

**ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ КУРИЛО-ОХОТСКОГО РЕГИОНА**

Н.А.Миталева, Л.Н.Поплавская, М.И.Рудик, С.В.Клещенко, Т.А.Фокина

Региональная сеть сейсмических станций, методика обработки и схема деления региона на отдельные сейсмоактивные районы остались прежними [1 -3].

Всего в 1992 г. определены параметры 739 землетрясений с  $MLH > 4.0$ ,  $K_c > 9$ . Распределение их в пространстве, по макросейсмическому эффекту, по магнитуде, а также по величине высвобожденной сейсмической энергии представлено в табл. 1-3 и на рис. 1 (на вкл.). На глубинах  $h=0-80$  км отмечено около 78% общего числа сейсмических событий, из них 58% - с  $h=30-40$  км. Сейсмическая энергия текущего года меньше чем в 1991 г. [4].

**Таблица 1.** Распределение числа землетрясений по магнитуде и суммарная сейсмическая энергия по районам

Р-н	Представительный уровень $M_0$	MLH							$E * 10^{13}$ , Дж
		4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	
Неглубокофокусные землетрясения ( $h = 0-80$ км)									
1	5	40	14	1	0	0	0	0	1.283
2	5	42	17	3	3	0	0	0	6.443
3	4.5	137	35	5	3	0	0	0	8.410
4	4.5	85	34	1	4	1	1	0	36.641
5	4.5	78	25	0	0	1	0	0	5.126
6	4.5	30	12	3	0	0	0	0	1.777
7	5	0	0	0	0	0	0	0	0.000
8	5	0	0	0	0	0	0	0	0.000
Всего:		417	137	13	10	2	1	0	59.679
Глубокофокусные землетрясения ( $h > 80$ км)									
1	5	3	1	0	0	0	0	0	0.045
2	5	7	3	0	0	0	0	0	0.212
3	4.5	12	8	1	0	0	0	0	0.740
4	4.5	7	2	1	0	0	0	0	0.223
5	4.5	32	1	1	0	0	0	0	0.321
6	4.5	24	6	0	0	0	0	0	0.344
7	5	5	5	2	1	0	0	0	1.749
8	5	10	12	12	1	2	0	0	11.904
Всего:		100	38	17	2	2	0	0	15.538

Примечание. Энергетический класс переводился в магнитуду с помощью соотношения  $K_c = 1.2 + 2MLH$ ; для глубины  $h > 80$  км магнитуда  $MSH$  переводилась в  $MLH$  с использованием уравнения  $MSH = 1.71 + 0.75MLH$  и введением поправки за глубину очага.

**Таблица 2.** Распределение числа землетрясений и макросейсмического эффекта по глубине очага

Р-н	Глубина $h$ , км	Число землетрясений	Число ощути-мых зем-ий	Максималь-ный балл	$MLH_{max}$	$MSH_{max}$
	2	3	4	5	6	7
1	0- 30	23	1	2	4.4	
	31- 80	36	3	3-4	4.5	
	81-140	4				(5.9)
2	0- 30	40			5.7	5.9
	31- 80	25			5.2	6.0
	81-160	10			4.5	5.6
3	0- 30	114			4.6	5.4
	31- 80	66			5.6	6.2

	81-185	21				(5.9)
4	0- 30	75			5.6	6.0
	31- 80	52	4	4-5	6.4	6.6
	81-150	10	1	2-3		(5.9)

Продолжение						
1	2	3	4	5	6	7
5	0- 30	28	1	3-4	4.5	4.8
	31- 80	77	25	6-7	4.5	6.2
	81-225	34	2	5		4.7
6	0- 30	2	1	3-4	4.4	
	31- 80	42	11	6-7	4.9	5.7
	81-240	30	4	3-4	4.4	(5.5)
7	0- 30	0				
	31- 80	0				
	81-365	13				4.8
8	0- 30	0			4.2	
	31- 80	0				
	81-575	37	1	2	4.9	6.2

Примечание. В скобках - значение магнитуды по аппаратуре СКМ

Таблица 3. Распределение числа землетрясений Курило-Охотского региона по глубине очага

h, км	n	h, км	n	h, км	n
1 - 10	3	191 - 200	2	381 - 390	1
11 - 20	5	201 - 210	3	391 - 400	2
21 - 30	273	211 - 220	3	401 - 430	0
31 - 40	162	221 - 230	4	431 - 440	3
41 - 50	43	231 - 240	1	441 - 450	4
51 - 60	31	241 - 250	1	451 - 460	2
61 - 70	32	251 - 260	2	461 - 470	0
71 - 80	31	261 - 270	0	471 - 480	0
81 - 90	12	271 - 280	3	481 - 490	1
91 - 100	16	281 - 300	1	491 - 500	0
101 - 110	8	291 - 300	2	501 - 510	2
111 - 120	12	301 - 310	2	511 - 520	1
121 - 130	13	311 - 320	2	521 - 530	0
131 - 140	23	321 - 330	1	531 - 540	1
141 - 150	12	331 - 340	1	541 - 550	0
151 - 160	6	341 - 350	0	551 - 560	1
161 - 170	1	351 - 360	1	561 - 570	0
171 - 180	1	361 - 370	1	571 - 580	1
181 - 190	4	371 - 380	2		

В течение года отмечено 55 ощутимых толчков, максимальный макросейсмический эффект которых достигал 6-7 баллов. Сильнейшим землетрясением был толчок 10 июля в 09 ч 31 мин с  $M_L=6.4$ ,  $h=33\pm 4$  км, сопровождавшийся заметной серией афтершоков и ощущавшийся на о-вах Малой Курильской гряды и о-ве Хоккайдо.

Удалось определить механизмы очагов 68 землетрясений (табл. 4, каталог доп. параметров), 46 из них имели  $h=0-80$  км, 16 -  $h=31-300$  км, 6 -  $h=301-575$  км. По совокупности данных о механизмах основных групп сейсмических очагов установлены осредненные характеристики поля тектонических напряжений, действующих в Курило-Охотском регионе в 1992 году (табл. 5).

Рассмотрим проявления сейсмической активности в отдельных сейсмоактивных районах.

В Парамуширском районе (N 1) 76% всех землетрясений отмечены на глубине  $h=30-40$  км. Наиболее заметными событиями года были землетрясения 8 декабря в 05 ч 22 мин (N 63,  $M=4.5$ ,

h=40 км) восточнее Парамушира, ощущавшееся на о-ве Шумшу до 3-4 баллов, и 20 декабря в 02 ч 49 мин (N 64, MSNA=5.9, h=140±13км) под о-вом Парамушир. По данным о механизме очага (см.каталог доп. параметров) землетрясение 8 декабря произошло под преимущественным воздействием сжимающих напряжений, что определило тип подвижки - сдвигонадвиг по обеим альтернативным плоскостям разрыва. В очаге землетрясения 20 декабря преобладающими были растягивающие напряжения, тип подвижки - сброс. Других значительных событий в районе не отмечено.

**Таблица 4.** Пространственное распределение Курило-Охотских землетрясений 1992 года с известным механизмом очага

NN p-на	Номер эпицентра на рис. 1 (см. вкл.)			Всего
	H = 0 > 80	H = 81 > 300	H > 300	
1	63	64		2
2	11,22,23,33,34,35,36,51,56,65	10,60		12
3	2,3,5,6,8,12,16,18,19,27,29,38, 45,46,50,58	52,54		18
4	13-15,40-44,47,48,67,68			12
5	7,17,28,32,61,62	24,66		8
6	21,25,26,59	57		5
7		4		1
8		49,53,55	1,9,20,30,31,37,39	10
Всего	49	12	7	68

**Таблица 5.** Осредненная ориентация тектонических напряжений по данным о механизме очагов Курило-Охотских землетрясений

NN p-на	Исследуемая совокупность землетрясений	Напряжения						Тип подвижки
		T		N		P		
		PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	
2	рой 28.05-2.06 H>80км	65	298	04	37	25	130	взброс надвиг
		74	240	14	50	03	138	
3	очаговая область землетрясений 19 и 22.12 1991г. H>80км	70	286	07	28	20	120	надвиг надвиг
		82	07	06	220	04	128	
4	H<80км	42	274	49	89	02	180	сдвигонадвиг

В Онекотан-Матуанском районе (N 2) ход сейсмического процесса во времени характеризовался всплеском активности в мае-июне. 73% всех сейсмических толчков района зарегистрировано также на глубинах 30-40 км. Среди них наиболее примечательным был рой 28.05 - 2.06.1992 г. с эпицентрами вблизи глубоководного желоба. По данным о механизме 4-х очагов этого роя (NN 33-36 на рис. 1, табл. 4) их гипоцентральная область находилась (табл. 5) под преимущественным воздействием сжимающих напряжений с характерной подвижкой типа надвига [5]. В шельфовой зоне зарегистрировано 10 толчков на глубинах 100-160 км. Для двух из них (NN 10,60 на рис. 1, табл. 4) определены механизмы очага. Характер напряженного состояния и тип подвижек на этих глубинах аналогичны (табл. 5) установленным для вышележащего сейсмоактивного слоя. Сведений о макросейсмическом эффекте онекотан-матуанских землетрясений не поступало.

Симушир-Урупский район (N 3, табл. 1,2) отличается наибольшим количеством землетрясений. Из них 79% отмечено на глубинах  $h=30-40$  км. Ход сейсмического процесса во времени отмечен всплесками активности в феврале и июле месяцах. Сильнейшими были два толчка: 2 февраля в 17 ч 43 мин и 14 июля в 15 ч 17 мин. Оба они являются афтершоками землетрясений, происшедших 19 и 22 декабря 1991 г. с  $MLH=7.1$  и  $MLH=7.3$  соответственно [4]. Осредненная по 20 очагам ориентация поля упругих напряжений и тип подвижки в гипоцентральной области главных толчков и афтершоков аналогичны установленным для роя 28.05 - 2. 06.1992 г. в Онекотан-Матуанском районе (табл. 5). В шельфовой области о-вов Симушир и Уруп на глубинах 90-185 км отмечено 10% от всех сейсмических событий района. Для двух из них (NN 52,54 на рис. 1, табл. 4) определен механизм очага. На этих глубинах главными действующими были напряжения сжатия, характерная подвижка - надвиг [5].

В Северо-Итурупском районе (N 4) сейсмический процесс развивался неравномерно. Всплеск активности наблюдался в марте и июле. 67% всех землетрясений района отмечено на глубинах  $h=30-40$  км. Здесь зарегистрировано и сильнейшее в регионе событие - 10 июля в 09 ч 31 мин с  $MLH=6.4$ ,  $h=33\pm 4$  км (N 40 на рис. 1), а также три других значительных толчка - 3 марта в 03 ч 11 мин ( $MLH=5.6$ ,  $h=28\pm 4$  км, N 13), в 04 ч 28 мин ( $MLH=5.9$ ,  $h=34\pm 4$  км, N 14) и 17 июля в 04 ч 19 мин ( $MLH=5.6$ ,  $h=30\pm 4$  км, N 48). Землетрясение 10 июля сопровождалось серией афтершоков, насчитывавшей около 200 событий (с  $K_s > 6,5$  и  $h=30-40$  км) в течение 5 суток. Макросейсмические данные (табл. 6) о нем поступили с близлежащих к эпицентру о-вов Курильской гряды и о-ва Хоккайдо.

Таблица 6. Макросейсмические данные о землетрясении 10 июля в 09 ч 31 мин

NN пп	Пункт	$\Delta$ , км	NN пп	Пункт	$\Delta$ , км
1	<u>4-5 баллов</u>	148	6	Малокурильское	240
	Курильск		7	Южно-Курильск	305
2	<u>3-4 балла</u>	360	8	<u>1-2 балла</u>	575
	Немуро			Хироо	
	Уракава			Обихиро	
	Хатинохе			Мугсу	
3	815	11	Хакодате	785	
		12	Аомори	880	
		13	Мориока	890	
4	<u>2-3 балла</u>	185			
5	Уруп				

По данным о механизмах 10 очагов с  $h < 80$  км (табл. 4,5) установлено, что преобладающими на этих глубинах были сжимающие напряжения и подвижки типа взброса. В интервале глубин  $h=130-160$  км отмечено преобладание напряжений растяжения и подвижки типа пологого сброса со сдвигом. Наиболее заметным среди глубоких было землетрясение 30 декабря в 12 ч 59 мин (N 68 на рис. 1,  $MSHA=5.9$ ,  $h=135$  км), ощущавшееся на о-ве Шикотан силой до 3 баллов.

В Кунашир-Шикотанском районе (N 5) сейсмический процесс во времени протекал равномерно на протяжении всего года и лишь в конце его отмечался всплеск активности. 75% всех землетрясений района зарегистрировано на глубине  $h=30-80$  км, 32% -  $h=30-40$  км. Сильное землетрясение отмечено 7 декабря в 02 ч 11 мин (N 62,  $M=5.8$ ,  $MSH=6.2$ ,  $h=48\pm 7$  км). Макросейсмические сведения поступили с близлежащих о-вов Курильской гряды и о-ва Хоккайдо (табл. 7). Заметно снизилась по сравнению с прошлым годом сейсмическая активность в проливе Екатерины, здесь произошло всего 9 глубоких землетрясений.

Таблица 7. Макросейсмические данные о землетрясении 7 декабря в 02 ч 11 мин

NN пп	Пункт	Δ, км	NN пп	Пункт	Δ, км
	<u>6-7 баллов</u>			<u>3-4 балла</u>	
1	Шикотан	25	6	Обихиро	390
	<u>5-6 баллов</u>		7	Уракава	395
2	Южно-Курильск	100	8	Мориока	670
	<u>5 баллов</u>			<u>1-2 балла</u>	
3	Немуро	133	9	Абасири	227
4	Кусиро	230	10	Хироо	350
	<u>4-5 баллов</u>		11	Хатинохе	585
5	Курильск	170	12	Офунато	690
			14	Саката	815

Определены механизмы очагов для 8 землетрясений, 6 из которых относятся к верхнему интервалу глубин, а два - ко второму (табл. 4). По совокупности данных о механизме очагов с  $h < 80$  км, установлено (табл. 5), что на этих глубинах как растягивающие так и сжимающие напряжения были близгоризонтальны, порождая характерные подвижки в виде сдвига. В очаге упомянутого выше сильнейшего в районе землетрясения 7 декабря в 02 ч 11 мин наблюдался сдвигонадвиг (см. каталог доп. параметров). На глубинах  $h > 80$  км сейсмические толчки отмечались редко. По данным о механизме очага одного из них - землетрясения 6 апреля в 03 ч 55 мин, здесь преобладали растягивающие напряжения и дислокации типа сброса.

В районе о-ва Хоккайдо (**N 6**) ход сейсмического процесса во времени был равномерным на протяжении всего года. 59% всех землетрясений района произошли на глубинах 30-80 км вдоль его восточного побережья. Относительно сильное из них отмечено 30 марта в 20 ч 45 мин (N 21,  $M=4.9$ ,  $MSH=5.4$ ,  $h=40 \pm 4$  км), макросейсмический эффект его не превышал 5 баллов (см. основной каталог). Большая часть глубокофокусных толчков ( $h=95-230$  км) расположилась в юго-восточной части о-ва Хоккайдо. Особо сильных землетрясений здесь не отмечено.

Определены механизмы очагов 5 землетрясений, 4 из которых относятся к верхнему интервалу глубин, одно землетрясение - к нижнему. В интервале глубин  $h=0-80$  км преобладали горизонтальные (табл. 5) растягивающие напряжения и также близгоризонтальные сжимающие, характерные дислокации - типа сдвига. По данным о механизме очага землетрясения 20 ноября в 21 ч 51 мин с  $h=240$  км на больших глубинах преобладали близгоризонтальные сжимающие напряжения, а растягивающие были значительно более крутыми, установлены дислокации типа надвига, по обеим альтернативным плоскостям.

В Японском море (**N 7**, рис. 1) зарегистрировано 12 землетрясений в диапазоне глубин  $h=187-360$  км. Примечательных событий в течение года не произошло. Можно лишь отметить, что сейсмическая активность наблюдалась во второй половине года. Определен механизм очага одного землетрясения (N 4,  $h=275$  км). Подвижка в его очаге носила характер надвига по обеим нодальным плоскостям.

В Охотском море (**N 8**, рис. 1) зарегистрировано 37 глубокофокусных толчков с  $h=160-575$  км. Наиболее сильными были события: 27 марта в 20 ч 28 мин ( $MLH=4.9$ ,  $MSH=6.2$ ,  $h=449 \pm 11$  км) - в западной части Южно-Охотской котловины и 10 ноября в 23 ч 20 мин ( $MLH=4.8$ ,  $MSH=6.2$ ,  $h=287 \pm 9$  км) - в 100 км западнее о-ва Парамушир.

Определены механизмы 9 охотоморских очагов (табл. 4). По результатам обобщения данных о механизме очагов для толчков в северной части Охотского моря установлено преобладание растягивающих напряжений и подвижки типа сброса (табл. 5). В центральной и южной частях района преобладали сжимающие напряжения и подвижки типа взброса.

Заметным событием было землетрясение 8 августа в 14 ч 52 мин с максимальной интенсивностью сотрясений в п. Уракава (6-7 баллов). Собранные о нем макросейсмические данные приведены в табл. 8.

Таблица 8. Макросейсмические данные о землетрясении 8 августа в 14 ч 52 мин

NN шп	Пункт	Δ, км	NN шп	Пункт	Δ, км
1	<u>6-7 баллов</u>	20	5	Кусиро	175
	Уракава		6	Хатинохе	178
2	<u>5 баллов</u>	60	7	<u>1-2 балла</u>	160
	Хироо			Саппоро	
3	<u>3-4 балла</u>	110		8	
	Обихиро		9	Отару	200
4	Томако		10	Аомори	235

Таким образом, в целом по Курило-Охотскому региону, 1992 год можно отнести к годам со средним уровнем сейсмической активности. Как обычно, более активным был интервал глубин с  $h=0-80$  км. Для него удалось оценить коэффициенты графика повторяемости сейсмических событий. Сравнительный анализ последних с предыдущими периодами наблюдений показывает постепенное снижение активности региона.

Анализ поля упругих напряжений (табл. 5) позволяет установить, что на глубинах  $h<80$  км в районах **№ 1-4** преобладающими были напряжения сжатия, в Кунашир-Шикотанском районе (**№ 5**) ориентация относительно горизонта сжимающих и растягивающих напряжений оказалась одинаковой, а в районе **№ 6** на упомянутых глубинах преобладали напряжения растяжения. В интервале глубин  $h=81-300$  км в Парамуширском районе (**№ 1**) и северной части Охотского моря преобладали растягивающие напряжения, в районах **№ 2,3**, а также, центральной и южной части Охотского моря - сжимающие. Далее вдоль островной дуги к югу преобладающие в районах **№ 4,5** ( $h>80$  км) растягивающие напряжения сменились в районе о-ва Хоккайдо сжимающими.

Таким образом, удалось установить смену знака поля между интервалами глубин  $h=0-80$  км и  $h=81-300$  км в Северо-Итурупском, Кунашир-Шикотанском и Хоккайдовском районах. Причем, при переходе от Кунашир-Шикотанского района к району о-ва Хоккайдо упомянутая смена знака охватывает как земную кору так и верхнюю мантию до глубин  $h=300$  км.

#### Л и т е р а т у р а

1. Поплавская Л.Н., Бобков А.О., Кузнецова В.Н., и др. 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.
2. Аптекман Ж.Я., Желанкина Т.С., Кейлис-Борок и др. Массовое определение механизмов очагов землетрясений на ЭВМ // Теория и анализ сейсмологических наблюдений. (Вычислительная сейсмология; Вып.12). М.: Наука, 1979. С.45-58.
3. Поплавская Л.Н., Миталева Н.А., Бобков А.О. и др. Землетрясения Курило-Охотского региона // Землетрясения в СССР в 1990 году. М.: Наука, в печати.
4. Миталева Н.А., Рудик М.И., Клещенко С.В. Землетрясения Курило-Охотского региона // Землетрясения в СССР в 1991 году. М.: Наука, в печати.
5. Вермишева Л.Ю., Гангнус А.А. Применение типизации подвижек в очагах землетрясений для решения сеймотектонических задач // Физика Земли. 1977. № 3. С.103-109.