

Июньские землетрясения и цунами в районе Малой Курильской гряды в 1973 г.

Острова Малой Курильской гряды в 1973 г. дважды подвергались 8-балльным сотрясениям, вызванным землетрясениями 17 июня в 3 час 55 мин с $M=7,9$ и 24 июня в 2 час 43 мин с $M=7,6$ (время григорицкое). Третье сильное землетрясение, последовавшее 26 июня в 22 час 31 мин с $M=7,6$, по-видимому, также сопровождалось значительным макросейсмическим эффектом, однако по объективным причинам этот эффект не мог быть отделен от воздействия первых двух толчков.

Изучением макросейсмического эффекта, проявлений цунами, сейсмического режима и механизма очагов трех главных и нескольких десятков сильнейших повторных и предварающих толчков занималась большая группа сотрудников СахКНИИ ДВНЦ АН СССР. Сбор, обработку и обобщение макросейсмического материала производили Л.С. Оскорбин, Н.Н. Леонов, М.Д. Ферчев. Сведения о проявлениях цунами собраны и обобщены Н.А. Щетниковым. Динамические параметры очагов определялись М.И. Рудик. Инструментальные данные обобщены Л.Н. Поллавской, А.Н. Бойчук, Т.Н. Хантаевой.

Инструментальные данные

Пространственные координаты очагов 17, 24 и 26 июня и их афтершоков с $M \geq 4,5$ определены на ЭВМ "Минск-22" по программе "ЭПИЦЕНТР" [1], реализованной один из наиболее употребительных способов определения координат эпицентров курило-охотских землетрясений — метод средних линий [2-4]. Глубины залегания гипоцентров в подавляющем большинстве случаев удалось рассчитать по разностям $rP-R$ или $sP-R$ [5, 6]. При этом сведения о волне rP заимствовались из наблюдений телесейсмических станций [7, 8], а времена вступления волны sP снимались непосредственно с сейсмограмм близких станций. Магнитула главных толчков параметров определялась по амплитудам колебаний в поверхностной волне на записях дальневосточных станций. Основные данные о землетрясениях 17, 24 и 26 июня и их повторных толчках приведены в статье "Землетрясения Курильских островов и Охотского моря" в настоящем сборнике. Здесь дана карта эпицентров землетрясений с $M=6,5 \div 8$ за период наблюдений с 17 июня по 31 декабря 1973 г. (рис. 1), а также основные сведения о трех главных толчках (табл. 1).

Таблица 1

Основные данные об июньских землетрясениях с $M \geq 7$

Число	Момент возникновения, час, мин, сек	$\varphi^{\circ} N$	$\lambda^{\circ} E$	H, км	$M_L H$
17	03 55 04	43,1±0,1	145,9±0,1	50±5	7,9
24	02 43 26	43,1±0,1	146,5±0,1	50±5	7,6
26	22 32 00	42,9±0,1	146,9±0,1	50±5	6,9

Таблица 5

Данные наблюдений над цунами 28 февраля 1973 г.

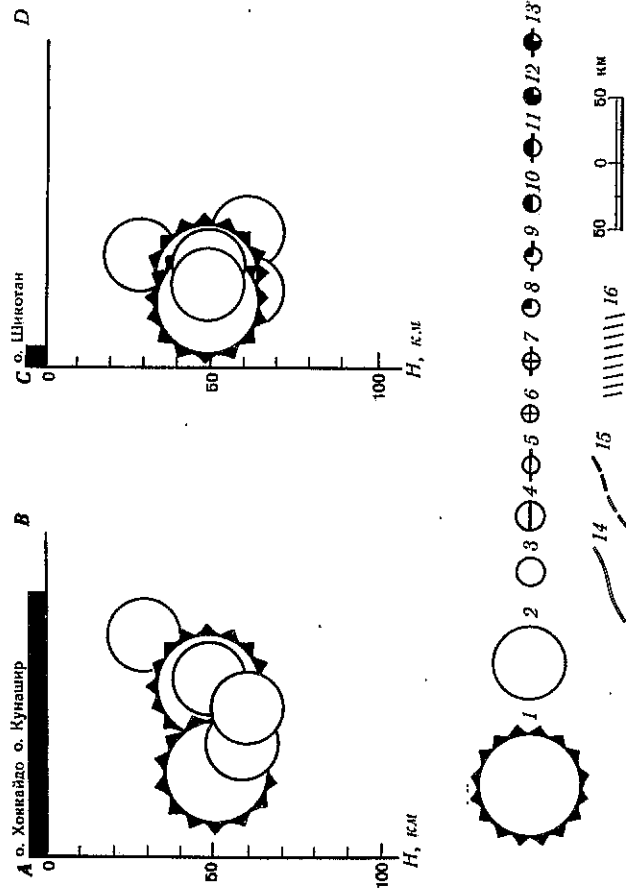
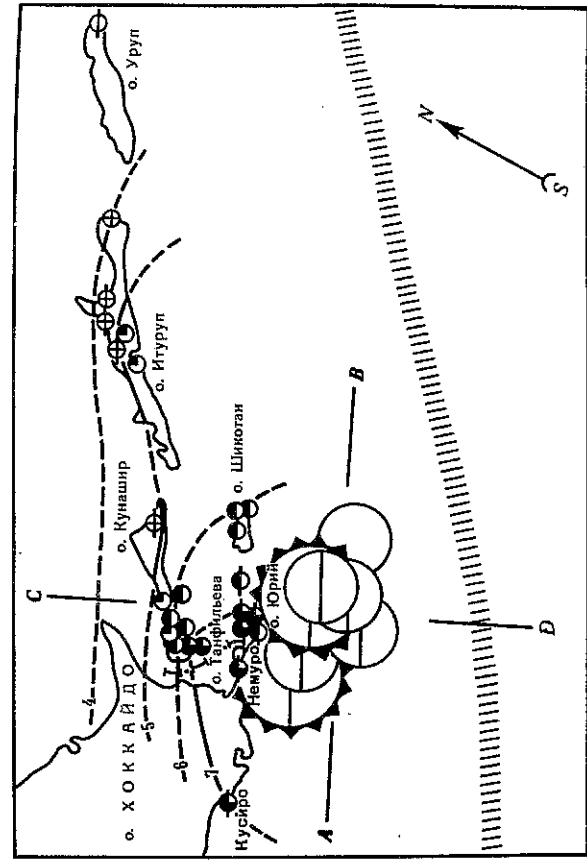
Пункт	Первая волна				Время пробега, час, мин
	Время прихода, день, час, мин	Подъем (+), спад (-)	Амплитуда, да, см	Период, мин	
Северо-Курильск	28 07 00	+	76	40	00 22
о-в Шумшу	28 06 45	-	3-4	31	00 07
о-в Матуа	28 07 20	+	7	10	00 42
м. Васильева	28 07 36	+	40	11	00 52

Окончание

Пункт	Максимальная волна				Примечание
	Время прихода, день, час, мин	Подъем (+), спад (-)	Амплитуда, да, см	Период, мин	
Северо-Курильск	28 07 00	+	76	40	Мареограф
о-в Шумшу	28 06 56	+	60	32	"
о-в Матуа	28 ?	?	?	?	"
м. Васильева	28 10 43	+	80	7	0,5 Визуально

ЛИТЕРАТУРА

- Оскорбин Л. С., Поллавская Л. Н., Рудик М. И. и др. Парамуширское землетрясение 28 февраля 1973 г. — "Труды СахКНИИ", 1975, вып. 40.
- Щетников Н. А. Северо-Курильское цунами 28 февраля 1973 г. — Там же.
- Кравец Г. П. Некоторые результаты определения эпицентров курило-охотских землетрясений на ЭВМ "Минск-22". Отчет "Сейсмичность Дальнего Востока в 1973 г.", тл. 5. Фонды СахКНИИ, 1973.
- Пшеников К. В. Механизм возникновения афтершоков и неупругие свойства земной коры. М., "Наука", 1965.
- Гущенко О. И., Симбирова И. Г. Восстановление современных полей напряжения литосферы по сейсмологическим данным и некоторые особенности афтершокового и форшокового процесса в очаговых зонах землетрясений. — Тезисы Всесоюз. совещания по механике литосферы. Л., "Наука", 1974.
- Щебакин Н. В. Методы использования информации сейсмологических данных при сейсмическом районировании. — В кн.: Сейсмическое районирование СССР. М., "Наука", 1968, тл. 6.
- Поллавская Л. А., Го Чан Нам, Щетников Н. А., Берштейн В. А. Проявление цунами на Тихоокеанском побережье СССР. Фонды СахКНИИ, 1968.



Р и с. 1. Карта-схема землетрясений в районе Малой Курильской гряды и проекции их гипоцентров на вертикальные плоскости, параллельные (AB) и ортогональные (CD) простиранию островной гряды
 Классификация по магнитуде M : 1 - $M \geq 7,5$; 2 - $7,5 > M \geq 6,5$. Классификация по глубине очага H , км: 3 - $0 \leq H \leq 30$; 4 - $30 < H \leq 60$. Макросейсмический эффект (баллы): 5 - 3-4; 6 - 4; 7 - 4-5; 8 - 5; 9 - 5-6; 10 - 6; 11 - 6-7; 12 - 7; 13 - 7-8; 14 - изосейста данного балла (уверенная); 15 - то же (неуверенная); 16 - ось глубоководного желоба

Детальное исследование области землетрясений 17-26 июня и их повторных толчков, выполненное в [9], позволило установить следующее:

1. Главные толчки 17, 24 и 26 июня произошли вне области, охваченной в 1969 г. Шикотанским землетрясением 11 августа [11].
2. Гипоцентральные области афтершоков землетрясений 17, 24 и 26 июня ориентированы вкост простирания Малой Курильской дуги, причем очаговые зоны первых двух главных толчков между собой не пересекаются, а область афтершоков землетрясения 26 июня ориентирована почти под прямым углом к эпицентральной области землетрясений 17 и 24 июня.
3. В процессе развития очаговых областей 17-26 июня сформировалась единая гипоцентральная зона, ориентированная аналогично совокупности главных толчков и сильнейших афтершоков (см. рис. 1).

Сейсмический режим очаговой зоны июньских землетрясений

В настоящей работе излагаются следующие результаты изучения последовательности афтершоков землетрясений 17-26 июня по данным за 1973 г.

1. График повторяемости афтершоков, описываемый функцией

$$\lg N = a + bM, \quad (1)$$

где N - число толчков данной магнитуды M , а M изменялась от 4,5 до 6 с шагом $\Delta M = 0,25$; a и b - параметры.

2. Характеристика высвобождения упругих деформаций в последовательности июньских землетрясений, которая аппроксимировалась прямой

$$\Sigma E^{1/2} = A + B \lg t, \quad (2)$$

где E - энергия отдельного толчка; t - время, измеряемое в сутках; A и B - параметры.

3. Распределение числа повторных толчков во времени, которое описывалось функцией

$$N = N_0 t^p, \quad (3)$$

где N - число толчков в единицу времени $t = 4$ час, а время t изменялось с момента возникновения главного толчка 17 июня; N_0 и p - параметры.

В табл. 2 приведены значения параметров функций (1) - (3), полученные по данным наблюдений с 17 июня по 31 декабря 1973 г.

Таблица 2
 Изменение параметров сейсмического режима в районе Малой Курильской гряды

Период наблюдений	a	b	A	B	N_0	p	Магнитуда сильнейшего афтершока
17-23 июня	5,42	-0,88	37	40	141	-1,2	6,5
24-26 июня	3,05	-1,14	180	330	151	-0,9	6,0
26-30 июня	6,68	-1,14	136	22	25	-0,8	5,5
17-30 декабря	-	-	-	-	398	-1,5	-
17 июня - 31 декабря	7,06	-1,14	-	-	-	-	-

Исследование процесса формирования гипоцентральной области землетрясений 17-26 июня и их повторных толчков, анализ характеристик сейсмического режима (табл. 2) этой области позволяют сделать следующие выводы:

1. Землетрясения 17, 24 и 26 июня, по-видимому, следует считать самостоятельными событиями, каждое из которых сопровождалось серией повторных толчков.

2. С течением времени в районе Малой Курильской гряды формировалась единая гипоцентральной область, ориентированная согласованно с простиранием островной дуги.

Предварительные данные о механизме очагов землетрясений 17-26 июня

Сведения о динамических параметрах главных толчков 17, 24 и 26 июня, а также предварающих и последующих землетрясений приведены в табл. 3. Ориентацию возможных плоскостей разрыва в очагах основных толчков, а также осей главных напряжений сжатия и растяжения можно проследить, анализируя рис. 2.

В очагах главных толчков и подавляющего большинства афтершоков наблюдались взбрососдвиговые дислокации, которые определялись воздействием близгоризонтальных напряжений сжатия. Преимущественно взбросовым подвижкам подвергались очаги, образовавшие обширную область, прилегающую к шельфовой зоне островов Малой Курильской гряды и о-ву Хоккайдо. Аналогичный характер

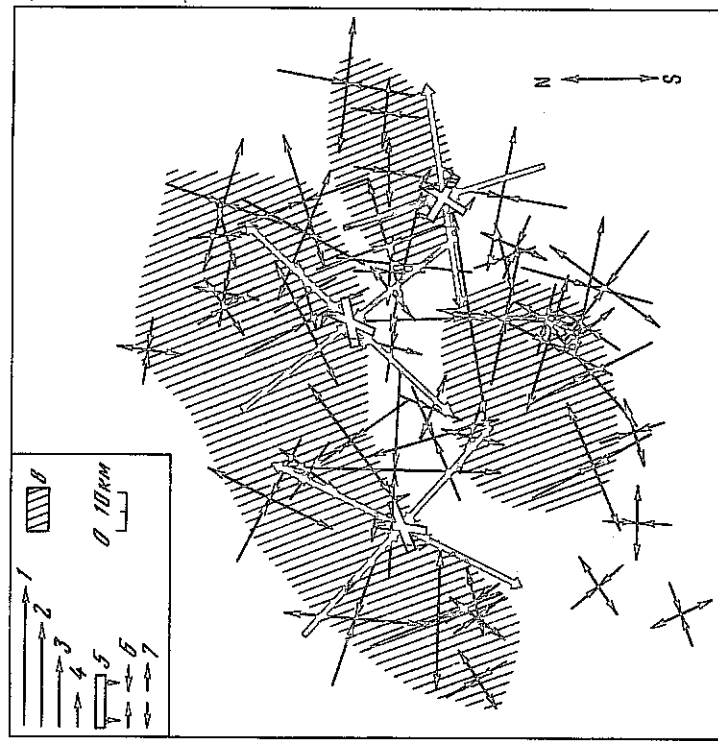


Рис. 2. Направление простирания плоскостей разрыва в очагах землетрясений 17, 24 и 26 июня и ориентация осей напряжений сжатия и растяжения в последовательности малокурильских землетрясений. Классификация по магнитуде: 1, 2 — соответствую рис. 1; 3 — $6,5 > M \geq 5,25$; 4 — $M \leq 5$; 5 — ориентация и направление падения возможных плоскостей разрыва I и II; 6 — ориентация осей главных напряжений сжатия; 7 — то же главных напряжений растяжения; 8 — области преимущественно взбрососдвиговых дислокаций

дислокаций наблюдался и в очагах юго-восточной части гипоцентральной области афтершоков. Сбросовые дислокации характерны для очагов "океанической" части области афтершоков, а также для землетрясений, очаги которых расположены в узкой полосе, разделяющей области преимущественно взбросовых движений.

Механизмы очагов главных землетрясений 17 и 24 июня подобны. Для них найдены две возможные нодальные плоскости, одна из которых ориентирована вдоль простирания Малой Курильской гряды, а вторая — ортогонально.

Обе возможные плоскости разрыва в очаге главного землетрясения 26 июня ориентированы под некоторым углом к простиранию структур, образующих островную дугу.

Механизмы очагов повторных толчков в большинстве своем аналогичны механизмам главных землетрясений 17, 24 и 26 июня. Для части афтершоков, а также большинства предварающих толчков прослеживается механизм очага, подобный Никотанскому землетрясению 11 августа 1969 г. [11].

Макросейсмический эффект землетрясений 17 и 24 июня

Сведения об ощущаемости (см. рис. 1) относятся в основном к землетрясению 17 июня, однако в некоторых случаях эффект, по-видимому, является суммарным с эффектом землетрясения 24 июня.

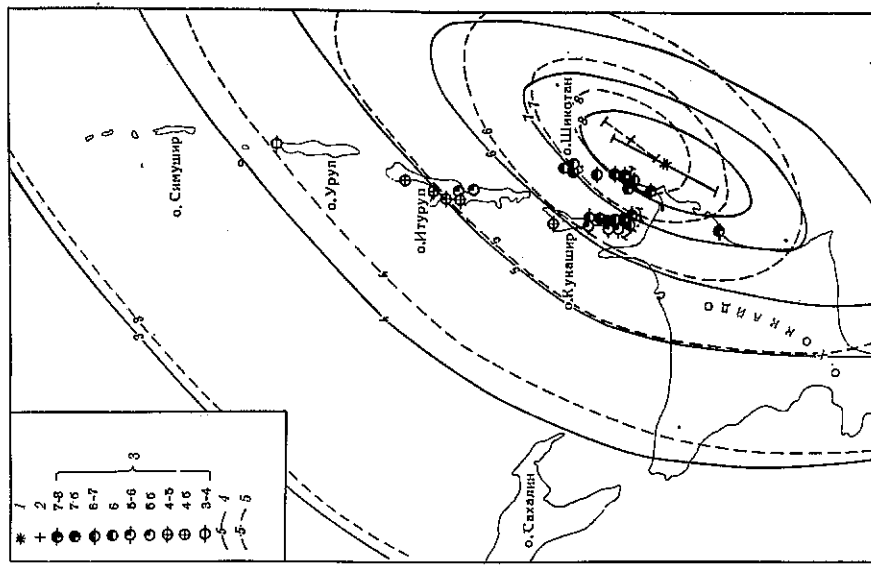
Сведения о повреждениях, наблюдавшихся на островах Малой Курильской гряды, обработаны по методике Н.В. Шебалина [10] и приведены в табл. 4, данные которой были использованы для расчета некоторых параметров землетрясения 17 июня и балльности в его эпицентре. При этом принимались следующие значения коэффициентов: $b = 1,5$, $S = 4,5$, $c = 4,5$.

Параметры землетрясения 17 июня, рассчитанные по макросейсмическим данным, получились следующие: средняя глубина очага 34 км, максимальная — 42 км; магнитуда 7,5, балльность в эпицентре по инструментальным данным 8,9, по макросейсмическим — 8,5.

По методике Н.В. Шебалина для землетрясений 17 и 24 июня были рассчитаны теоретические изосейсты.

Для определения ориентации теоретических изосейст использовались сведения о механизме очагов этих землетрясений. Для каждой изосейсты выполнялись два построения в соответствии с простиранием двух возможных плоскостей разрыва. Затем по наилучшему согласно теоретических изосейст и фактических данных наблюдений отдавалось предпочтение одной из ориентаций (рис. 3).

Рис. 3. Теоретические изосейсты землетрясений 17 и 24 июня 1973 г. 1 — инструментальный эпицентр землетрясения 17 июня; 2 — то же 24 июня; 3 — балльность; 4 — теоретические изосейсты землетрясения 17 июня; 5 — то же землетрясения 24 июня



Результаты определения механизмов

Дата (1973 г.)	Координаты очага			Магнитуда <i>M_T</i>	Плоскость I		Компоненты под- вижки по про- тиранию	Угол паде- ния	Ази- мут паде- ния	по паде- нию
	$\varphi^{\circ}N$	$\lambda^{\circ}E$	<i>H</i> , км							
Форшоки										
5.II	04 30 33	43,6	147,8	5,5	4,4	278	0,906	88		-0,423
4.IV	21 50 55	43,5	147,6	3,5	5,1	64	0,875	70		-0,348
4.IV	23 56 44	43,2	148,0	3,5	4,9	308	0,891	68		-0,454
5.IV	22 17 00	43,4	147,9	3,5	5,9	67	0,875	66		-0,485
6.IV	00 01 57	44,2	147,2	3,0	5,2	328	0,898	67		-0,438
6.IV	01 48 00	44,0	147,2	2,5	5,7	26	0,500	64		+0,866
6.IV	14 58 02	43,4	147,9	3,0	4,7	17	0,732	76		+0,682
Главный толчок										
17. VI	03 55 04	43,1	145,9	5,0	7,9	280	0,736	46		+0,682
Афтершоки										
17.VI	05 12 08	42,5	146,3	3,0	5,4	00	0,615	66		+0,788
17.VI	05 52 11	42,9	146,2	4,0	5,0	328	0,829	62		-0,838
17.VI	08 17 48	42,9	146,6	4,0	4,7	264	0,777	70		-0,629
17.VI	08 48 20	43,0	146,5	4,5	5,0	312	0,838	66		-0,545
17.VI	12 14 26	42,8	145,5	4,5	5,0	168	0,559	60		+0,825
17.VI	12 24 36	42,4	146,7	4,0	5,6	236	0,719	64		+0,695
17.VI	13 33 28	42,9	145,5	3,5-4,0	5,3	137	0,695	72		+0,719
17.VI	13 43 07	42,8	146,9	4,5	5,5	319	0,848	70		-0,529
17.VI	14 24 14	42,5	145,6	5,0	4,6	275	0,848	80		-0,529
17.VI	18 55 40	42,7	146,7	4,0	5,5	142	0,857	70		+0,515
17.VI	19 03 33	42,5	146,6	2,0	5,5	163	0,934	72		-0,358
17.VI	20 38 00	42,5	146,1	6,0	6,4	140	0,927	80		-0,375
18.VI	02 19 33	42,8	146,1	3,0	5,0	316	0,755	60		+0,656
18.VI	05 37 36	42,5	146,6	4,5	5,4	260	0,891	68		-0,454
18.VI	17 45 43	42,3	146,1	2,5	6,0	21	0,945	73		+0,325
18.VI	18 24 20	42,3	145,5	3,0	5,0	194	0,669	58		-0,743
18.VI	20 31 35	42,5	146,5	2,0	4,8	00	0,719	75		+0,695
19.VI	02 22 06	43,0	146,7	4,0	5,2	316	0,798	72		-0,601
19.VI	02 54 11	42,7	146,1	5,0	5,7	190	0,615	56		-0,788
19.VI	06 26 13	42,4	145,8	5,0	4,9	54	0,875	70		-0,485
19.VI	06 37 53	42,7	146,7	4,0	5,0	294	0,898	70		-0,438
19.VI	08 36 18	43,0	146,4	2,0	5,1	232	0,838	70		-0,545
19.VI	17 10 11	42,4	146,1	2,0	5,0	115	0,970	80		-0,242
19.VI	20 05 51	42,6	146,5	3,0	4,8	78	0,629	60		+0,777
20.VI	09 20 37	43,2	146,0	4,0	5,0	83	0,866	70		+0,500
22.VI	06 07 37	42,9	146,5	6,0	6,5	212	0,766	70		+0,643
23.VI	02 09 41	43,1	147,3	5,0	5,5	231	0,906	74		+0,423
Главный толчок										
24.VI	02 43 26	43,1	146,5	5,0	7,6	167	0,587	56		+0,809
Афтершоки										
24.VI	03 28 36	43,2	146,8	2,0	6,0	249	0,921	80		+0,391
24.VI	05 07 45	43,0	146,7	3,0	6,0	128	0,732	60		+0,682
24.VI	10 53 55	43,1	146,5	5,0	5,0	182	0,788	70		+0,615
26.VI	11 39 24	43,0	146,8	3,0	5,0	67	0,669	64		+0,743
Главный толчок										
26.VI	22 32 00	42,9	146,9	5,0	6,9	125	0,743	80		+0,669

Таблица 3

Оценки малокурельских землетрясений

Азимут паде- ния	Угол паде- ния	Плоскость II		Напряжение					
		Компоненты под- вижки		сжатия		промежуточное		растяжения	
		по про- тиранию	по паде- нию	A_z°	e°	A_z°	e°	A_z°	e°
Форшоки									
8	74	0,998	-0,052	138	19	357	74	235	16
322	64	0,921	-0,391	195	35	05	56	104	04
50	64	0,906	-0,423	177	34	02	54	270	02
324	64	0,898	-0,438	195	35	13	53	105	01
69	66	0,913	-0,406	198	34	18	54	289	01
272	53	0,809	+0,557	47	11	323	40	160	60
275	52	0,962	+0,275	49	17	303	49	153	38
Главный толчок									
158	60	0,615	+0,788	132	09	228	32	26	57
Афтершоки									
118	46	0,809	+0,587	334	11	71	34	230	54
76	60	0,838	-0,545	202	43	21	48	292	02
11	52	0,898	-0,438	131	42	331	45	230	10
56	60	0,891	-0,454	181	39	18	50	276	05
295	46	0,707	+0,707	145	08	240	31	39	58
351	52	0,819	+0,574	206	06	302	40	108	48
27	46	0,906	+0,422	167	16	73	39	274	44
62	60	0,914	-0,406	189	36	19	52	283	06
12	58	0,978	-0,207	140	29	350	54	238	14
244	62	0,939	+0,342	104	05	203	54	09	34
336	70	0,951	-0,309	195	27	13	62	104	02
46	70	0,985	-0,174	274	22	72	66	182	08
71	54	0,777	+0,629	287	05	16	39	191	54
01	60	0,914	-0,406	128	33	318	52	220	03
110	68	0,951	+0,309	340	01	76	62	250	26
315	52	0,731	-0,682	70	54	257	35	165	03
256	44	0,933	+0,358	34	18	283	41	138	40
60	56	0,927	-0,375	185	38	23	51	283	04
318	48	0,642	-0,766	67	60	256	30	165	04
312	64	0,927	-0,375	184	33	356	55	92	04
35	66	0,927	-0,375	163	33	347	58	256	04
335	60	0,914	-0,406	100	36	294	53	195	06
208	79	0,985	-0,174	341	17	158	74	72	02
316	48	0,743	+0,669	104	07	10	32	205	55
340	62	0,914	+0,406	121	04	24	53	216	36
321	52	0,883	+0,469	179	09	280	46	80	42
329	66	0,914	+0,406	191	05	293	60	97	28
Главный толчок									
294	48	0,707	+0,707	144	05	236	30	40	58
Афтершоки									
343	66	0,985	+0,714	208	10	318	64	113	22
11	54	0,788	+0,615	159	04	64	38	254	50
287	54	0,914	+0,406	147	10	250	48	49	40
311	48	0,798	+0,601	97	09	359	36	198	52
Главный толчок									
28	50	0,982	+0,191	160	20	46	48	265	36

Таблица 3 (окончание)

Дата (1973 г.)	Координаты очага			Плоскость I			Плоскость II									
	Время возникновения, час; мин; сек	$\varphi^{\circ}N$	$\lambda^{\circ}E$	Глубина, км	Магнитуда M, m, r, r_c	Угол падения	Азимут падения	Угол падения	Компоненты подвижки	по прод-ти	по попереч-но	по прод-ти	по попереч-но			
27.VI 01 02 59	42,7	146,7	40	5,0	94	70	0,829	+0,559	0,914	+0,406	132	07	31	51	227	38
27.VI 01 41 16	43,0	146,6	50	5,0	290	70	0,914	-0,406	0,920	-0,391	157	31	341	59	250	02
27.VI 03 15 20	43,0	147,0	50	5,0	222	70	0,788	+0,615	0,906	+0,422	187	09	289	46	88	41
27.VI 03 42 42	42,8	145,7	40	5,0	48	66	0,866	-0,500	0,906	-0,422	180	38	350	52	88	03
29.VI 03 27 54	43,4	146,0	55	5,5	147	56	0,695	+0,719	0,719	+0,695	117	02	209	36	2,5	54
2.VII 05 51 30	42,8	145,5	50	4,7	153	50	0,342	+0,939	0,375	+0,927	139	02	229	15	40	74
8.VII 09 59 45	43,2	146,6	45	4,5	313	52	0,406	+0,914	0,438	+0,898	329	06	237	20	75	70
12.VII 07 56 16	42,7	146,8	20	5,0	304	80	0,139	-0,990	0,438	+0,898	329	06	237	20	75	70
15.VII 14 06 51	43,4	146,6	45	5,0	244	60	0,788	+0,615	0,695	-0,719	113	53	215	11	310	36
27.VII 19 20 56	43,7	146,6	70	5,3	46	60	0,788	-0,615	0,798	+0,601	276	02	186	43	08	46
3.VIII 06 26 27	42,6	145,9	40	5,0	96	60	0,766	+0,642	0,819	-0,574	168	46	348	43	78	02
4.VIII 06 07 08	42,8	145,6	50	4,5	316	60	0,829	+0,559	0,788	+0,615	130	02	37	40	220	49
9.VIII 10 44 25	43,2	146,6	50	5,7	150	80	0,069	-0,997	0,819	+0,573	101	00	10	45	190	45
10.VIII 15 44 53	43,6	146,4	45	4,5	66	66	0,719	+0,695	0,438	-0,898	153	36	324	54	59	05
25.VIII 15 15 43	43,4	146,8	45	4,2	205	70	0,731	+0,682	0,848	+0,529	97	10	00	40	197	48
24.IX 13 41 21	43,4	146,8	40	4,3	168	54	0,587	+0,809	0,898	+0,438	173	12	275	44	72	44
2.X 08 29 37	43,1	145,5	50	5,4	54	70	0,743	+0,669	0,629	+0,777	144	02	235	29	48	61
7.X 09 27 02	42,5	146,5	15	5,2	25	60	0,601	+0,798	0,891	+0,454	106	11	208	44	04	46
31.X 23 07 01	42,8	145,3	25	4,4	304	52	0,682	+0,731	0,719	+0,695	53	08	317	30	156	58
5.XI 20 00 40	42,7	146,7	50	4,5	240	68	0,874	-0,484	0,643	+0,766	151	02	242	32	58	58
1.XII 10 38 53	42,9	146,3	40	5,3	302	50	0,559	+0,829	0,914	-0,406	110	35	295	54	202	04
4.XII 01 26 03	43,0	147,2	30	4,5	226	66	0,838	+0,544	0,529	+0,848	143	01	234	25	53	64
									0,898	+0,438	190	04	282	50	96	38

Сопоставление теоретических изосейс обоих землетрясений подтверждает тот факт, что подземные толчки 17 и 24 июня ощущались примерно одинаково на побережье Курильских островов, а на о-вах Хоккайдо и Хонсю землетрясение 24 июня проявилось слабее, чем толчок 17 июня. Кроме того, из анализа рис. 3 следует сделать вывод, что наблюдаемые радиусы осямаемости наиболее близки к коротким осям теоретических изосейс.

Проявление цунами

Два из наиболее сильных толчков серии июньских землетрясений 1973 г. возбудили заметные цунами: 17 июня в 3 час 55 мин и 24 июня в 2 час 43 мин [12]. Цунами были зафиксированы мареографными станциями Курильских островов Дальневосточного побережья Советского Союза и приливометрами (мареографными) станциями близлежащих островов Японии. Параметры волн и время их прихода по записям мареографных станций Курильских островов и по данным Японии [13] приведены в табл. 5.

Анализ таблицы показывает, что максимальная волна при рассматриваемых цунами наблюдалась в п. Ханасаки (о-в Хоккайдо, Япония) при цунами 17 июня (152 см). На Курильских островах наибольшая волна зафиксирована в п. Малого Курильского (о-в Шикотан, СССР) также при цунами 17 июня (86 см). Наибольшие перепады колебаний от наименьшего до наивысшего уровня в волнах на различных станциях приведены в колонке "Пик-ик".

При рассматриваемых цунами в обоих случаях наблюдался сравнительно небольшой разброс в периодах волн. За исключением записи мареографа, установ-

ленного в Саме (Япония), где период 34 мин, и в Северо-Курильске, где он берется неуверенно из-за некачественной записи, периоды волн, записанные приборами всех других пунктов, находятся в пределах 12-25 мин для 17 июня и 12-28 мин для 24 июня.

На всех мареограммах записи первых вступлений показывают приливную волну, что может свидетельствовать о взрососдвиговой подвижке в очаге землетрясения.

Цунами, возбужденные землетрясением 17 июня, несколько сильнее, чем цунами 24 июня. Это соответствует и магнитудам землетрясений, поскольку в первом случае магнитуда на пол-единицы больше, чем во втором. Однако оба случая следует отнести к довольно слабым, особенно для Дальневосточного побережья Советского Союза. (По визуальным данным в Японии, на побережье провинции Немуро, цунами 17 июня достигало 2 м и причинило некоторых ущерб: повреждено или унесено в море значительное количество рыбацких лодок [13].)

С использованием времени добегания волн до побережья построены обратные волновые картины для обоих случаев цунами с целью получения контуров их очаргов (рис. 4).

Очаги цунами в обоих случаях довольно уверенно аппроксимируются эллипсами, которые ограничиваются изохронами с северо-запада, севера и северо-восто-

1 На рисунке изохроны нанесены через 5 мин, за исключением граничных, время которых соответствует продолжительности пробега волн от конкретных пунктов до очага цунами. Граничные изохроны отмечены строчными индексами названия пункта (сокращенно) расположения мареографа, от которого волна отсечет времени, и цифрой, соответствующей продолжительности пробега первой волны. Например, MI-58 означает граничную изохрону от п. Миляко (Кюсю, Япония) и время добегания от него, равное 58 мин.

Таблица 5

Инструментальные данные о цунами

Пункт	Первая волна				Максимальная волна			
	Время вступления, час, мин	Подъем (+)	Амплитуда, см	Период, мин	Время вступления, час, мин	Подъем (+), спад (-)	Амплитуда, см	Период, мин
17 июня 3 час 55 мин								
Малокурильское	04 22	+	32	23	07 42	-	86	20
Южно-Курильск	05 00	+	05	23	08 02	-	21	25
Буревестник	04 49	+	25	21	06 42	+	37	20
Курильск	05 33	+	05	12	06 15	-	18	23
Северо-Курильск	Некачественная запись							
24 июня 2 час 43 мин								
Малокурильское	04 01	+	09	23	07 28	-	30	20
Южно-Курильск	03 49	+	03	26	04 15	+	06	21
Буревестник	03 30	+	16	28	03 30	+	16	28
Курильск	04 05	+	05	22	05 13	+	07	20
Северо-Курильск	Некачественная запись							
17 июня 3 час 55 мин*								
Абасири	05 29	+	?	?	?	?	?	?
Ханасаки	04 19	+	110	16	?	?	152	?
Хироо	04 39	+	110	15	04 39	+	110	15
Кусиро	04 26	+	48	20	05 50	+	55	?
Уракава	04 48	+	?	?	07 55	+	52	15
Ямасетомари	05 00	+	09	12	09 05	-	17	17
Саме	05 03	+	12	?	07 45	-	20	34
Мияко	04 48	+	34	12	07 25	+	36	18
Тёси	05 27	+	?	?	?	?	?	?
Эносима	05 01	Нет данных						
24 июня 2 час 45 мин								
Абасири	04 26	?	?	?	?	?	?	?
Ханасаки	03 00**	+	53	12	04 52	+	66	14
Хироо	03 32	+	28	12	03 32	+	28	12
Кусиро	03 21	+	10	23	04 48	+	18	21
Уракава	03 39	+	06	14	07 17	+	16	17
Ямасетомари	03 54	+	04	17	05 48	+	06	14
Саме	03 57	+	?	?	04 35	+	06	35
Мияко	03 41	+	06	18	03 53	-	09	23
Эносима	03 43	Нет данных						

* Сведения получены измерением записей на фотокопиях мареграмм.

** По пункту Ханасаки данные, полученные с мареграммы, расходятся с указанными на фиг. 3 в работе [14] на 11 мин (на фиг. 3 время добегания первой волны 28 мин).

Таблица 4

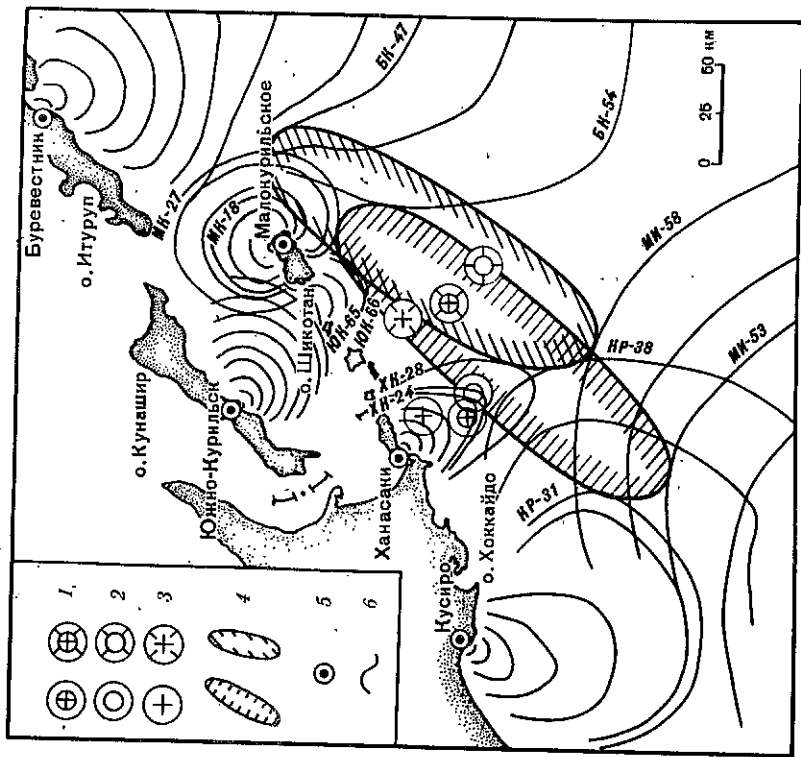
Макросейсмические данные о землетрясении 17 июня 1973 г.

Пункт	Эпицентральное расстояние, км	Тип здания	Степень повреждения по шкале MSK-64			Ощущение*	I _м , балл	I _в , балл	Примечание
			d ₁	d ₂	d ₃				
Острова:									
Анучина	40	Б	50	2	6-7	6,8			
Юрий	50	Б	100	50	7-8	7			
Танфильева	52	Б	75	3	7-8	7,1		Подземный гул, цунами до 1,5 м	
Зеленый	70	Б	50	5	7-8	7,1		Подземный гул с востока, цунами 0,5 м	
Полонского	80	Б	100	20	6-7	6,8		Цунами до 1,5 м	
о-в Шикотан:									
Крабоводск	118				Испуг (100)	6		Подземный шум	
м. Край Света	132				" (100)	6			
Малокурильское	133	Б	5		" (100)	6			
о-в Кунашир:									
Коса	75	Б	100	75	7-8	7		Подземный гул, цунами до 1 м	
Головинно	80	Б	20	2,4	6-7	7			
Петрово	90	В	50	10	6-7				
Алехино	95				Испуг, пробуждение (100)	5-6			
Третьяково	95				Заметное (100) 5-6				
Серноводск	97				Пробуждение (100)	6		Подземный гул	
Горячий Пляж	100	Б, В			6				
Менделеево	105				То же (100) 6				
г. Южно-Курильск	108	В	100	5	Испуг (10), пробуждение (100)	6-7		"	
Лагунное	110				Заметное (100) 5-6				
Уруитово	152				" (100) 5				
о-в Итуруп:									
Буревестник	265	В	5		5			"	
Пионеры	280				4-5			"	
Горячие Ключи	285				Пробуждение (100)	5		"	
Курильск	302				Заметное (75) 4-5			"	
Рейдово	315				" (50) 4-5	4		"	
Активное	360							"	
о-в Урул:								"	
м. Кастрикум	510				3-4			"	

* В скобках указано число случаев в %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кравец Г.И., Попова Л.Н. Некоторые результаты определения эпицентров Курило-Охотского региона на ЭВМ "Минск-22". Отчет "Сейсмичность Дальнего Востока в 1973 г.", гл. 5. Фонды СахКНИИ, 1973.
2. Архангельский В. Г., Введенская Н. А., Гайский В.Н. Руководство по производству и обработке наблюдений на сейсмических станциях СССР, ч. 2. М., 1954, с. 34.
3. Полевой В.А. Математическая обработка результатов радиолокационных измерений. М., "Наука", 1971.
4. Тараканов Р.З., Клим Чун Ун. Графическое определение эпицентра землетрясения способом гипербол по наблюдениям близких и удаленных станций. — "Труды СахКНИИ", 1970, вып. 24.
5. Jettrey H., Vullen K. Seismological tables. London, 1940.
6. Кондорская Н.В. Выделение волны sP при неглубоких землетрясениях и ее использование для определения глубины очага. — "Труды Геофиз. ин-та АН СССР", 1956, № 36 (163).
7. Оперативный сейсмологический бюллетень (ежедекадный). М., 1973.
8. Earthquake Data Report. (USA), 1973.
9. Оскорбин Л.С., Попова Л.Н., Бойчук А.Н. и др. Землетрясения 17-26 июня 1973 в районе Малой Курильской гряды. — "Труды СахКНИИ", 1975, вып. 40.
10. Шебалин Н.В. Методы использования инженерно-сейсмологических данных при сейсмическом районировании. — В кн.: Сейсмическое районирование СССР. М., "Наука", 1968, гл. 6.
11. Леонов Н.Н., Оскорбин Л.С., Попова Л.Н. и др. Шикотанское землетрясение и цунами 11 августа 1969 г. — В кн.: Землетрясения в СССР в 1969 году. М., "Наука", 1973.
12. Шенников Н.А. Шикотанское цунами 17 и 24 июня 1973 г. — "Труды СахКНИИ", 1975, вып. 40.
13. Tokitago Hatori. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, Tokyo, Japan, 1973. Информационное письмо. Фонды СахКНИИ, 1973.
14. Берштейн В.А., Чен Г.о., Попова Л.А. Способ оценки повторяемости высот цунами у проливного участка берега. — "Труды СахКНИИ", 1973, вып. 32.
15. Шенников Н.А. К вопросу об определении деформаций в одной поверхности в очаге цунами. — "Труды СахКНИИ", 1975, вып. 40.



Р и с. 4. Карта добегания волн Шикотанских цунами 17 и 24 июня 1973 г. 1 — эпицентры землетрясений по данным СахКНИИ (СССР); 2 — то же по данным ЯМА (Япония); 3 — то же по данным НОАА (США); 4 — построенные очаги цунами за 17 и 24 июня соответственно; 5 — пункты установки мареографов; 6 — изохроны пробега цунами. Сокращенные обозначения: БК — Буревестник, ХК — Ханасаки, КР — Куриро, МИ — Мияко, МК — Малокурильское, ЮК — Южно-Курильск

ка, построенными от пунктов Южно-Курильск, Малокурильское и Буревестник, а с юга, юго-запада и запада от Янонских станций Мияко, Куриро и Ханасаки соответственно. К сожалению, нет данных с востока из-за отсутствия мареографов открытого моря. Граница предполагаемых очагов цунами с востока построена по аналогии с западной при условии аппроксимации очагов эллипсами¹. Предполагая, что построенные контуры очагов действительно имеют, оценим величину энергии этих цунами.

Размеры осей эллипсов для очага 17 июня $2a = 209$ км и $2b = 58$ км, для очагов 24 июня $2a = 190$ км и $2b = 61$ км. Тогда S_1 и S_2 (для 17 и 24 июня) будут равны $S_1 = 9561$ км² и $S_2 = 9161$ км². Высоты волн h_{01} и h_{02} в очагах цунами, определенные по максимальным амплитудам первых волн [14, 15], записанных мареографом в п. Буревестник, оцениваются как $h_{01} = 42$ см и $h_{02} = 18$ см.

Используя полученные значения h_{01} , h_{02} , S_1 , S_2 , а также значения ρ (плотность воды) и q (ускорение силы тяжести), можем оценить энергию цунами по формуле $E_{ц} = S \rho g h_0^2$. В данном случае $E_{ц1} = 1,65 \cdot 10^{20}$ эрг и $E_{ц2} = 2,8 \cdot 10^{19}$ эрг.

¹ Такое допущение вполне возможно, поскольку оно будет находиться, по-видимому, в пределах ошибок построения изохрон при использовании существующей батиметрии района.