

КУРИЛО-ОХОТСКИЙ РЕГИОН

Т.А. Фокина, Н.А. Давыдова, М.И. Рудик, А.О. Бобков

В 1997 г. на территории Курильских островов работали три сейсмические станции Сахалинской опытно-методической сейсмологической партии (СОМСП): "Курильск", "Северо-Курильск" и "Южно-Курильск" (рис. 1, табл. 1). Сейсмическая станция "Шикотан" была закрыта в ноябре 1996 г. Для определения параметров землетрясений региона привлекались инструментальные данные сейсмических станций Сахалина и Приамурья, а также бюллетени ОМЭ ОИФЗ РАН [1], JMA, Национального информационного центра по изучению землетрясений (NEIC, США), ISC [2]. Методика обработки данных и схема деления региона на отдельные сейсмоактивные районы остались без изменений [3-13].

Таблица 1. Сейсмические станции Курило-Охотского региона, работавшие в 1997 г., и их параметры

№	Станция			Дата открытия	Координаты			Аппаратура				
	Название	Код			φ°, N	λ°, E	h, м	Тип прибора	Комп-нента	V _{max} /чувствит-сть	ΔT _{max} , с	
		межд.	рег.									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Северо-Курильск	SKR	СВК	март 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	0.20-19.0	
								СКД-КПЧ	N,E,Z	10.0	0.045-4.6	
									С-5-С	N,E,Z	1.0	0.085-4.6
										N,E,Z	0.04 с ²	0.020-2.0
								ОСП		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	
								СМ-3	N,E,Z	25.0	0.011-0.11	
									N,E,Z	1.0	0.011-0.11	
								УБП	N,E	33.0	1.0-3.0	
СМР-2	N,E	7.0	2.0-5.0									
	СМР-0	N	1.0	1.5-3.5								
СБМ		1.1	0.23-0.27									
2	Курильск	KUR	КУР	январь 1965	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	0.20-20.0	
								N,E,Z		500	0.20-17.0	
								N,E,Z		200	0.20-15.0	
								N,E,Z		20	0.20-15.0	
								СКД-КПЧ	N,E,Z	1.0	0.045-4.6	
									С-5-С	N	10.0	0.053-4.6
										N	1.0	0.044-4.6
								Z		10.0	0.053-4.6	
								ОСП	E	1.0	0.047-4.6	
									E	10.0	0.053-4.6	
									N	0.045 с ²	0.015-1.1	
								ОСП	E	0.045 с ²	0.014-1.1	
									Z	0.045 с ²	0.013-2.2	
Южно-Курильск	YUK	ЮКР	октябрь 1960	44.03	145.86	28	СКМ-3		N,E,Z	10000	0.22-0.5	
								СКД	N,E,Z	5000	0.22-0.5	
									N,E,Z	2500	0.22-0.5	
							N,E,Z		1000	0.20-20.0		

№	Станция			Дата открытия	Координаты			Аппаратура			
	Название	Код			φ°, N	λ°, E	h, м	Тип прибора	Комп-нента	V _{max} /чувствит-сть	ΔT _{max} , с
		межд.	рег.								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
								ССРЗ	N,E,Z	500	0.15-17.0
									N,E,Z	200	0.15-17.0
									N	0.0018 с ²	0.5-18.0
									E	0.0019 с ²	3.0-20.0
								ACT	Z	0.0021 с ²	0.5-20.0
									N	0.0541 с ²	
									E	0.0590 с ²	
									Z	0.0574 с ²	

Примечание. Сейсмографы С-5-С, акселерографы ОСП и ССРЗ работали в ждущем режиме регистрации.

В 1997 г. на территории региона определены параметры 653 землетрясений с $MLH \geq 4.0$ ($K_c \geq 9$), глубину гипоцентра удалось оценить для 454 землетрясений [14]. Карта эпицентров представлена на рис. 1.

В качестве общей характеристики региона рассмотрим распределение землетрясений по глубине гипоцентров, представленное в табл. 2. Из нее следует, что свыше 62% землетрясений отмечено на глубине $h \leq 80$ км, при этом максимум их числа ($N=130$) зарегистрирован в слое $h=31-50$ км.

Таблица 2. Распределение землетрясений Курило-Охотского региона по интервалам глубины гипоцентра

h, км	N _г	h, км	N _г	h, км	N _г
1 - 10	-	201 - 210	3	401 - 410	1
11 - 20	2	211 - 220	4	411 - 420	-
21 - 30	32	221 - 230	6	421 - 430	2
31 - 40	65	231 - 240	-	431 - 440	1
41 - 50	65	241 - 250	2	441 - 450	-
51 - 60	52	251 - 260	2	451 - 460	1
61 - 70	43	261 - 270	2	461 - 470	-
71 - 80	26	271 - 280	1	471 - 480	-
81 - 90	12	281 - 290	-	481 - 490	1
91 - 100	13	291 - 300	-	491 - 500	3
101 - 110	21	301 - 310	-	501 - 510	-
111 - 120	12	311 - 320	-	511 - 520	1
121 - 130	7	321 - 330	1	521 - 530	-
131 - 140	13	331 - 340	3	531 - 540	-
141 - 150	13	341 - 350	1	541 - 550	-
151 - 160	13	351 - 360	2	551 - 560	-
161 - 170	2	361 - 370	3	561 - 570	-
171 - 180	1	371 - 380	3	571 - 580	1
181 - 190	4	381 - 390	3	581 - 590	-
191 - 200	3	391 - 400	7	591 - 608	1

Суммарная сейсмическая энергия (табл. 3), выделившаяся в очагах землетрясений в 1997 г., в 9 раз меньше таковой в 1996 г. [13], причем для землетрясений с глубиной гипоцентра $h \leq 80$ км она уменьшилась почти в 36 раз, для глубокофокусных ($h > 80$ км) – в 5 раз. Наибольшее ее количество высвободилось в очагах глубоких землетрясений в районе о. Хоккайдо. Самое сильное ($MLH=6.5$, $MSH=6.5$) землетрясение зарегистрировано в Кунашир-Шикотанском районе 15 ноября в 07^h05^m на глубине $h=158 \pm 6$ км (42 на рис. 1, 2). Оно ощущалось в Японии с интенсивностью сотрясений до 6-7 баллов, на Южных Курилах – до 4 баллов [14]. Всего же было 76 ощутимых землетрясений. Распределение их по районам и интервалам глубин гипоцентров приведено в табл. 4, куда не вошли 5 землетрясений с неопределенной глубиной очага, происшедшие в районе о. Хоккайдо и ощущавшиеся в Японии с интенсивностью 1-2 балла.

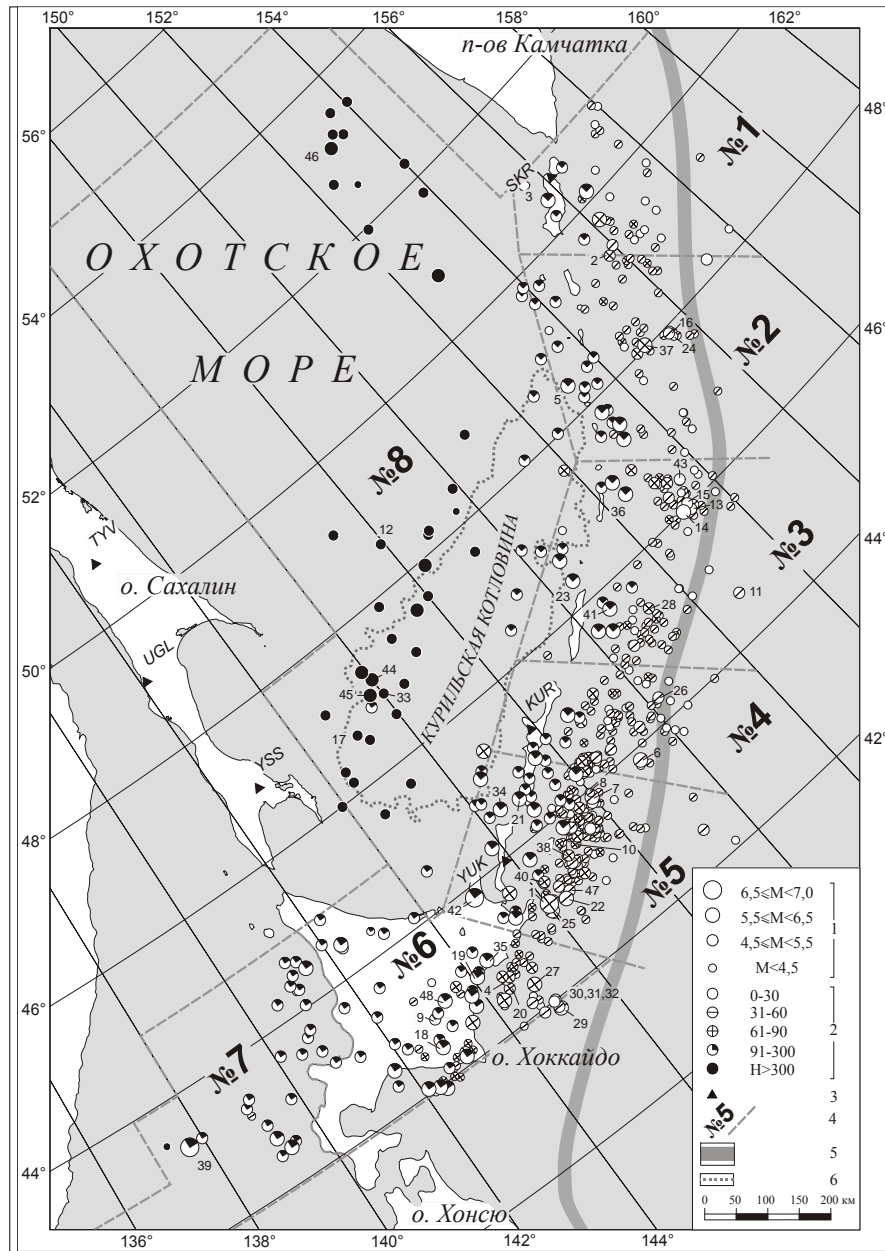


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Курило-Охотского региона за 1997 г.

1 – магнитуда MLN ($h \leq 80$ 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 оконтуривает глубоководную Курильскую котловину. Числа – номера землетрясений в соответствии с графой 1 регионального каталога [14].

Таблица 3. Распределение числа землетрясений по магнитудам MLN и MSH и суммарная сейсмическая энергия ΣE по районам

№	Район	$h \leq 80$ км							$\Sigma E \cdot 10^{13}$, Дж
		MLN							
		4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	
1	Парамуширский	22	10	-	-	-	-	-	0.02
2	Онекотан-Магуанский	36	8	-	2	-	-	-	0.48
3	Симушир-Урупский	56	27	5	2	1	-	-	1.3
4	Северо-Итурупский	67	27	-	1	1	-	-	4.1
5	Кунашир-Шикотанский	122	43	2	1	1	-	-	3.0
6	Остров Хоккайдо	26	15	4	2	1	-	-	2.8
7	Японское море	2	-	-	-	-	-	-	
8	Охотское море	-	-	-	-	-	-	-	
	Всего:	330	130	11	8	4	-	-	11.67

h>80 км									
№	Район	MSH							ΣE*10 ¹³ , Дж
		4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	
1	Парамуширский	2	4	-	-	-	-	-	0.01
2	Онекотан-Матуанский	12	4	-	1	-	-	-	0.18
3	Симушир-Урупский	8	4	2	-	-	-	-	0.05
4	Северо-Итурупский	5	3	-	-	-	-	-	0.004
5	Кунашир-Шикотанский	16	9	1	-	-	1	-	16
6	Остров Хоккайдо	17	16	3	3	1	1	-	48
7	Японское море	3	3	3	1	-	-	-	0.34
8	Охотское море	14	5	7	12	7	1	-	17
	Всего:	79	46	16	17	9	3	-	82.58

Примечание. При составлении таблицы величина всех землетрясений приводилась к магнитуде MLH путем пересчета из классов K_C для землетрясений с глубиной h<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.

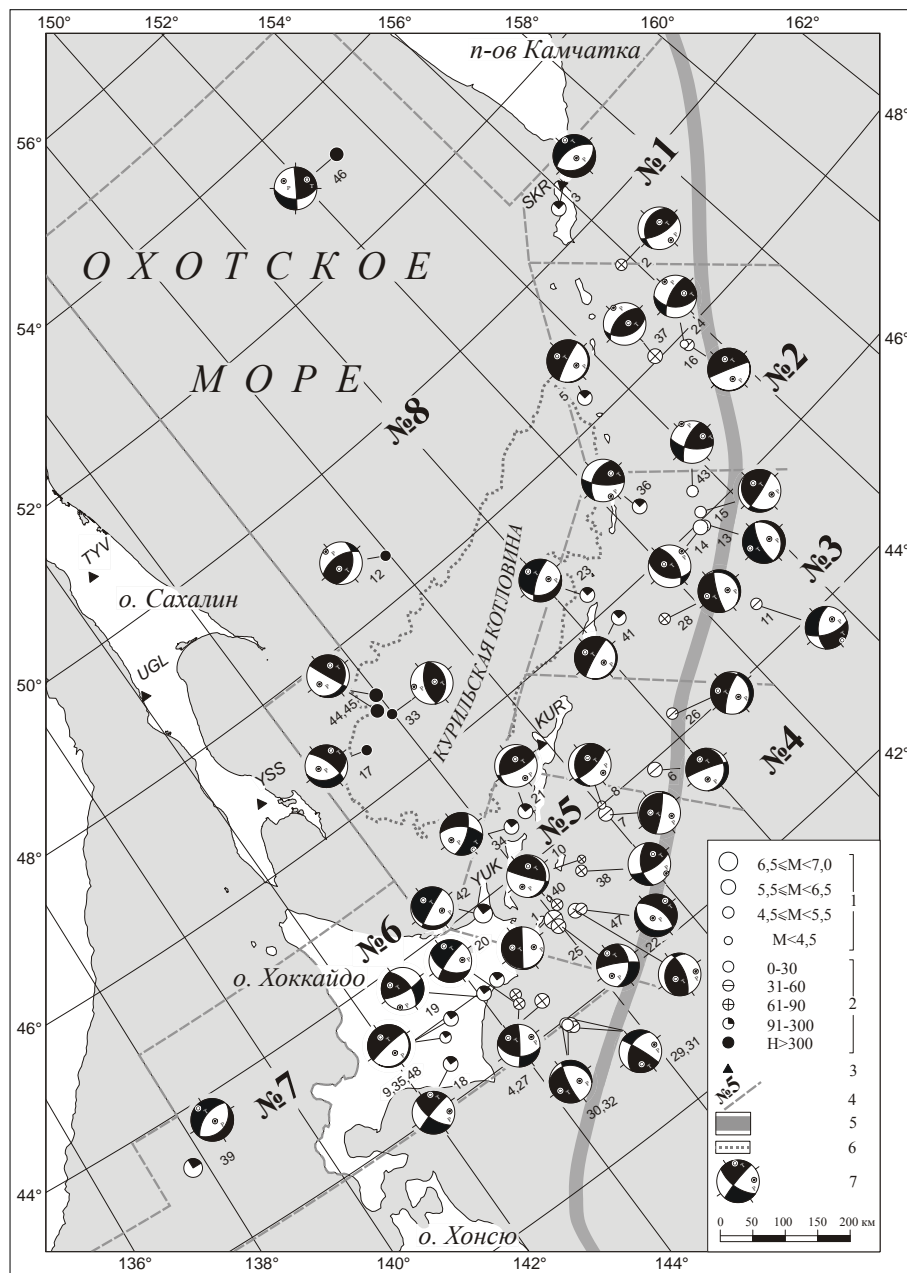


Рис. 2. Карта механизмов очагов землетрясений Курило-Охотского региона за 1997 г.

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

Таблица 4. Распределение числа землетрясений в районах Курило-Охотского региона по интервалам глубины h гипоцентра, максимальные значения интенсивности сотрясений I_{\max} и магнитуды M_{\max}

№	Район	h км	N_{Σ}	$N_{\text{ощут.}}$	I_{\max}	M_{\max}	
						MLH	MSH
1	Парамуширский	0-30	5	-	-	4.6	5.2
		31-80	15	3	1-2	4.3	5.9
		81-160	6	1	1-2	4.6	(6.0)
2	Онекотан-Матуанский	0-30	2	-	-	4.4	5.4
		31-80	32	1	1-2	5.7	6.4
		81-230	17	-	-	-	5.7
3	Симушир-Урупский	0-30	15	-	-	5.9	6.3
		31-80	57	1	1-2	5.4	6.0
		81-184	14	-	-	4.3	6.4
4	Северо-Итурупский	0-30	4	-	-	4.3	5.5
		31-80	45	1	3-4	6.3	6.4
		81-152	8	-	-	3.7	5.5
5	Кунашир-Шикотанский	0-30	4	-	-	4.5	-
		31-80	71	18	5	6.1	6.4
		81-161	28	8	6-7	6.5	6.8
6	Остров Хоккайдо	0-30	3	2	1-2	5.4	5.8
		31-80	31	18	5	6.1	6.5
		81-280	40	15	5	5.4	6.4
7	Японское море	0-30	1	1	1-2	-	-
		31-80	1	1	3-4	4.2	-
		81-330	10	-	-	-	(5.4)
8	Охотское море	0-30	-	-	-	-	-
		31-80	-	-	-	-	-
		81-608	46	1	3-4	5.7	6.0

Определены механизмы очагов 48 землетрясений с $MLH \geq 4.2$ (табл. 5, рис. 2): 25 из них относятся к мелкофокусным ($h \leq 80$ км), 17 – к промежуточным ($h=81-300$ км), 6 – к глубокофокусным ($h > 300$ км). Анализ каталога механизмов очагов землетрясений [15] позволяет установить характер напряженного состояния среды и типичные сейсмодислокации по каждому из районов в трех интервалах глубины (табл. 6,7).

Таблица 5. Номера землетрясений с известным механизмом очага в разных районах и на разных глубинах

№ р-на	Номер эпицентра на рис. 1				N_{Σ}
	Интервал глубин, км				
	0-30	31-80	81-300	>300	
1			3		3
2	24	2, 16, 37	5		5
3	13, 14, 15, 43	11, 28	23, 36, 41		9
4		6, 26			2
5		7, 8, 10, 22, 40, 47	1, 21, 25, 34, 38, 42		12
6	32	4, 20, 27, 29, 30, 31	9, 18, 19, 35, 48		12
7			39		1
8				12, 17, 33, 44, 45, 46	6
Всего	6	19	17	6	48

Таблица 6. Пространственно-энергетическое распределение сейсмодислокаций*

№ р-на	h, км	Магнитуда: MLH($h \leq 80$ км), MSH($h \geq 81$ км)					
		7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5
1	81-300				сброс		
2	0-30					взброс	взброс
	31-80				взрез, взброс		взброс
	81-300				взрез		

№ р-на	h, км	Магнитуда: MLH(h≤80км), MSH(h≥81км)					
		7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5
3	0-30			взброс	взрез	пологий надвиг, сдвиг	
	31-80				взрез	сброс	
	81-300			взброс	сброс		взрез
4	31-80		взрез		взрез		
5	31-80			пологий надвиг, взброс		сброс	взброс, сдвиг, пологий надвиг
	81-300	взрез	пологий надвиг, сдвиг		взброс, сброс		
6	0-30				взрез		
	31-80			взброс	взрез	сдвиг	сдвиг
	81-300		взрез	сдвиг	пологий надвиг, сдвиг, взрез		
7	81-300			сброс			
8	h>300			пологий надвиг, сдвиг	взброс, пологий надвиг	сброс, взброс	

* Классификация по типу механизма (сейсмодислокации) осуществлена по величине углов наклона к горизонту оси промежуточного напряжения (PLN) и нодальных плоскостей (DP1, DP2): сдвиги – PLN≥45°; сбросы и взбросы – PLN<45°, 20°<DP1, DP2<70°; взрезы (или пологие сбросы) – PLN<45°, DP1≥70°, DP2≤20°.

Таблица 7. Осредненная ориентация тектонических напряжений и тип подвижки в трех интервалах глубины h в каждом районе

№	Район	h, км	Напряжения						Тип подвижки
			Т		N		P		
			PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	
1	Парамуширский	81-300	13	15	03	284	77	183*	сброс*
2	Онекотан-Матуганский	0-30	51	116	36	271	13	10*	сдвигонадвиг
		31-80	82	34	05	248	06	156	надвиг
		81-300	60	19	17	257	24	159*	взброс
3	Симушир-Урупский	0-30	70	267	11	32	16	124	надвиг
		31-80	12	309	24	217	62	70	сброс
		81-300	38	300	47	91	18	196	сдвигонадвиг
4	Северо-Итурупский	31-80	60	320	20	91	20	188	надвиг
5	Кунашир-Шикотанский	31-80	66	26	23	202	00	290	сдвигонадвиг
		81-300	58	02	21	229	20	139	надвиг
6	Остров Хоккайдо	0-30	32	266	18	08	52	123*	сброс
		31-80	65	284	06	24	24	116	взброс
		81-300	61	338	18	206	19	108	надвиг
7	Японское море	81-300	13	341	03	250	77	148*	сброс
8	Охотское море	300-400	44	57	43	214	12	313	сдвигонадвиг
		401-600	65	240	23	83	09	349*	сдвигонадвиг
		h>600	29	52	45	175	31	302	сдвиг

* Ориентация тектонических напряжений по единственному решению.

График развития сейсмического процесса по районам в течение 1997 г. представлен на рис. 3.

В **Парамуширском районе (№ 1)** наблюдалась слабая сейсмическая активность. На его территории зарегистрировано 38 землетрясений с $K_c \geq 9$, что составляет по числу землетрясений – 61% от такового в 1996 г., по энергии – в 4.5 раза меньше в очагах мелкофокусных ($h \leq 80$ км) и в 28 раз – глубокофокусных землетрясений [13]. Почти половина (47%) всех землетрясений зарегистрирована на глубине $h=30-80$ км (табл. 4). Самые сильные землетрясения района произошли в западной части шельфа о. Парамушир (3 февраля в 07^h53^m с $MSH=5.6$, $h=160 \pm 8$ км) и с восточной стороны Курило-Камчатской глубоководной впадины (25 марта в 14^h31^m с $MSH=4.6$, $h=23 \pm 2$ км) [14]. Для первого землетрясения определен механизм очага [15], который реализовался под воздействием преобладающего напряжения растяжения и близвертикального напряжения сжатия. По обеим возможным плоскостям разрыва наблюдалась подвижка типа сброс (табл. 6). Сейсмический процесс в Парамуширском районе в течение 1997 г. протекал равномерно (рис. 3).

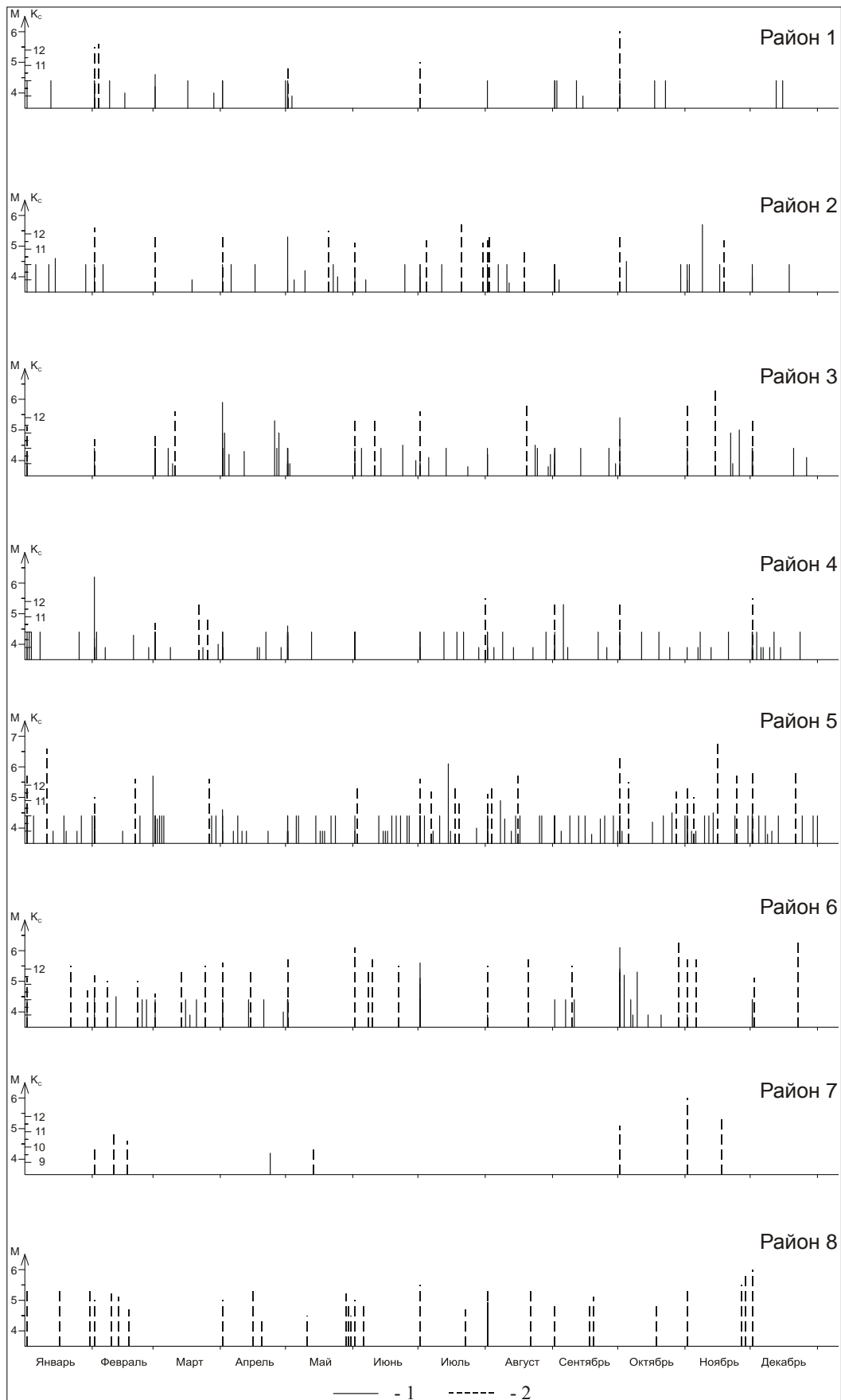


Рис. 3. Графики развития сейсмического процесса во времени для районов №1-8

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

В Онекотан-Матуанском районе (№ 2) произошло 63 землетрясения с $K_C \geq 9$, что соответствует их числу в 1996 г., но суммарная сейсмическая энергия мелкофокусных толчков в 2.5 раза меньше таковой в 1996 г., глубоких – в 4.3 раза [13]. Не менее 52% из них имеют глубины $h=30-80$ км (табл. 4). Самое сильное ($MLH=5.7$, $MSH=6.0$) землетрясение района (37 на рис. 1, 2) зарегистрировано 8 ноября в $12^h 14^m$ с $h=68 \pm 28$ км. В группе эпицентров вблизи Курило-Камчатского желоба (рис. 1,2) выделяется землетрясение (16), происшедшее 22 мая в $14^h 41^m$ с $MLH=5.3$, $h=50 \pm 4$ км. В шельфовой зоне островов зарегистрировано 17 толчков на глубине 105-230 км с $MSH=4.8-5.6$ [14]. Определены механизмы очагов 5 землетрясений (табл. 5), из которых четыре (2,16,24,37) относятся к верхнему интервалу глубин ($h \leq 80$ км), а одно (5) – к промежуточному ($h=181$ км) [15]. Для очагов землетрясений (2,24,37) преобладающими были сжимающие напряжения, которые обусловили подвижку типа взброс. В очагах землетрясений (5 и 16) напряжения сжатия и растяжения действовали в равных условиях и характер подвижки в обоих – взрез (табл. 6). Сейсмический процесс развивался равномерно на протяжении года, за исключением небольшого всплеска активности в мае и ноябре (рис. 3).

В Симушир-Урупском районе (№ 3) также наблюдался заметный спад как числа землетрясений (зарегистрировано 105 землетрясений с $K_C \geq 9$, что в 1.5 раза меньше, чем в 1996 г.), так и суммарной сейсмической энергии: для мелкофокусных она в 308 раз меньше таковой в 1996 г., для глубоких – в 211 раз [13]. Почти 60% всех землетрясений произошло на глубине $h=30-80$ км (табл. 4). В пространстве эпицентры мелкофокусных землетрясений расположились двумя группами: первая – юго-восточнее о. Симушир, вторая – юго-восточнее о. Уруп. Обе группы тяготеют к Курило-Камчатскому глубоководному желобу (рис. 1). В Симуширской группе можно выделить подгруппу землетрясений с $K_C=9-11$, происшедших в апреле, которые, возможно, являются форшоками и афтершоками землетрясения (14) с $MLH=5.9$, $MSH=6.3$, происшедшего 25 апреля в $05^h 37^m$, $h=30 \pm 3$ км. Самый сильный ($MLH=5.3$, $MSH=5.7$) форшок (13) зарегистрирован в тот же день в $02^h 50^m$ с $h=30 \pm 4$ км [14]. Анализируя механизмы их очагов в [15] можно предположить, что система напряжений в них была неустойчивой: очаг землетрясения (13) характеризуется подвижкой типа взрез, в очагах (14,15,43) отмечены взброс и пологие надвиги (табл. 6). В Урупской группе наиболее сильным ($MLH=5.4$, $MSH=5.6$) был толчок (28), зарегистрированный 5 октября в $03^h 29^m$ с $h=71 \pm 5$ км. В очагах землетрясений (23,28,41) установлено преобладание растягивающих напряжений, что, по-видимому, характерно и для мелкофокусного очага (11). Характерные дислокации – взрез и сброс (табл. 6). Среди несгруппированных землетрясений района с гипоцентрами на глубине $h=106-185$ км самый сильный ($MSH=5.9$) толчок (36) отмечен 6 ноября в $22^h 46^m$ с $h=114 \pm 9$ км [14], который реализовался в условиях близгоризонтального напряжения сжатия и близвертикального напряжения растяжения. Характер подвижки – взброс (табл. 6). Сейсмический процесс развивался неравномерно, во второй половине года неглубокофокусная сейсмическая активность в районе значительно уменьшилась (рис. 3).

В Северо-Итурупском районе (№4) весьма заметно уменьшение числа глубоких очагов, а число мелких уменьшилось незначительно. Всего зарегистрировано 104 землетрясения с $K_C \geq 9$, что в 2 раза меньше, чем в 1996 г., при этом суммарная сейсмическая энергия мелкофокусных толчков уменьшилась на 1.5 порядка, глубоких – более чем на 5 порядков [13]. Почти половина (46%) землетрясений отмечена на глубине $h=30-80$ км. Во времени числа землетрясений распределены почти равномерно (рис. 3). Из наиболее сильных следует отметить землетрясение (6) 21 февраля в $23^h 40^m$ вблизи Курило-Камчатской впадины с $MLH=6.3$, $MSH=6.4$, $h=49 \pm 6$ км. Оно ощущалось в г. Курильске с интенсивностью 2 балла. В 40 км севернее зарегистрировано землетрясение (26) с $MLH=5.3$, $MSH=5.9$, $h=34 \pm 3$ км, происшедшее 5 сентября в $10^h 31^m$ [14]. Для этих двух землетрясений определены механизмы очагов [15]. Система напряжений в их очагах характеризуется одинаковым (в пределах точности определения) наклоном осей P и T относительно горизонта. Установленная дислокация в обоих очагах – взрез (табл. 6).

Кунашир-Шикотанский район (№5) оказался, как всегда, наиболее сейсмоактивным, хотя в нем также заметен спад числа мелких землетрясений при некотором увеличении глубоких. Зарегистрировано 196 землетрясений с $K_C \geq 9$, что почти соответствует числу землетрясений в 1996 г., но суммарная сейсмическая энергия мелкофокусных толчков уменьшилась в 4 раза, а широкофокусных – наоборот, увеличилась в 1.3 раза [13]. На глубине $h=30-80$ км произошло около 37 % землетрясений и около 14% – на глубине $h=81-161$ км. Самое сильное ($MLH=6.5$, $MSH=6.8$) землетрясение (42) не только района, но и региона в целом, зарегистрированное 15

ноября на северо-востоке о. Хоккайдо, описано выше. Заметна значительная группа эпицентров восточнее о. Шикотан (рис. 1), где зафиксирован сильный ($MLH=5.9$, $MSH=6.4$) толчок (7) 28 февраля в 11^h32^m с макросейсмическим эффектом около 4 баллов в г. Южно-Курильске. В этом же городе и с такой же интенсивностью сотрясений ощущалось сильное ($MLH=6.1$, $MSH=6$) землетрясение (22), зарегистрированное 14 июля в 16^h09^m с $h=55\pm 7$ км [14]. В Кунашир-Шикотанском районе определены механизмы очагов 12 землетрясений [15], шесть из них имеют глубины в диапазоне $h=31-80$ км, и еще шесть – $h=81-300$ км. Систему напряжений в верхнем слое характеризует преобладающее напряжение сжатия. В очагах четырех землетрясений (7,8,22,40) наблюдались взбросовые и надвиговые подвижки, а для землетрясений (10 и 47) подвижка носила характер сдвига и сброса, соответственно. Система напряжений в промежуточном интервале глубины была неустойчивой: в очагах землетрясений (1,21,38) преобладали близгоризонтальные напряжения сжатия и подвижки типа взброс и надвиг, в очагах других землетрясений (25,34,42) – близгоризонтальные напряжения растяжения, которые обусловили подвижку типа сброс для землетрясения (25), сдвиг – для (34), взрез – для (42) (табл. 6). Анализ сейсмического процесса показывает, что высвобождение сейсмической энергии преимущественно происходило на глубинах $h\geq 81$ км на протяжении всего года (рис. 3).

Сейсмичность **района о-ва Хоккайдо (№ 6)** заметно усилилась: зарегистрировано 89 землетрясений с $K_c\geq 9$, что почти в 2 раза выше, чем в 1996 г., при этом суммарная сейсмическая энергия мелкофокусных толчков почти в 117 раз превысила таковую в 1996 г., глубокофокусных – почти в 130 раз [13]. Около 38% землетрясений произошло на глубине $h\leq 80$ км и около 45% – на глубине $h=81-280$ км [14]. Эпицентры мелкофокусных землетрясений распределились вдоль юго-востока острова, образуя на значительном удалении от побережья немногочисленную группу на глубине $h=30-80$ км (рис. 1). Здесь 8 октября в 21^h20^m произошло сильное ($MLH=6.1$, $MSH=6.2$) землетрясение (29) с $h=33\pm 5$ км с интенсивностью сотрясений II балла по шкале JMA (по оперативным данным Японии), что соответствует 3-4 баллам по шкале MSK-64. Его очаг характеризовался преобладанием сжимающего напряжения [15]. По обеим нодальным плоскостям наблюдалась взбросо-сдвиговая подвижка. Механизм очагов других, более слабых, землетрясений (27 и 31) был аналогичен землетрясению (29). Для двух других очагов этой группы (30,32) имела место другая подвижка – взрез (табл. 6). Всего в районе о. Хоккайдо определены механизмы очагов 12 землетрясений (табл. 5). Гипоцентры 7 из них расположены в верхнем интервале глубин, 5 – в промежуточном [15]. По данным о механизмах очагов система напряжений в верхнем интервале глубины была разной. Высокой сейсмической активностью отличались промежуточные слои фокальной зоны. Землетрясения с гипоцентрами на глубине $h=81-280$ км возникали преимущественно под материковой частью о. Хоккайдо. Их суммарная сейсмическая энергия была большей среди всех районов Курило-Охотского региона. По данным о механизмах очагов (9,18,19,35,48) в этом глубинном слое оси напряжений P и T наклонены к горизонту под одинаковыми углами (в пределах точности полученных решений), что обусловило характер дислокаций типа пологого надвига (9), взреза (35,48) и сдвига (18,19) (табл. 6). Ход сейсмического процесса был неравномерным, высокий всплеск активности отмечался в октябре (рис. 3).

В **Японском море (№7)** зарегистрировано 12 землетрясений, из которых два имеют глубины $h\leq 80$ км и суммарная их энергия примерно в 10 раз меньше таковой в 1996 г., а 10 землетрясений – в диапазоне глубины $h=81-330$ км с суммарной энергией в 597 раз ниже таковой в 1996 г. [13, 14]. Наиболее сильным ($MPV=6.6$, $MSHA=6.0$) был толчок (39), происшедший 12 ноября в 22^h03^m с $h=280\pm 9$ км, для которого был определен механизм очага [15]. Данное землетрясение реализовалось под воздействием преобладающего напряжения растяжения, напряжение сжатия было близвертикально. Подвижка в очаге носила характер сброса (табл. 6).

В **Охотском море (№8)** отмечено усиление глубокофокусной сейсмической активности. Здесь зарегистрировано 46 толчков с гипоцентрами на глубине $h=85-608$ км, что в 1.4 раза больше их числа в 1996 г., а энергия в 15 раз выше [13,14]. Большинство землетрясений произошло вдоль северо-западной границы Курильской котловины (рис. 1). 28 ноября в 06^h10^m зарегистрировано первое из двух наиболее сильных землетрясений района: ощутимый ($I=3-4$ балла) толчок (45) с $MLH=5.6$, $MSH=5.9$, $h=398\pm 8$ км. По оперативным данным Японии интенсивность сотрясений не превышала II балла по шкале JMA, что соответствует 3-4 баллам по шкале MSK-64. Второй по величине толчок (46) отмечен 20 декабря в 13^h26^m с $MLH=5.7$, $MSH=6.0$, $h=608\pm 8$ км на северо-востоке Охотского моря в 200 км от западного побережья п-ва Камчатки. Определены механизмы очагов для 6 землетрясений [15]. Очаги четырех из них (12,33,44,45) с эпицентрами в северо-

западной части Курильской котловины характеризуются взбросовыми и надвиговыми подвижками под воздействием сжимающих напряжений. Механизмы очагов землетрясений (17) и (46) характеризуются подвижками типа сброс и сдвиг, соответственно (табл. 6). Сейсмический процесс развивался неравномерно (рис. 3).

Анализируя данные каталога землетрясений [14] в целом, можно отметить, что наибольшая сейсмическая активность наблюдалась в районе Средних и Южных Курильских островов, а также в восточной части о. Хоккайдо (рис. 1, табл. 3). Анализ каталога механизмов очагов землетрясений [15] позволяет оценить напряженное состояние среды и выявить характерные типы подвижек в очагах курило-охотских землетрясений за 1997 г. (табл. 6-8). В большинстве случаев в очагах землетрясений на глубинах $h=0-80$ км и $h=81-300$ км действовали близгоризонтальные напряжения сжатия и более крутые напряжения растяжения, за исключением очагов в Парамуширском (№ 1) и Северо-Итурупском (№ 4) районах. Наиболее распространенными в верхнем интервале глубин были подвижки типа взброс, сброс, сдвиг, в промежуточном интервале – взрез и сброс. Для глубоких землетрясений с $h>300$ км и эпицентрами в Охотском море наиболее представительный тип подвижки – взброс и пологий надвиг (табл. 8).

Таблица 8. Процентное соотношение типов дислокаций в Курило-Охотском регионе в 1997 г.

Дислокации	Интервал глубин, км			
	0-30	31-80	81-300	>300
взброс	50%	26%	17.6%	33%
сброс	16.7	26	23.5	17
сдвиг	-	21	17.6	17
пологий надвиг	16.7	11	11.8	33
взрез	16.6	16	29.5	-

Сравнительный анализ параметров графика повторяемости мелкофокусных землетрясений ($h \leq 80$ км) за 1994-1997 гг. (табл. 9) показывает постепенное снижение сейсмической активности Курило-Охотского региона на протяжении последних четырех лет.

Таблица 9. Параметры графика $\lg N = a - b MLN$ повторяемости землетрясений Курило-Охотского региона с $h=0-80$ км

Год	Интервал MLN	a	b	$\sigma_{\lg N}$
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

Л и т е р а т у р а

1. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 1997 год. 1997-1998. / Отв. ред. О.Е. Старовойт. Обнинск: Изд-во ЦОМЭ ИФЗ РАН.
2. Bulletin of the International Seismological Centre (for 1997). 1998-1999. Ньюбери: Изд-во ISC.
3. Поплавская Л.Н., Бобков А.О., Кузнецова В.Н., Нагорных Т.В., Рудик М.И. 1989. 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. С. 32-51.
4. Миталева Н.А., Бойчук А.Н. 1988. Землетрясения Курило-Охотского региона // Землетрясения в СССР в 1985 году. М.: Наука. С. 144-154.
5. Поплавская Л.Н., Миталева Н.А., Бобков А.О., Бойчук А.Н., Рудик М.И. 1996. Землетрясения Курило-Охотского региона // Землетрясения в СССР в 1990 году. М.: Наука. С. 91-100.
6. Аптекман Ж.Я., Желанкина Т.С., Кейлис-Борок В.И., Писаренко В.Ф., Поплавская Л.Н., Рудик М.И., Соловьев С.Л. 1979. Массовое определение механизмов очагов землетрясений на ЭВМ // Теория и анализ сейсмологических наблюдений. М.: Наука. С. 45-58. (Вычислительная сейсмология; Вып. 12).
7. Тараканов Р.З., Ким Чун Ун, Сухомлинова Р.И. 1977. 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. С. 67-75.
8. **Соловьёв С.Л., Соловьёва О.Н. 1967.** Скорость колебания земной поверхности в объемных волнах неглубокофокусных курило-камчатских землетрясений на расстояниях до 17°. Изв. АН СССР. Физика Земли. № 1. С. 37-60.
 9. **Соловьёв С.Л., Соловьёва О.Н. 1967.** Соотношение между энергетическим классом и магнитудой Курильских землетрясений. Физика Земли. №2. С. 13-23.
 10. **Соловьёва О.Н., Соловьёв С.Л. 1968.** Новые данные о динамике сейсмических волн не глубокофокусных Курило-Камчатских землетрясений // Проблемы цунами. М.: Наука. С. 75-97.
 11. **Вермишева Л.Ю., Гангнус А.А. 1977.** Применение типизации подвижек в очагах землетрясений для решения сейсмотектонических задач // Физика Земли. №3. С. 103-109.
 12. **Давыдова Н.А., Рудик М.И., Бобков А.О., Фокина Т.А. 2001.** Курило-Охотский регион // Землетрясения Северной Евразии в 1995 году. М.: Изд-во ОИФЗ РАН. С. 87-94.
 13. **Давыдова Н.А., Рудик М.И., Бобков А.О., Фокина Т.А. 2001.** Курило-Охотский регион / Землетрясения Северной Евразии в 1996 году. М.: Изд-во ОИФЗ РАН. С. 110-118.
 14. **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 III в наст. сб. (на CD).
 15. **Рудик М.И. (отв. сост.).** Курило-Охотский регион. См. раздел IV в наст. сб. (на CD).