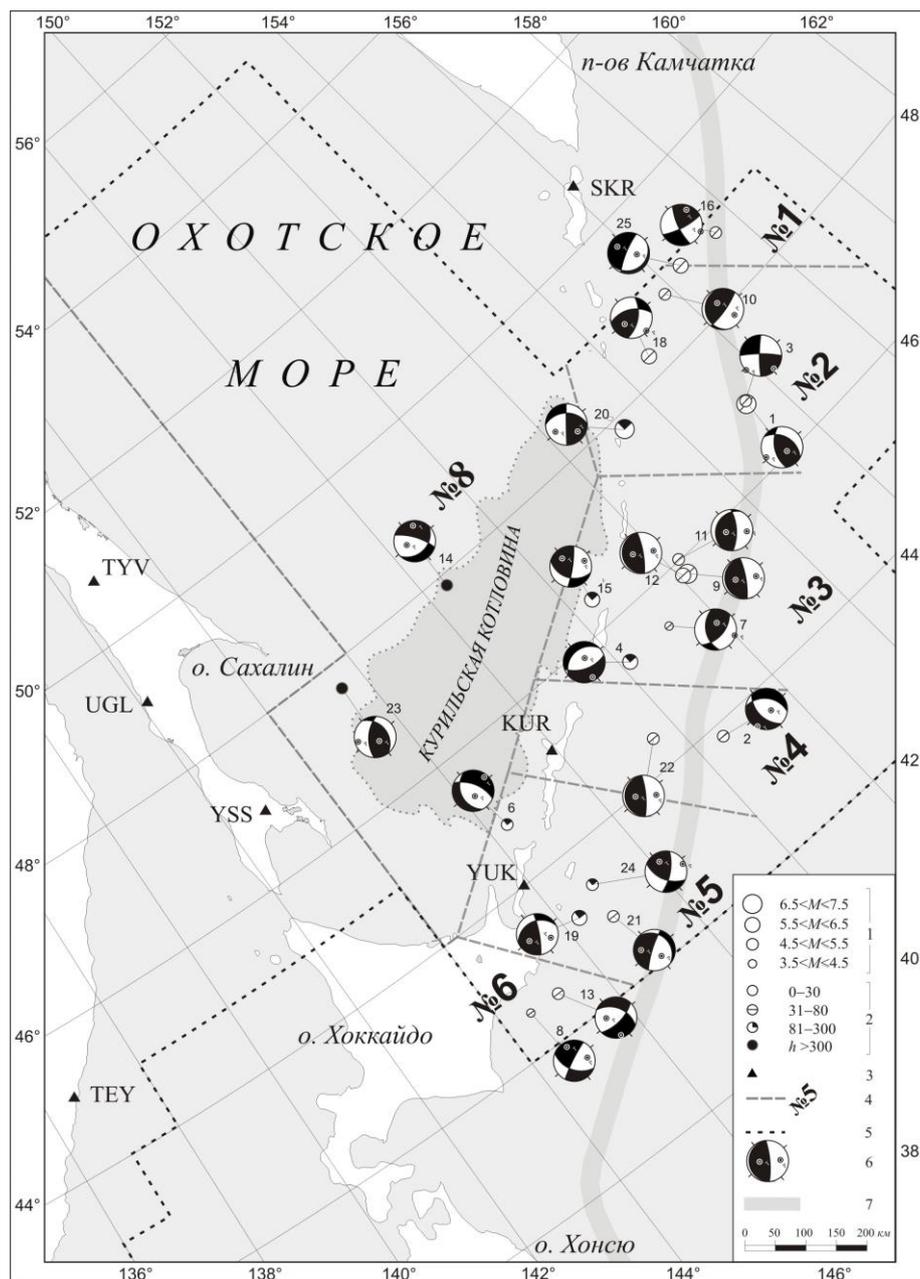


Рис. 6. Эпицентры землетрясений Курило-Охотского региона в 2009 г., для которых определены механизмы очагов

1 – магнитуда M^P ; 2 – глубина h гипоцентра, км; 3 – сейсмическая станция; 4 – граница и номер района; 5 – граница зоны ответственности сети СФ ГС РАН; 6 – стереограмма механизма очага землетрясения в проекции на нижнюю полусферу, зачернены области сжатия; 7 – ось глубоководного Курило-Камчатского желоба.

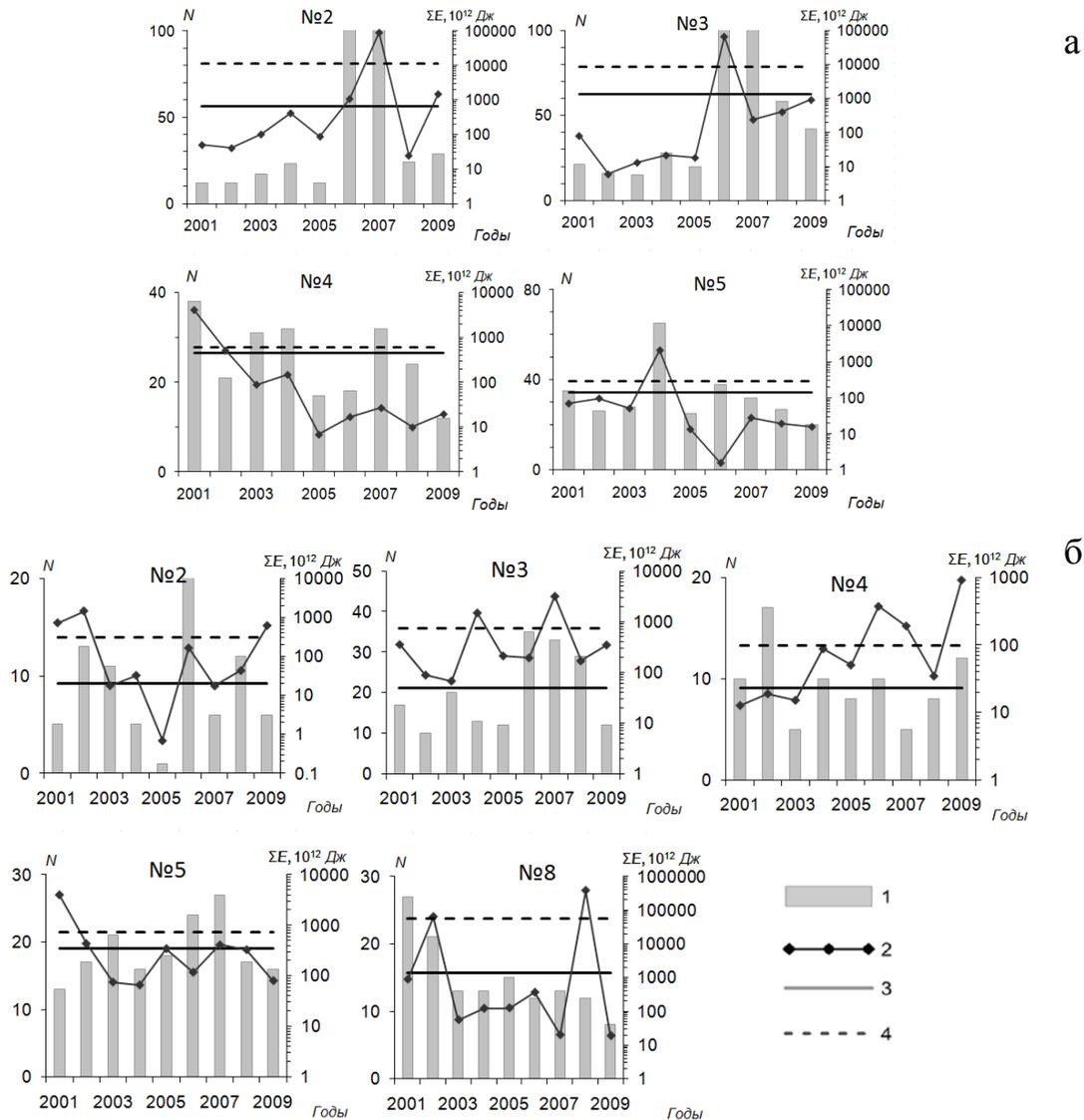


Рис. 7. Распределение ежегодных чисел землетрясений с $M^P \geq 4.5$ и величины суммарной сейсмической энергии ΣE в поверхностном (а) и глубоком (б) слое по районам Курило-Охотского региона в 2001–2009 гг.

1 – число землетрясений N ; 2 – сейсмическая энергия ΣE ; 3, 4 – среднее значение числа землетрясений и сейсмической энергии по данным за 2001–2008 гг.

Сейсмичность районов региона. Рассмотрим особенности сейсмического процесса в каждом из семи районов Курило-Охотского региона.

В **Парамуширском районе (№ 1)** зарегистрировано девять мелкофокусных землетрясений и два с промежуточными ($h=84$ и 110 км) глубинами. Макросейсмический эффект проявилось одно землетрясение, произошедшее 22 февраля в 10^h33^m , оно составило $I=2$ балла в г. Северо-Курильск ($\Delta=252$ км). Для двух землетрясений (16 и 25) определены механизмы очагов: в первом отмечен сдвиговый тип сейсмодислокации, во втором – сбросовый.

На территории **Онекотан-Матуанского (№ 2)** и **Симушир-Урупского (№ 3)** районов продолжался афтершоковый процесс Симуширских землетрясений, произошедших 15.11.2006 г. ($MLH=8.0$) и 13.01.2007 г. ($MLH=8.1$), эпицентры которых располагались на границе районов № 2 и № 3, и область афтершоков распространилась на значительный объем двух смежных районов [25].

15 января в 17^h49^m здесь на глубине $h=41 \pm 8$ км произошло сильное ($MLH=6.9$) землетрясение (1), эпицентр которого находился в районе глубоководного Курило-Камчатского жолоба, в южной части Онекотан-Матуанского района. Оно ощущалось в 29 населенных пунктах Камчатки и Курильских островов, максимальная интенсивность составила $I=4-5$ баллов в

РНС Подгорная и г. Северо-Курильск ($\Delta=400$ и 456 км соответственно) [20]. Механизм очага взбросовый с небольшой сдвиговой компонентой, при этом более крутая ($DP=58^\circ$) нодальная плоскость $NP2$ юго-западного ($STK=208^\circ$) простириания параллельна островной дуге, а альтернативная нодальная плоскость $NP1$ имеет север-северо-западное ($STK=340^\circ$) простириание и более пологое ($DP=42^\circ$) падение. 22 января в 05^h09^m в очаговой зоне этого землетрясения зарегистрировано еще одно событие (3) с $MLH=5.0$, механизм которого удалось определить, однако тип сейсмодислокации в очаге афтершока оказался сдвиговым [21].

Таким образом, сейсмическая активность в Онекотан-Матуанском районе в поверхностном слое ($h<80$ км) возросла, но не достигла средних значений за период 2001–2008 гг. ни по числу землетрясений, ни по уровню суммарной сейсмической энергии (табл. 5, рис. 7 а).

В слое $h=81-167$ км зарегистрировано шесть землетрясений с $M^p \geq 4.5$, что в 1.5 раза меньше среднего значения за период 2001–2008 гг., но суммарная сейсмическая энергия в 2 раза выше среднего значения за указанный период (табл. 5, рис. 7 б). Самое сильное ($MSH=5.7$) землетрясение (20) произошло 10 октября в 21^h24^m на глубине $h=106 \pm 16$ км. Для него определен механизм очага: одна из нодальных плоскостей ($NP2$) вертикальна ($DP=90^\circ$) и простирается параллельно островной дуге ($STK=219^\circ$), плоскость $NP1$ – пологая ($DP=40^\circ$), имеет северо-западное ($STK=309^\circ$) простириание и падает на северо-восток [21].

В Симушир-Урупском районе (№ 3) зарегистрировано 42 мелкофокусных землетрясений с $M^p \geq 4.5$, что в 1.5 раза меньше среднего значения за период 2001–2008 гг., а суммарная сейсмическая энергия в девять раз меньше среднего значения за указанный период (табл. 5, рис. 7 а).

Самое сильное ($MLH=6.7$) в районе мелкофокусное землетрясение (9) произошло 7 апреля в 04^h23^m . Движение в очаге этого землетрясения – пологий надвиг по близгоризонтальной ($DP=6^\circ$) плоскости, падающей под островную дугу, а субвертикальная плоскость – наклонена в сторону Тихого океана.

Удалось определить механизмы очагов двух афтершоков в очаговой зоне этого землетрясения, произошедших 17 апреля в 14^h51^m и 18 апреля в 19^h17^m с $MLH=5.3$ и $MLH=6.3$ соответственно. В их очагах тип подвижки оказался надвиговым, подобным механизму очага первого землетрясения [21].

В слое $h=81-209$ км зарегистрировано 12 землетрясений с $M^p \geq 4.5$, что в 1.8 раза меньше среднего значения за период 2001–2008 гг., суммарная сейсмическая энергия в 2 раза меньше среднего значения за этот период (табл. 5, рис. 7 б).

Два самых сильных землетрясения (4 и 5) с одинаковой магнитудой $MSH=6.4$ в промежуточном ($h=117 \pm 8$ км и $h=123 \pm 2$ км) слое произошли 11 и 22 февраля в 05^h52^m в 23^h22^m соответственно. Для первого из них (4) определен механизм очага [21], тип сейсмодислокации – сбросовый, с субширотным простирианием нодальных плоскостей.

Землетрясения, происходящие на Средних Курилах, как правило, на флангах Курильской гряды не ощущаются. В 2009 г. отмечено пять ощутимых землетрясений с эпицентрами в Симушир-Урупском районе. Максимальная интенсивность на территории Курильских островов не превышала 3–4 баллов, но есть сведения о макросейсмических проявлениях на территории Японии для землетрясений (9 и 12) 7 и 18 апреля с $MLH=6.7$ и 6.3 соответственно. Оба они ощущались на о. Хоккайдо с интенсивностью $I=III$ по шкале JMA [26], или $I=5$ баллов по шкале MSK-64 [24]. Напомним принятое в [27] приближенное соответствие этих двух шкал: I JMA \rightarrow 1–2 балла MSK-64; II \rightarrow 3–4; III \rightarrow 5; IV \rightarrow 6–7; V \rightarrow 8; VI \rightarrow 9–10; VII \rightarrow 11–12 баллов.

В Северо-Итурупском районе (№ 4) мелкофокусная сейсмическая активность несколько повысилась, продолжая оставаться на низком уровне: на глубине $h \leq 80$ км произошло 12 землетрясений, что в 2.2 раза меньше среднего значения за период 2001–2008 гг., сейсмическая энергия в 31 раз меньше среднегодового значения (табл. 6, рис. 6 а). В то же время в интервале глубины $h=81-157$ км зарегистрировано тоже 12 землетрясений, что в 1.3 раза больше среднегодового числа за 2001–2008 гг., и суммарная сейсмическая энергия почти на порядок больше среднегодового значения (табл. 5, рис. 7 б).

Для двух землетрясений (2 и 22) Северо-Итурупского района определены механизмы очагов. Первое из них, произошедшее 17 января в 08^h38^m с эпицентром на внешнем склоне глубоководного желоба, классифицируется как сброс с небольшой сдвиговой компонентой, второе, зарегистрированное 13 октября в 10^h15^m с эпицентром на внутреннем склоне желоба, – как пологий надвиг [21].

Макросейсмический эффект проявили пять землетрясений, интенсивность сотрясений на территории Курило-Охотского региона не превышала 3–4 баллов.

В Кунашир-Шикотанском районе (№ 5) сейсмическая активность также оставалась на невысоком уровне, как в поверхностном, так и в глубоком слое. Число мелкофокусных землетрясений ($N=20$) в 1.7 раза, а величина сейсмической энергии почти в 20 раз ниже среднегодовых значений, рассчитанных для этого района по данным 2001–2008 гг. (табл. 5, рис. 7 а).

В глубоком слое число землетрясений ($N=16$) сравнимо со среднегодовым значением ($N=19$), а величина сейсмической энергии в 8.9 раза меньше среднего значения за указанный период (рис. 7 б).

Самое сильное ($MLH=6.2$) мелкофокусное землетрясение (21) в районе произошло 11 октября в 01^h12^m на глубине $h=38\pm 7$ км. Механизм его очага можно классифицировать как пологий сброс, поскольку одна из его плоскостей $NP1$ субвертикальна ($DP=81^\circ$), а вторая $NP2$ полого ($DP=22^\circ$) падает на восток [21].

12 землетрясений ощущались в населенных пунктах Кунашир-Шикотанского района, интенсивность сотрясений не превышала 4 баллов (табл. 4). Более интенсивные сотрясения (до III (5) баллов) наблюдались на территории Японии [20].

Восток о. Хоккайдо (№ 6) составляет лишь малую часть прежней территории района до 2004 г., в связи с чем, сопоставления параметров сейсмического режима с данными 2001–2008 гг. не проводится.

Здесь в верхнем интервале глубины $h\leq 80$ км было зарегистрировано 11 землетрясений с магнитудой $M^p\leq 5.3$, в интервале глубины $h=81-110$ км – три землетрясения с $M^p\leq 5.19$ (табл. 3).

10 землетрясений проявили макросейсмический эффект, который в Японии достигал IV (6–7) баллов, на Курильских островах не превышал 2–3 баллов [20].

В Охотском море (№ 8) отмечено три мелкофокусных землетрясения, в глубоком слое ($h>80$ км) зарегистрировано восемь землетрясений с $M\geq 4.5$, что в 2 раза меньше среднего значения за период 2001–2008 гг. При этом суммарная сейсмическая энергия более чем на три порядка меньше среднего значения за указанный период (табл. 5, рис. 7).

Четыре землетрясения ощущались в Японии с интенсивностью до II (3–4) баллов [19], на территории России макросейсмический эффект замечен не был.

Механизмы очагов определены для двух глубокофокусных землетрясений (14 и 23): первое из них, произошедшее 10 июля в 00^h49^m, имеет сбросо-сдвиговый тип сейсмодислокации, реализовавшийся в условиях северо-восточного субгоризонтального растяжения. Второе (26 октября в 23^h50^m), напротив, взбросовое, и произошло в условиях северо-восточного горизонтального сжатия [21], хотя для таких глубоких событий описание сейсмодислокации в терминах, применяемых для коровых землетрясений, не вполне корректно.

В целом для 2009 г., исходя из полученных вариантов решений механизмов очагов землетрясений, сложно выделить общие тенденции сеймотектонической обстановки. Для коровых и верхнемантийных землетрясений с эпицентрами за островной дугой по-прежнему прослеживается тенденция, когда одна из нодальных плоскостей или обе параллельны островной дуге. Также ожидаемым является преобладание взбросовых и надвиговых типов сейсмодислокаций среди определенных механизмов очага (13 из 25), хотя доля сбросовых механизмов в этом году (8 из 25) довольно велика.

Л и т е р а т у р а

1. Михайлов В.И. (сост.). Сейсмические станции Курило-Охотского региона в 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
2. Михайлов В.И. (сост.). Сейсмические станции Приамурья и Приморья в 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
3. Михайлов В.И. (сост.). Сейсмические станции Сахалина в 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
4. Фокина Т.А., Сафонов Д.А., Дорошкевич Е.Н., Михайлов В.И. Курило-Охотский регион // Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 183–194.
5. Поплавская Л.Н., Бобков А.О., Кузнецова В.Н., Нагорных Т.В., Рудик М.И. Принципы формирования и состав алгоритмического обеспечения регионального центра обработки сейсмологических наблюдений (на примере Дальнего Востока) // Сейсмологические наблюдения на Дальнем Востоке СССР. Методические работы ЕССН. – М.: Наука, 1989. – С. 32–51.

6. Миталёва Н.А., Бойчук А.Н. Землетрясения Курило-Охотского региона // Землетрясения в СССР в 1985 году. – М.: Наука, 1988. – С. 144–154.
7. Поплавская Л.Н., Миталёва Н.А., Бобков А.О., Бойчук А.Н., Рудик М.И. Землетрясения Курило-Охотского региона // Землетрясения в СССР в 1990 году. – М.: Наука, 1996. – С. 91–100.
8. Аптекман Ж.Я., Желанкина Т.С., Кейлис-Борок В.И., Писаренко В.Ф., Поплавская Л.Н., Рудик М.И., Соловьёв С.Л. Массовое определение механизмов очагов землетрясений на ЭВМ // Теория и анализ сейсмологических наблюдений (Вычислительная сейсмология; Вып. 12). – М.: Наука, 1979. – С. 45–58.
9. Тараканов Р.З., Ким Чун Ун, Сухомлинова Р.И. Закономерности пространственного распределения гипоцентров Курило-Камчатского и Японского регионов и их связь с особенностями геофизических полей // Геофизические исследования зоны перехода от Азиатского континента к Тихому океану. – М.: Наука, 1977. – С. 67–75.
10. Соловьёв С.Л., Соловьёва О.Н. Скорость колебания земной поверхности в объемных волнах неглубокофокусных Курило-Камчатских землетрясений на расстояниях до 17° // Физика Земли. – 1967. – № 1. – С. 37–60.
11. Соловьёв С.Л., Соловьёва О.Н. Соотношение между энергетическим классом и магнитудой Курильских землетрясений // Физика Земли. – 1967. – № 2. – С. 13–23.
12. Соловьёва О.Н., Соловьёв С.Л. Новые данные о динамике сейсмических волн неглубокофокусных Курило-Камчатских землетрясений // Проблемы цунами. – М.: Наука, 1968. – С. 75–97.
13. Вермишева Л.Ю., Гангнус А.А. Применение типизации подвижек в очагах землетрясений для решения сейсотектонических задач // Физика Земли. – 1977. – № 3. – С. 103–109.
14. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2009 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2009–2010. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2009/.
15. International Seismological Centre. On-Line Bulletin // International Seismological Centre [сайт]. [2012]. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>.
16. Фокина Т.А., Дорошкевич Е.Н., Нагорных Т.В., Сафонов Д.А. Курило-Охотский регион // Землетрясения Северной Евразии, 2004 год. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – С. 180–187.
17. Габсатарова И.П. Границы сейсмоактивных регионов с 2004 г. // Землетрясения России в 2004 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 139.
18. Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР. – М.: Наука, 1982. – 272 с.
19. Дорошкевич Е.Н. (отв. сост.), Пиневиц М.В., Швидская С.В. (сост.). Каталог землетрясений Курило-Охотского региона за 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
20. Фокина Т.А., Дорошкевич Е.Н. (отв. сост.). Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населенных пунктах Курило-Охотского региона и прилегающих территорий в 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
21. Сафонов Д.А. (отв. сост.), Гладырь Ж.В. (сост.). Каталог механизмов очагов землетрясений Курило-Охотского региона за 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
22. Дорошкевич Е.Н., Пойгина С.Г. (сост.). Сведения о пунктах, для которых имеется информация о макросейсмических проявлениях ощутимых землетрясений Курило-Охотского региона в 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
23. Дорошкевич Е.Н. (отв. сост.), Брагина Г.И., Гладырь Ж.В., Пиневиц М.В. (сост.). Каталог землетрясений Курило-Охотского региона за 2008 г. ($N=572$). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
24. Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
25. Рогожин Е.А., Левина В.И. Симуширские землетрясения 15 ноября 2006 г. (I) и 13 января 2007 г. (II) с $M_w=8.3$ и $M_w=8.1$ (Средние Курилы) // Землетрясения Северной Евразии, 2007 год. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – С. 326–338.
26. Hisada T., Nakagawa K. Present Japanese Development in Engineering Seismology and their Application to Buildings. – Japan, 1958.
27. Миталёва Н.А. (отв. сост.), Брагина Г.И., Пиневиц М.И., Шолохова А.А., Садчикова А.А., Левит Е.В. Курило-Охотский регион // Землетрясения Северной Евразии в 1993 году. – М.: ГС РАН, 1999. – С. 195–211.