

КУРИЛО-ОХОТСКИЙ РЕГИОН**Т.А. Фокина, Н.А. Давыдова, М.И. Рудик, Е.Н. Дорошкевич, Д.А. Сафонов,****Р.Г. Гуреев, О.В. Микрюкова**

В 1998 г. на территории Курильских островов работали три сейсмические станции Сахалинской опытно-методической сейсмологической партии (СОМСП): «Курильск», «Северо-Курильск» и «Южно-Курильск» (табл. 1). Для определения параметров землетрясений региона дополнительно привлекались инструментальные данные сейсмических станций Сахалина [1] и Приамурья [2], а также бюллетени ОМЭ ОИФЗ РАН [3], ЖМА, Национального информационного центра по изучению землетрясений (NEIC, США), ISC [4]. Методика обработки данных и схема деления региона на отдельные сейсмоактивные районы остались без изменений [5–15].

Таблица 1. Сейсмические станции Курило-Охотского региона, работавшие в 1998 г., и их параметры

№	Станция			Дата открытия	Координаты			Аппаратура			
	Название	Код			φ°, N	λ°, E	h, m	Тип прибора	КомпONENTA	$V_{max}/$ чувствит-сть	$\Delta T_{max},$ с
		межд.	рег.								
1	Северо-Курильск	SKR	СВК	01.03.1958	50.67	156.11	22	СКМ-3	N, E, Z	20000	0.36–0.65
								СКД	N, E, Z	10000	0.36–0.65
									N, E, Z	5000	0.36–0.65
									N, E, Z	1000	0.20–20.0
									N, E, Z	500	0.20–18.0
									N, E, Z	200	0.20–16.0
									N, E, Z	50	0.2–19.0
								Велосиграф	N, E, Z	10.0 с	0.045–4.6
									С5С	N, E, Z	1.0 с
								ОСП-2М	N, E, Z	0.04 с ²	0.020–2.0
								ССР3-М	N	0.0019 с ²	0.5–18.0
									E	0.0022 с ²	3.0–20.0
									Z	0.0024 с ²	0.5–20.0
								СМЗ	N, E, Z	25.0	0.011–0.11
									N, E, Z	1.0	0.011–0.11
								УБОПЭ-2	N, E	33.0	0.05–3.7
СМР-2	N, E	7.0	0.05–5.9								
СМР-0	N	1.0	0.05–5.0								
СБМ		1.1	0.23–0.27								
2	Курильск закр. 30.10.1961 закр. 01.02.1994	KUR	КУР	01.01.1950 10.01.1965 05.10.1994	45.23	147.87	40	СКМ-3	N, E, Z	20000	0.37–0.68
								СКД	N, E, Z	10000	0.37–0.68
									N, E, Z	5000	0.37–0.68
									N, E, Z	1000	0.2–20.0
									N, E, Z	500	0.2–17.0
									N, E, Z	200	0.2–15.0
									N, E, Z	20	0.2–15.0
								Велосиграф	N	1.0с	0.045–4.6
									С5С	N	10.0с
								Z	1.0с	0.044–4.6	
								Z	10.0с	0.053–4.6	
								E	1.0с	0.047–4.6	

№	Станция		Дата открытия	Координаты			Аппаратура				
	Название	Код межд. рег.		φ°, N	λ°, E	h, m	Тип прибора	КомпONENTА	$V_{max}/$ чувствит-сть	$\Delta T_{max},$ с	
							ОСП-2М	E N, E Z	10.0с 0.045с ² 0.045 с ²	0.053–4.6 0.015–1.1 0.013–2.2	
							СБМ		1.1	0.25	
3	Южно-Курильск закр. 01.02.1994 закр. 08.11.1995	YUK	ЮКР	01.10.1960	44.03	145.86	28	СКМ-3	N, E, Z N, E, Z	10000 5000	0.25–0.5 0.25–0.5
05.10.1994											
03.08.1996				СКД				N, E, Z N, E, Z N, E, Z N, E, Z	2500 1000 500 200	0.25–0.5 0.2–20.0 0.15–17.0 0.15–17.0	
				ССРЗ-М				N E Z	0.0018 с ² 0.0019 с ² 0.0021 с ²	0.5–18.0 3.0–20.0 0.5–20.0	
				АСЗ				N E Z	0.0541 с ² 0.0590 с ² 0.0574 с ²	0.06->1 0.07->1 0.05–0.09	
	Велосиграф С5С	N, E, Z N, E, Z	10.0с 1.0с	0.015–4.6 0.015–4.6							

Примечание. Сейсмографы С5С, велосиграфы С5В, акселерографы ОСП и ССРЗ работают в ждущем режиме регистрации.

В 1998 г. определены параметры 667 Курило-Охотских землетрясений с $MLH \geq 4.0$ ($K_C \geq 9$), из них для 376 удалось оценить глубину гипоцентра [16]. Карта их эпицентров представлена на рис. 1.

В качестве общей характеристики региона рассмотрим распределение землетрясений по глубине гипоцентров, представленное в табл. 2.

Таблица 2. Распределение землетрясений с известной глубиной гипоцентра по интервалам глубины h

$h_1-h_2,$ км	N	$h_1-h_2,$ км	N	$h_1-h_2,$ км	N
0 – 10	–	201 – 210	6	401 – 410	1
11 – 20	1	211 – 220	4	411 – 420	–
21 – 30	13	221 – 230	5	421 – 430	1
31 – 40	41	231 – 240	1	431 – 440	2
41 – 50	39	241 – 250	2	441 – 450	1
51 – 60	53	251 – 260	2	451 – 460	2
61 – 70	36	261 – 270	1	461 – 470	–
71 – 80	19	271 – 280	2	471 – 480	1
81 – 90	16	281 – 290	1	481 – 490	–
91 – 100	14	291 – 300	1	491 – 500	1
101 – 110	15	301 – 310	1	501 – 510	4
111 – 120	10	311 – 320	2	511 – 520	2
121 – 130	13	321 – 330	–	521 – 530	–
131 – 140	13	331 – 340	2	531 – 540	–
141 – 150	10	341 – 350	–	541 – 550	–
151 – 160	12	351 – 360	1	551 – 560	3
161 – 170	2	361 – 370	2	561 – 570	–
171 – 180	4	371 – 380	1	571 – 600	–
181 – 190	3	381 – 390	4	601 – 650	–
191 – 200	4	391 – 400	1	651 – 679	1

Из нее следует, что почти 54% землетрясений с известной глубиной очага имеют $h \leq 80$ км, при этом максимальное число землетрясений ($n=169$) зарегистрировано в слое $h=31-70$ км. Реально мелкофокусных землетрясений ($h \leq 80$ км) было значительно больше (свыше 490), но именно для таких гипоцентров оценить глубину наиболее сложно. Самое глубокое землетрясение с $h=679 \pm 8$ км реализовалось в Охотском море 9 февраля в $03^h 02^m$ с $MSH=6.2$ (10 на рис. 1).

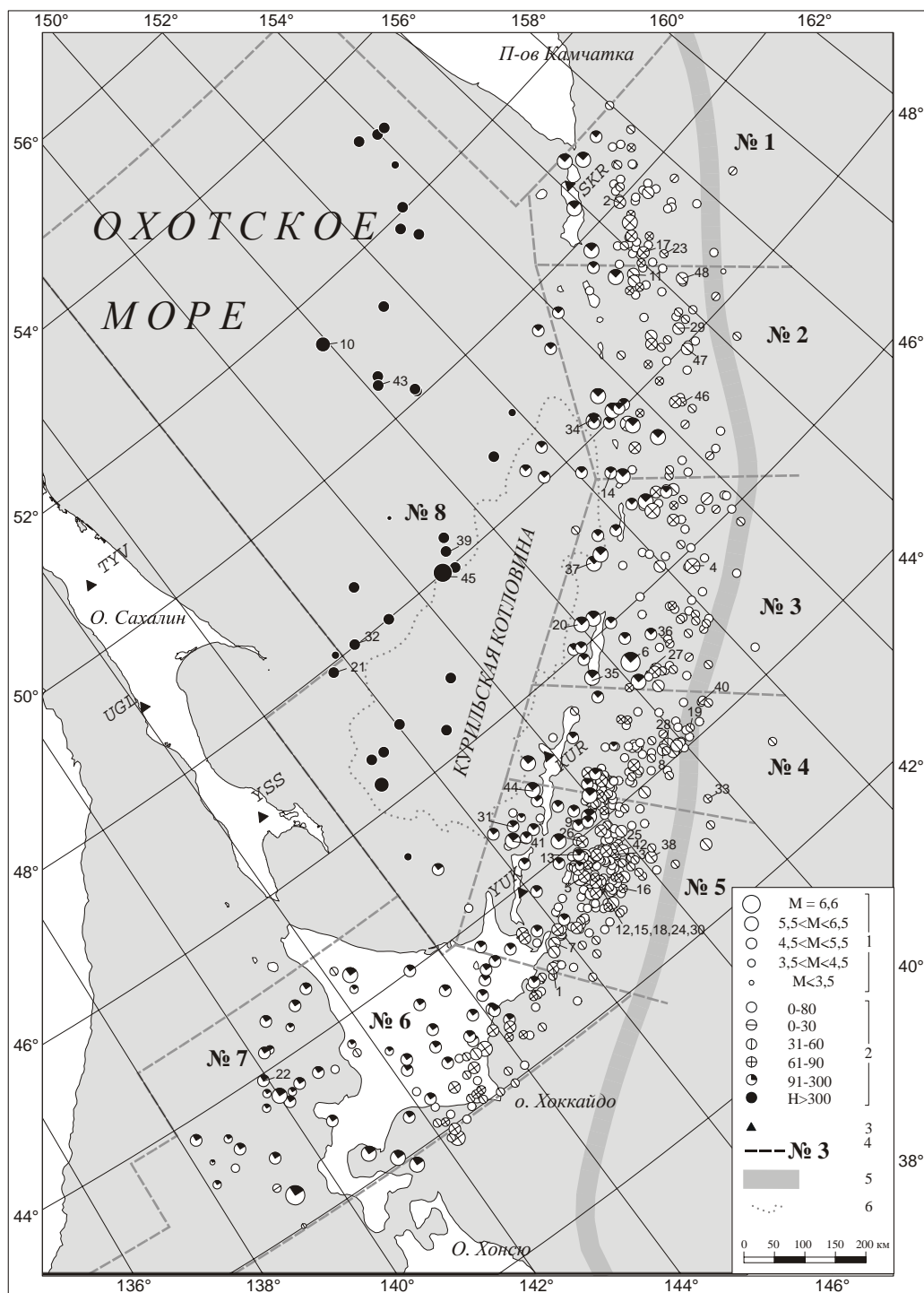


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Курило-Охотского региона за 1998 г.

1 – магнитуда MLH ($h \leq 80$ км), MSH ($h > 80$ км); 2 – глубина h гипоцентра, км; 3 – сейсмическая станция; 4 – граница и номер района; 5 – ось глубоководного Курило-Камчатского желоба; 6 – изолиния на уровне $h=-3000$ м, ооконтуривающая глубоководную Курильскую котловину. Числа возле эпицентров – номера землетрясений в соответствии с графой 1 регионального каталога [16].

Суммарная сейсмическая энергия, выделившаяся в очагах землетрясений в 1998 г., равна $\Sigma E=2.69 \cdot 10^{13}$ Дж для мелкофокусных землетрясений с $h \leq 80$ км (табл. 3) и $66.32 \cdot 10^{13}$ Дж – для землетрясений с $h > 80$ км (табл. 4), что меньше таковой в 1997 г. ($11.67 \cdot 10^{13}$ Дж и $82.58 \cdot 10^{13}$ Дж соответственно [15]): т.е. для мелкофокусных землетрясений энергия уменьшилась в 4.3 раза, для остальных – в 1.2 раза. Наибольшее количество сейсмической энергии высвободилось в очагах глубоких землетрясений в Охотском море, сильнейшее ($MSH=6.6$) из которых произошло 29 ноября в 17^h13^m на глубине $h=386$ км (45 на рис. 1,2). Землетрясение (6) такой же магнитуды зарегистрировано в Симушир-Урупском районе 30 января в 17^h01^m на глубине $h=109$ км. Оно ощущалось в Южно-Курильске ($\Delta=74$ км), а также в Японии с интенсивностью сотрясений в 2 балла. Всего в регионе отмечено 86 ощутимых землетрясений [16]. Распределение их по районам и интервалам глубин гипоцентров приведено в табл. 5. В нее не вошли девять землетрясений с неизвестной глубиной очага, шесть из которых (30.03 в 02^h39^m с $K_C=9$, $I_i=I$ JMA по шкале [17]; 01.07 в 12^h19^m с $K_C=9$, $I_i=I$ JMA; 15.07 в 10^h26^m с $K_C=9$, $I_i=I$ JMA; 05.09 в 23^h03^m с $K_C=10$, $I_i=I$ JMA; 09.12 в 21^h30^m с $K_C=9.5$, $I_i=II$ JMA; 28.12 в 06^h49^m с $K_C=9.5$, $I_i=I$ JMA) произошли в районе о. Хоккайдо и ощущались в Японии, два – в районе о. Шикотан (16.02 в 12^h11^m с $K_C=9.5$, $I_i=3$ балла по шкале [18]; 20.02 в 18^h55^m с $K_C=9$, $I_i=4$ балла на расстоянии 80 и 35 км, соответственно) и одно (30.03 в 10^h40^m с $K_C=9.5$) – в 100 км от г. Северо-Курильск ($I_i=1-2$ балла) [16].

Таблица 3. Распределение числа коровых землетрясений по магнитудам MLH и суммарная сейсмическая энергия ΣE по районам

№	Район	MLH						N_{Σ}	$\Sigma E \cdot 10^{13}$, Дж
		4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5		
$h \leq 80$ км									
1	Парамуширский	30	14	3	1	–	–	48	0.14
2	Онекотан-Матуанский	25	14	4	1	–	–	44	0.21
3	Симушир-Урупский	34	24	4	1	1	–	64	1.19
4	Северо-Итурупский	64	36	4	–	–	–	104	0.13
5	Кунашир-Шикотанский	126	51	13	–	1	–	191	0.93
6	Район о. Хоккайдо	24	12	3	–	–	–	39	0.09
7	Японское море	2	1	–	–	–	–	3	0.00
8	Охотское море	–	–	–	–	–	–	–	–
Всего:		305	152	31	3	2	–	493	2.69

Таблица 4. Распределение числа глубокофокусных землетрясений по магнитудам MSH и суммарная сейсмическая энергия ΣE по районам

№	Район	MSH						N_{Σ}	$\Sigma E \cdot 10^{13}$, Дж
		4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5		
$h > 80$ км									
1	Парамуширский	–	–	1	5	1	–	7	0.75
2	Онекотан-Матуанский	–	–	4	7	5	–	16	1.87
3	Симушир-Урупский	–	–	5	9	4	1	19	20.40
4	Северо-Итурупский	1	–	5	1	–	–	7	0.05
5	Кунашир-Шикотанский	4	3	9	11	3	–	30	0.71
6	О. Хоккайдо	6	1	11	14	1	–	33	0.61
7	Японское море	5	5	6	4	1	1	22	17.95
8	Охотское море	3	9	21	4	1	2	40	23.98
Всего:		19	18	62	55	16	4	174	66.32

Примечание. При составлении таблиц 3, 4 величина всех землетрясений приводилась к магнитуде MLH путем пересчета из классов K_C для землетрясений с $h \leq 80$ км и из магнитуд MSH с $h > 80$ км по следующим соотношениям: $MLH=(K_C-1.2)/2$ и $MLH=(MSH-1.71)/0.75$. Для второго соотношения вводилась поправка за глубину очага.

Механизмы очагов определены для 48 землетрясений с $MLH \geq 4.1$ (табл. 6, рис. 2), 31 из них относятся к мелкофокусным ($h \leq 80$ км), 11 – к промежуточным ($h=81-300$ км), 6 – к глубоко-

фокусным ($h > 300$ км) [19]. Анализ каталога механизмов очагов землетрясений позволяет установить характер напряженного состояния среды и типичные сейсмодислокации по районам в трех интервалах глубины (табл. 7, 8).

Таблица 5. Распределение землетрясений по районам в разных интервалах глубин с указанием для каждого интервала h_1-h_2 следующих величин: суммарного числа землетрясений N_{Σ} , числа ощутимых из них $N_{ощут}$, значения максимальной интенсивности сотрясений $I_{i \max}$, величины максимальной зарегистрированной магнитуды M_{\max}

№	Районы	h_1-h_2 , км	N_{Σ}	$N_{ощут}$	$I_{i \max}$	M_{\max}	
						MLH	MSH (MSHA)
1	Парамуширский	0–30	2	–	–	–	4.9
		31–80	16	5	3–4	5.3	6.0
		81–145	7	–	–	–	(6.0)
2	Онекотан- Матуанский	0–30	2	–	–	4.1	–
		31–80	24	2	2–3	5.3	6.0
		81–226	16	–	–	5.2	(6.0)
3	Симушир- Урупский	0–30	2	–	–	4.6	5.8
		31–80	26	2	4	5.8	6.3
		81–162	19	2	3	6.0	6.6
4	Северо- Итурупский	0–30	3	–	–	4.5	5.4
		31–80	31	1	3	5.3	5.6
		81–157	7	–	–	–	5.6
5	Кунашир- Шикотанский	0–30	–	–	–	–	–
		31–80	64	28	6	5.8	6.0
		81–220	30	6	III	4.6	5.8
6	О. Хоккайдо	0–30	–	–	–	–	–
		31–80	26	21	III	4.8	6.2
		81–221	33	8	I	–	5.8
7	Японское море	0–30	1	–	–	–	–
		31–80	1	1	II	3.5	–
		81–317	22	1	I	–	(6.6)
8	Охотское море	0–30	–	–	–	–	–
		31–80	–	–	–	–	–
		81–679	40	–	–	5.5	6.6

Примечание. Интенсивность сотрясений $I_{i \max}$ вписана арабскими и римскими цифрами по шкалам MSK-64 [15] и JMA [16] соответственно.

Таблица 6. Номера землетрясений с известным механизмом очага по районам и интервалам глубин h

№	Район	Номер эпицентра на рис. 1				
		h_1-h_2 , км				
		0–30	31–80	81–300	>300	N_{Σ}
1	Парамуширский		2, 17, 23			3
2	Онекотан-Матуанский		11, 29, 46, 47, 48	14, 34		7
3	Симушир-Урупский	36	4, 27	6, 20, 35, 37		7
4	Северо-Итурупский	40	8, 19, 28, 33			5
5	Кунашир-Шикотанский		1, 3, 5, 7, 12, 13, 15, 16, 18, 24, 25, 26, 30, 38, 42	9, 31, 41, 44		19
6	Район о. Хоккайдо					0
7	Японское море			22		1
8	Охотское море				10, 21, 32, 39, 43, 45	6
	Всего	2	29	11	6	48

В Парамуширском районе (№ 1) заметно увеличилась сейсмическая активность: зарегистрировано $N=55$ землетрясений с $K_C \geq 9$ [16] против $N=38$ в 1997 г. [15], т.е. в 1.4 раза больше. 48 землетрясений – мелкофокусные ($h \leq 80$ км), их суммарная сейсмическая энергия в 7 раз превысила уровень энергии в 1997 г. Самое сильное ($MLH=5.3$) из них (17 на рис. 1, 2)

произошло 16 марта в 16^h41^m на глубине $h=64$ км. Максимальный макросейсмический эффект отмечен при землетрясении (2), зарегистрированном 11 января в 09^h09^m на глубине $h=69$ км с $MLH=4.9$, интенсивность сотрясений составила 3–4 балла в г. Северо-Курильске ($\Delta=88$ км). В интервале глубин $h=87$ –145 км зарегистрировано 7 землетрясений. Самое сильное ($MSHA=6.0$) из них произошло 5 февраля в 06^h48^m на глубине $h=131$ км [16].

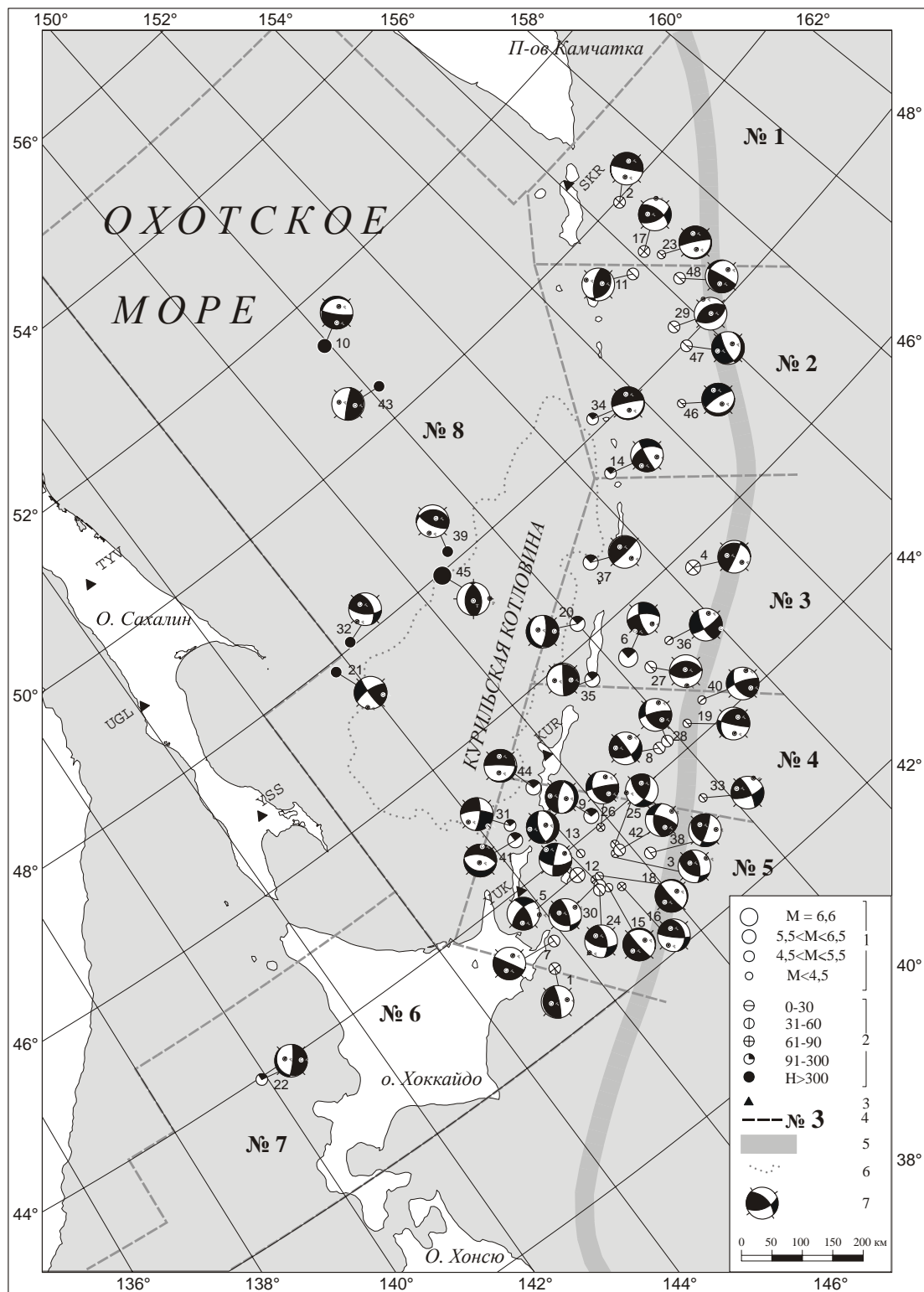


Рис. 2. Карта механизмов очагов землетрясений Курило-Охотского региона за 1998 г.

1–6 соответствуют рис. 1; 7 – диаграмма механизма очага в проекции на нижнюю полусферу, зачернены области сжатия.

Таблица 7. Пространственно-энергетическое распределение сейсмодислокаций*

№	h_1-h_2 , км	Магнитуда: MLH ($h \leq 80$ км), MSH ($h \geq 81$ км)					
		4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
1	31–80		взрез	пологий надвиг	взброс		
2	31–80		взброс, взрез, пологий надвиг	взброс	взрез		
	81–300			сдвиг	взрез		
3	0–30	сдвиг					
	31–80				взброс	пологий надвиг	
	81–300			сдвиг	сброс, пологий надвиг	пологий надвиг	
4	0–30		сдвиг				
	31–80		пологий надвиг, сдвиг	взброс	сдвиг		
5	31–80	взрез, взброс	взброс, сброс, взброс, взрез, взброс, взброс, взброс	пологий надвиг, пологий надвиг, сдвиг, взброс, взброс		сдвиг	
	81–300			сдвиг	сброс, взрез	взрез	
7	81–300				пологий надвиг		
8	$h > 300$			сдвиг, пологий надвиг	взброс, взброс	взрез	взброс

* Классификация по типу механизма (сейсмодислокации) осуществлена по величине углов наклона к горизонту оси промежуточного напряжения (PLN) и нодальных плоскостей ($DP1$, $DP2$): сдвиги – $PLN \geq 45^\circ$; сбросы и взбросы – $PLN < 45^\circ$, $20^\circ < DP1$; $DP2 < 70^\circ$; взрезы – $PLN < 45^\circ$, $DP1 \geq 70^\circ$, $DP2 \leq 20^\circ$.

Таблица 8. Осредненная ориентация тектонических напряжений и тип подвижки в трех интервалах глубин в каждом районе

№	Район	h_1-h_2 , км	Напряжения						Тип подвижки
			T		N		P		
			PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	
1	Парамуширский	31–80	64	30	24	185	09	278	взброс
2	Онекотан-Матуанский	31–80	62	316	12	74	24	169	взброс
		81–300	47	317	28	82	30	184	взброс
3	Симушир-Урупский	0–30	04	150	64	249	26	58*	сдвиг
		31–80	60	267	28	68	09	162	взброс
		81–300	32	92	60	274	00	183	сдвиг
4	Северо-Итурупский	0–30	39	164	46	311	17	59	сдвиг
		31–80	68	00	25	179	00	88	взброс
5	Кунашир-Шикотанский	31–80	58	336	18	218	20	110	взброс
		81–300	01	178	14	90	74	273	сброс
7	Японское море	81–300	34	131	10	228	54	332*	пологий надвиг
8	Охотское море	> 300	68	120	12	356	17	262	взброс

* Ориентация тектонических напряжений по единственному решению.

График развития во времени сейсмического процесса по районам в течение 1998 г. представлен на рис. 3.

Для трех землетрясений (2, 17, 23) определен механизм очага. Для землетрясений (2 и 17) система напряжений характеризуется преобладающим напряжением сжатия, что определило тип подвижки: взброс и сдвиг-надвиг. Очаг землетрясения (23), произошедшего на глубине $h=34$ км, подвергся воздействию растягивающих напряжений, что определило тип подвижки – взрез (табл. 6, 7).

Сейсмический процесс, как следует из рис. 3, был равномерным в этом районе в течение года для мелкофокусных землетрясений, а землетрясения с $h > 80$ км почти все реализовались в первой трети года.

В Онекотан-Матуанском районе (№ 2) число ($N=44$) мелкофокусных землетрясений с $K_C \geq 9$ [16] соответствует практически числу землетрясений в 1997 г., но их суммарная сейс-

мическая энергия в 2 раза меньше, чем в 1997 г. [15]. Магнитуда сильнейшего землетрясения (47) района, произошедшего 13 декабря в 13^h17^m на глубине $h=42$ км, составила $MLH=5.3$. Второе по величине землетрясение (11), зарегистрированное 18 февраля в 09^h13^m на глубине $h=49$ км с $MLH=5.1$, ощущалось в г. Северо-Курильске ($\Delta=166$ км) с интенсивностью сотрясений 2–3 балла. В слое $h=81–226$ км было зарегистрировано 16 землетрясений [16]. Два из них имели магнитуду $MSHA=6.0$: первое произошло 17 сентября в 04^h46^m на глубине $h=140$ км, второе – 18 ноября в 23^h46^m на глубине $h=108$ км.

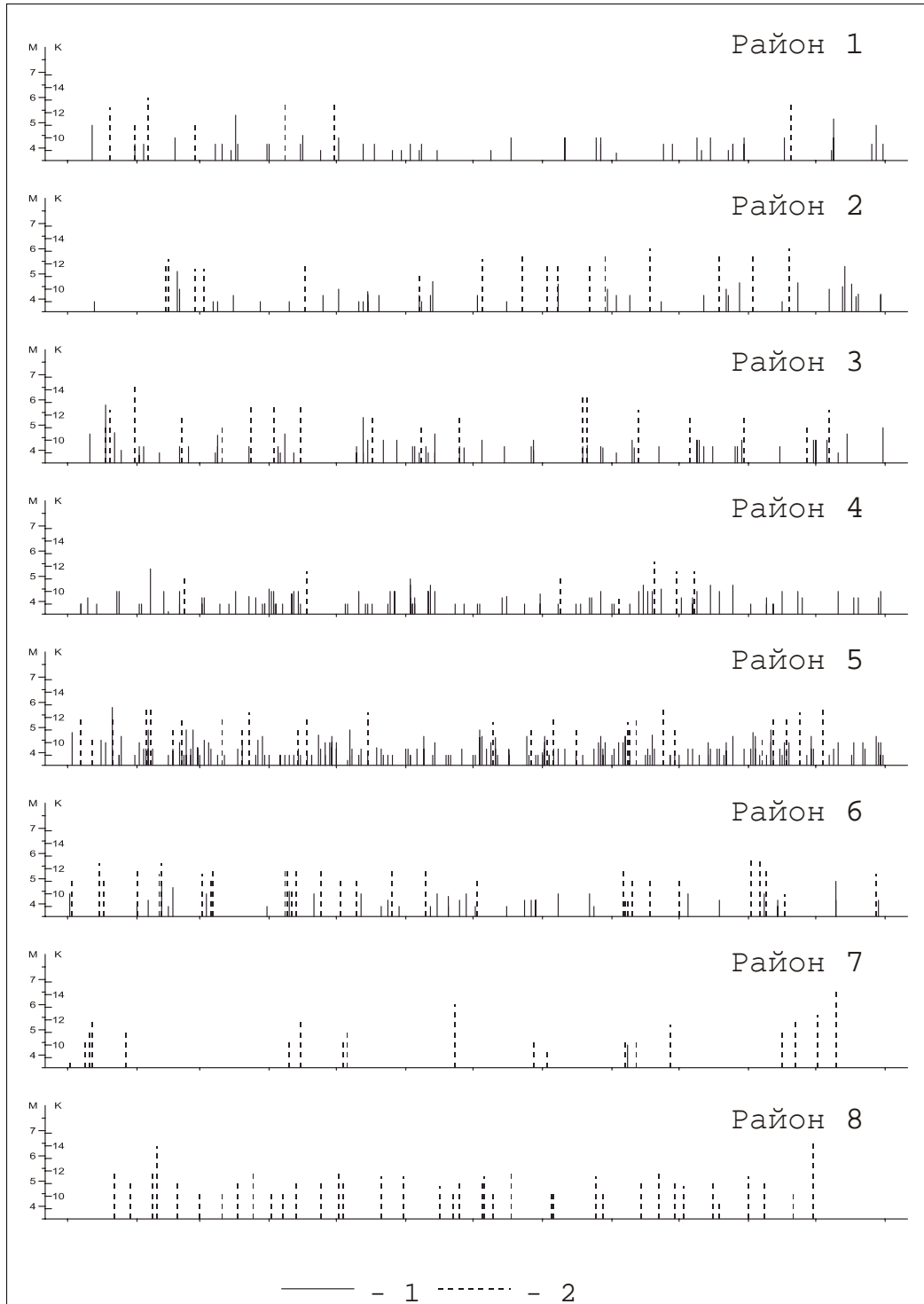


Рис. 3. Графики развития сейсмического процесса во времени для районов № 1–8 в 1998 г.

1 – землетрясения с глубиной очага $h \leq 80$ км; 2 – землетрясения с глубиной очага $h > 80$ км.

Для 7 землетрясений определены механизмы очагов [19]. Пять из них (11, 29, 46–48) произошли на глубине $h=31$ –80 км, и два (14, 34) – на глубине $h=155$ и $h=165$ км соответственно (табл. 6, 7). Очаги землетрясений (11, 29, 48) находились под преимущественным воздействием сжимающих напряжений, тип подвижки – взброс и надвиг. Систему напряжений для землетрясений (46, 47) характеризует действие преобладающего напряжения растяжения, тип подвижки – взрез. В очагах глубокофокусных землетрясений (14, 34) преобладало близгоризонтальное напряжение растяжения. Характер подвижки – сброс, сбросо-сдвиг.

Сейсмический процесс был неравномерным в течение года (рис. 3): мелкофокусных землетрясений почти не было в январе и марте, наибольшее их число произошло в декабре. Глубокофокусные землетрясения происходили в основном во втором полугодии.

В **Симушир-Урупском районе (№ 3)** зарегистрировано 83 землетрясения с $K_C \geq 9$ [16], что почти в 1.3 раза меньше, чем в 1997 г. [15]. Суммарная сейсмическая энергия 64 мелкофокусных землетрясений осталась практически на уровне таковой в 1997 г. Среди них можно отметить землетрясение (4), зарегистрированное 17 января в 10^h39^m ($MLH=5.8$, $h=68$ км) с макросейсмическим эффектом в 2 балла в г. Курильске ($\Delta=360$ км). Заметный ($MLH=5.3$) толчок (27) отмечен 12 мая в 17^h01^m с $h=57$ км, он ощущался в г. Курильске ($\Delta=202$ км) с интенсивностью 4 балла и в пос. Южно-Курильск ($\Delta=391$ км) – 2–3 балла.

На глубинах $h=81$ –162 км зарегистрировано 19 землетрясений [16]. Самое сильное ($MSH=6.6$) из них (6), произошедшее 30 января в 17^h01^m на глубине $h=109$ км, с макросейсмическим эффектом 2 балла в пос. Южно-Курильск ($\Delta=74$ км) и в Японии, оказалось одним из двух сильнейших землетрясений региона.

В Симушир-Урупском районе определены механизмы очагов семи землетрясений [19], три из них (4, 27, 36) – мелкофокусные ($h=22$ –68 км), четыре (6, 20, 35, 37) – с промежуточной глубиной очага ($h=109$ –156 км). Очаги землетрясений (4, 27) характеризуются близгоризонтальными напряжениями сжатия и более крутыми растягивающими напряжениями, сейсмодислокации типа пологого надвига в (4) и взброса в (27). Землетрясение (36) произошло в условиях близгоризонтального напряжения растяжения. Подвижка в очаге имела характер сдвига. В интервале глубин $h>81$ км преобладали близгоризонтальные напряжения растяжения. В очаге землетрясения (6) наблюдался сдвиг, в очаге (20) – взрез, для очагов (35, 37) – подвижка по близгоризонтальной плоскости типа пологого надвига (табл. 6, 7).

Сейсмический процесс был в течение года равномерным (рис. 3).

В **Северо-Итурупском районе (№ 4)** зарегистрировано 104 землетрясения с глубиной гипоцентра $h \leq 80$ км и 7 землетрясений с $h=81$ –157 км [16], что соответствует уровню числа землетрясений в 1997 г. [15]. Суммарная сейсмическая энергия мелкофокусных землетрясений уменьшилась в 32 раза: самое сильное ($MLH=5.3$) землетрясение (8) произошло 6 февраля в 01^h05^m на глубине $h=45$ км.

Число толчков с $h>80$ км увеличилось незначительно, но магнитуа землетрясений была выше, чем в 1997 г., в результате сейсмическая энергия более чем на порядок превышает таковую в 1997 г. [15]. Самое сильное ($MSH=5.6$) землетрясение зарегистрировано 19 сентября в 09^h41^m на глубине $h=151$ км.

В Северо-Итурупском районе определены механизмы очагов 5 землетрясений (8, 19, 28, 33, 40), гипоцентры всех расположены на глубине $h<80$ км. Система напряжений в верхнем интервале глубин была неустойчивой. Установлены следующие дислокации: сдвиг в очагах землетрясений (8, 33, 40), пологий надвиг в (19) и взброс в (28).

Сейсмический процесс для мелкофокусных землетрясений был равномерным в течение года, глубокие землетрясения происходили в основном в августе-октябре (рис. 3).

Кунашир-Шикотанский район (№ 5) оказался, как всегда, наиболее сейсмоактивным. Зарегистрировано 191 землетрясение с глубиной гипоцентра $h \leq 80$ км и 30 землетрясений с $h=81$ –220 км [16], т.е. почти то же, что и в 1997 г. [15]. Суммарная сейсмическая энергия мелкофокусных землетрясений уменьшилась в 3.2 раза. Самое сильное ($MLH=5.8$) из них (5) зарегистрировано 20 января в 15^h21^m на глубине $h=61$ км с макросейсмическим эффектом на Шикотане ($\Delta=20$ км) 6 баллов. Согласно рис. 2, его очаг реализовался в условиях близгоризонтального напряжения сжатия и более крутого напряжения растяжения. Обе возможные плоскости

разрыва ориентированы субмеридионально и имеют крутое падение. По обеим плоскостям произошли взбросовые подвижки. Второе по величине ($MLH=4.9$) землетрясение (7) зафиксировано 5 февраля в 10^h48^m на глубине $h=58$ км с макросейсмическим эффектом на Шикотане ($\Delta=110$ км) 5 баллов, в пос. Южно-Курильск ($\Delta=93$ км) – 4–5 баллов. Суммарная сейсмическая энергия землетрясений с $h=81$ –220 км уменьшилась в 22 раза, по сравнению с соответствующей энергией в 1997 г. Сейсмический процесс был равномерным в течение года (рис. 3).

В Кунашир-Шикотанском районе определены механизмы очагов для 19 землетрясений (1, 3, 5, 7, 12, 13, 15, 16, 18, 24–26, 30, 38, 42 на рис. 1, 2) [19], большая часть из которых произошла в верхнем глубинном интервале с $h<80$ км. В промежуточном интервале $h=81$ –220 км отмечены 4 землетрясения (9, 31, 41, 44). Система напряжений, действующая в верхнем интервале глубин, была неустойчивой, очаги землетрясений характеризуются близкими по значению напряжениями сжатия и растяжения с незначительным преимуществом сжимающих напряжений. Характерные дислокации: пологий надвиг в очагах землетрясений (1, 7), взброс – в (3, 16, 24–26, 30, 38, 42), взрез – в (12, 15, 18), сброс – в (13). В очагах землетрясений в промежуточном интервале глубин преобладали близгоризонтальные напряжения растяжения и более крутые – сжатия. Характерные дислокации: взрез в очагах землетрясений – (9, 44), сдвиг – в (31), сброс – в (41) (табл. 6, 7).

В районе о-ва Хоккайдо (№ 6) сейсмическая активность заметно снизилась: зарегистрировано 39 землетрясений с глубиной гипоцентра $h\leq 80$ км и 33 землетрясения с $h=81$ –221 км [16], что в 1.2 раза меньше, чем в 1997 г. [15]. Суммарная сейсмическая энергия мелкофокусных землетрясений уменьшилась в 31 раз, промежуточных – почти в 79. Самое сильное ($MLH=4.8$) землетрясение в верхнем интервале глубины произошло 11 февраля в 02^h25^m с $h=71$ км. В промежуточном интервале глубин сильнейшее ($MSH=5.8$) землетрясение произошло 1 ноября в 19^h13^m на глубине $h=103$ км.

В Японском море (№ 7) зарегистрировано три землетрясения с глубиной гипоцентра $h\leq 80$ км и 22 землетрясения – с $h=81$ –317 км [16], что в 2 раза больше, чем в 1997 г. [15]. Суммарная сейсмическая энергия глубокофокусных землетрясений увеличилась почти в 53 раза. Самым сильным ($MSH=5.4$) было землетрясение (22), произошедшее 14 апреля в 07^h46^m на глубине $h=211$ км. Для него определен механизм очага: взрез под воздействием близгоризонтального напряжения растяжения и достаточно крутого напряжения сжатия (табл. 6, 7).

В Охотском море (№ 8) зарегистрировано 40 землетрясений с гипоцентрами на глубине $h=99$ –679 км [16]. Их суммарная сейсмическая энергия была наивысшей из всех районов Курило-Охотского региона и превысила в 1.4 раза энергию, высвободившуюся в очагах землетрясений этого района в 1997 г. [15]. Самым сильным ($MSH=6.6$) оказалось землетрясение (45), зарегистрированное 29 ноября в 17^h13^m на глубине $h=386$ км. Вторым по величине ($MSH=6.2$) явилось самое глубокое ($h=679$ км) землетрясение (10), зарегистрированное 9 февраля в 03^h02^m .

В Охотском море определены механизмы очагов для землетрясений (10, 21, 32, 39, 43, 45). Очаги землетрясений (32, 39, 45) характеризуются взбросовыми подвижками, а (21, 43) – сдвиго-надвиговыми под воздействием сжимающих напряжений, кроме землетрясения (10), для которого подвижка – типа взрез (или пологий сброс). Ход сейсмического процесса во времени был равномерным (рис. 3).

Интерпретация данных каталога механизмов очагов [19] позволяет оценить осредненное напряженное состояние среды и выявить характерные типы подвижек в очагах землетрясений Курило-Охотского региона в 1998 г. (табл. 8, 9). В большинстве случаев в земной коре и верхней мантии действовали близгоризонтальные напряжения сжатия и более крутые растягивающие напряжения, кроме Онекотан-Матуанского района, где на глубине $h=81$ –300 км преобладали растягивающие напряжения. Наиболее распространенными были подвижки типа взброс (сброс), сдвиго-надвиг, пологий взброс (надвиг), пологий сброс (взрез).

Анализируя данные каталога [16] основных параметров землетрясений в целом по региону можно отметить, что наибольшая сейсмическая активность, по-прежнему, наблюдалась в районах № 3–5 (Средние и Южные Курильские острова), кроме того, возросла глубокофокусная активность под Японским (№ 7) и Охотским (№ 8) морями (рис. 1, табл. 4).

Коэффициенты графиков повторяемости типа $\lg N=a-bM$ для землетрясений с $h\leq 80$ км за 1994–1998 гг. даны в табл. 10.

Таблица 9. Процентное соотношение типов дислокаций в очагах землетрясений Курило-Охотского региона в 1998 г.

Дислокации	Интервал глубин, км			
	0–30	31–80	81–300	>300
Взброс	–	48%	–	50%
Вброс	–	4	19	–
Сдвиг	100%	14	27	17
Пологий надвиг	–	17	27	17
Взрез	–	17	27	16

Таблица 10. Параметры графиков повторяемости землетрясений Курило-Охотского региона с $h \leq 80$ км

Год	Интервал MLH	a	b	Стандартное отклонение $\lg N$
1994	4.5–6.5	6.57	0.93	0.30
1995	4.5–6.5	7.06	1.01	0.14
1996	4.5–6.5	6.91	1.06	0.12
1996	4.5–7.0	6.41	0.95	0.18
1997	4.0–6.0	6.47	1.01	0.27
1998	4.0–6.0	7.47	1.23	0.15

Примечание. Расчет параметров графиков произведен с шагом $\Delta MLH = 0.5$.

Л и т е р а т у р а

1. Фокина Т.А., Паршина И.А., Рудик М.И., Дорошкевич Е.Н., Сафонов Д.А., Сен Рак Се, Ким Чун Ун, Микрюкова О.В., Краева Н.В. Сахалин (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
2. Фокина Т.А., Рудик М.И., Паршина И.А., Дорошкевич Е.Н., Бобков А.О., Сафонов Д.А., Микрюкова О.В. Приамурье и Приморье (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
3. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 1998 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ОМЭ ИФЗ РАН, 1998–1999.
4. Bulletin of International Seismological Centre (for 1998). – Ньюбери: ISC, 2000.
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. Миталева 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., Миталева 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 сейсмотектонических задач // Физика Земли. – 1977. – № 3. – С. 103–109.
14. **Фокина Т.А., Давыдова Н.А., Рудик М.И., Бобков А.О., Брагина Г.И.** Курило-Охотский регион // Землетрясения Северной Евразии в 1996 году. – М.: ОИФЗ РАН, 2002. – С. 110–118.
15. **Фокина Т.А., Давыдова Н.А., Рудик М.И., Бобков А.О.** Курило-Охотский регион // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ФОП, 2003. – С. 129–139.
16. **Поплавская Л.Н., Фокина Т.А., Давыдова Н.А. (отв. сост.), Брагина Г.И., Коваленко Н.С., Пиневич М.В.** Курило-Охотский регион (См. раздел IV (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
17. **Hisada T., Nakagawa K.** Present Japanese Development in Engineering Seismology and their Application to Building. – Japan, 1958.
18. **Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага).** Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
19. **Рудик М.И. (отв. сост.)** Курило-Охотский регион (См. раздел V (Каталоги механизмов очагов землетрясений) в наст. сб. на CD).