

1. Аптекман Ш.Л., Желанкина Т.С., Кейлис-Борок В.И. и др. Массовое определение механизмов очагов землетрясений на ЭВМ // Теория и анализ сейсмологических наблюдений. М.: Наука, 1979. С. 45-58.
2. Балакина Л.М., Введенская А.В., Годунова Н.В. и др. Методика определения механизма очага землетрясения // Поле упругих напряжений Земли и механизм очагов землетрясений. М.: Наука, 1972. С. 22-45.
3. Воробьева Е.А., Бобков А.О., Коваленко Н.С. Землетрясение 16 апреля 1986 года восточнее о-ва Шикотан: Препр. ИГиГ ДВНЦ АН СССР, 1986. 14 с.
4. Шебалин Н.В. Методы использования инженерно-сейсмологических данных при сейсмическом районировании // Сейсмическое районирование СССР. М.: Наука, 1968. С. 95-111.
5. Шебалин Н.В. Очаги сильных землетрясений на территории СССР. М.: Наука, 1974. С. 53.
6. Рудик М.И., Полиаская Л.Н. Механизм очага и параметры макросейсмического источника // Сейсмическое районирование Курильских островов, Приморья и Приамурья. Владивосток, 1977. С. 40-47.
7. Полиаская Л.Н. Теоретические изосейсты Курильских и Охотоморских землетрясений // Сейсмическое районирование Курильских островов, Приморья и Приамурья. Владивосток, 1977. С. 55-62.

УДК 550.348.436

Е.А.Воробьева, А.О.Бобков

ИТУРИТСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 21 МАЯ

Основные параметры землетрясения. Землетрясение произошло южнее о-ва Итуруп в пределах континентального склона Курило-Камчатского глубоководного жерлового [Г], вызвав сотрясение почвы силой до 4 баллов. Землетрясение ощущалось жителями всей территории Ижних Курильских островов и северо-восточной части о-ва Хоккайдо.

Параметры очага изучаемого землетрясения имели (см. региональный каталог) следующие значения: $\varphi = 43,7 \pm 0,25^{\circ}N$, $\lambda = 148,0 \pm 0,15^{\circ}E$; глубина очага, найденная по фазам pP и vP (табл. I), $h = 54 \pm 5$ км; магнитуды: $M_N = 6,5$; $M_{pH} = 6,6$.

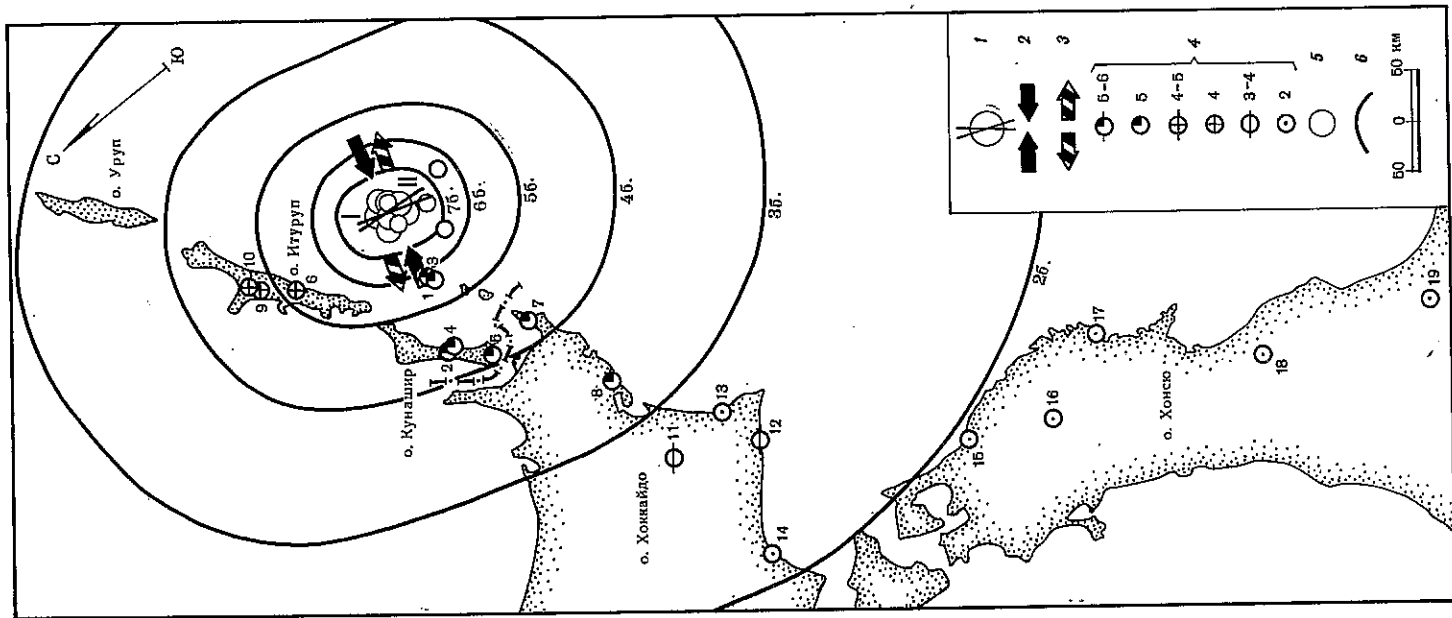
Механизм очага. Для определения механизма очага (рис. 1, 2) использованы сведения о знаках первых смещений в Р-волнах на 141 станции [2] и в S-волнах на 19 станциях. Часть знаков снята авторами непосредственно с сейсмограмм, остальные заимствованы из бюллетеней Геологической службы США, Японского метеорологического агентства, Сейсмологического бюллетеня ОМЭ АН СССР.

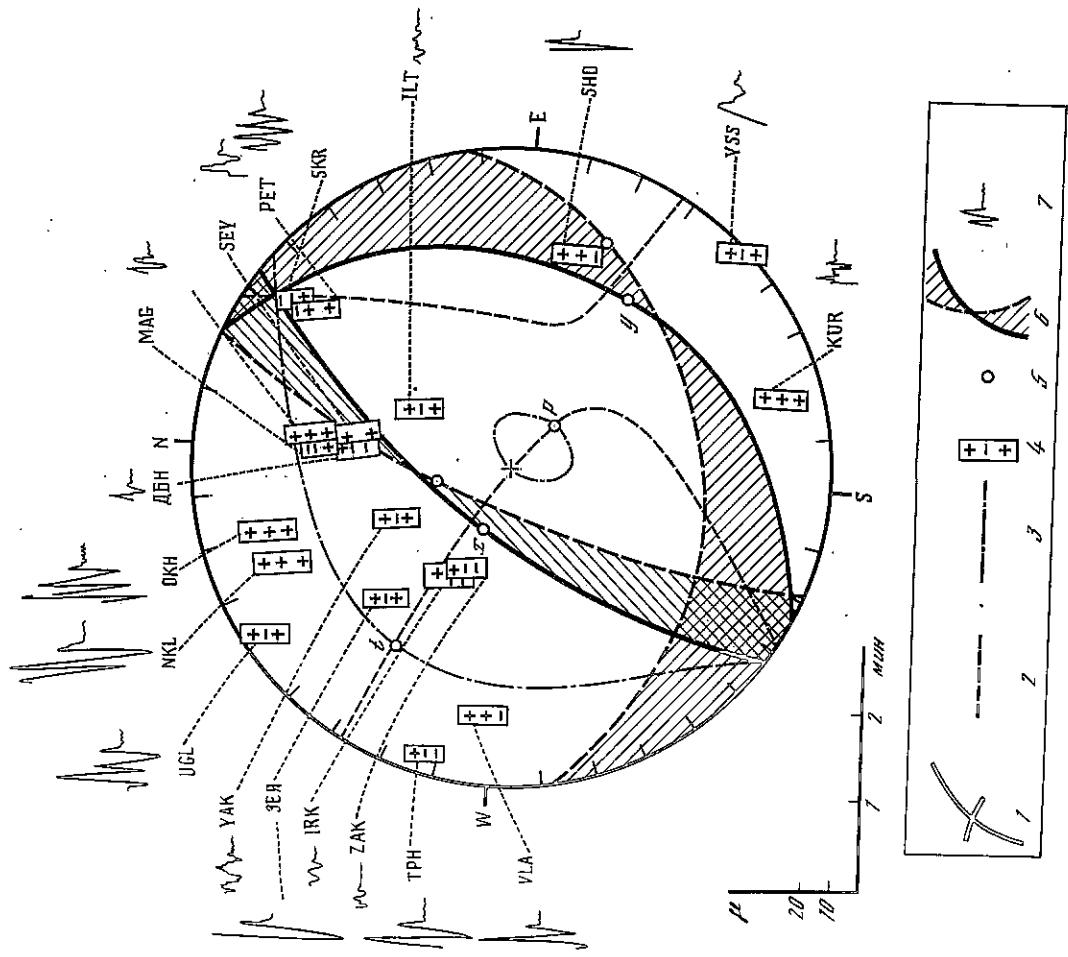
Знаки близких станций, непосредственно снятые авторами с сейсмограмм, участвовали в счете [2] с вероятностью $p = 0,97$ для четких (1) или $p = 0,80$ для нечетких (e) вступлений, знаки телесеismicческих станций - с вероятностью $p = 0,70$ независимо от их четкости. В 85%-ной доверительной области получено

Р и с. 2. Карта макросейсмических проявлений Шикотанского землетрясения
 I - инструментальный эпицентр и простирание возможных плоскостей разрыва в очаге; ориентация главного действующего напряжения: 2 - сжатия, 3 - растяжения; 4 - афтершоков; 5 - эпицентры афтершоков; 6 - теоретические изосейсты по [5-7]

Площадь эпицентральной области, околупленной по

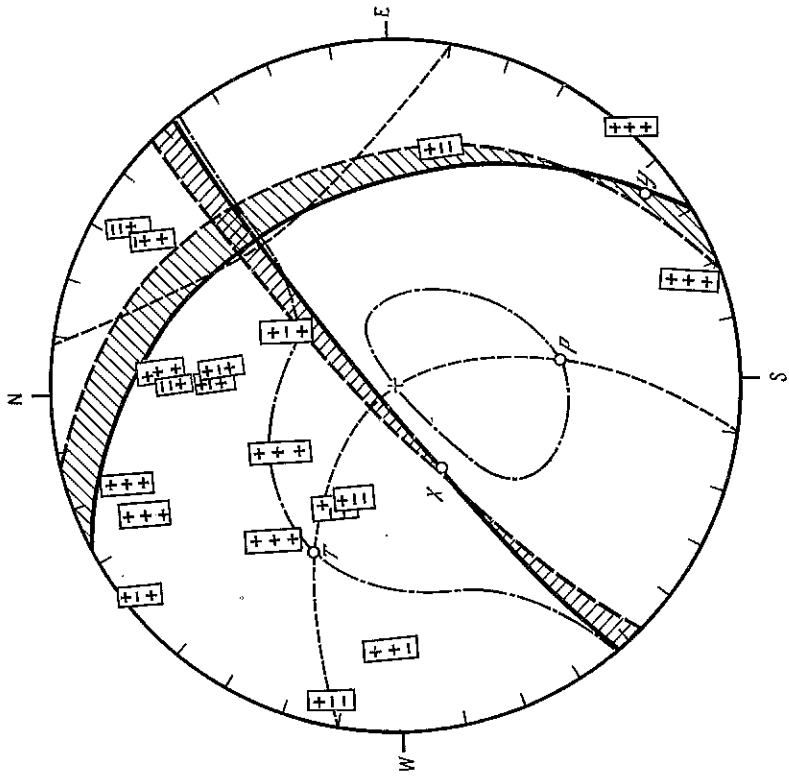
его афтершокам, оказалась равной $S_1 = 3,2 \cdot 10^3 \text{ км}^2$, что по порядку величины совпадает с площадью области очага ($S_2 = 6,6 \cdot 10^3 \text{ км}^2$), охваченной максимальными сотрясениями.





Р и с. 1. Определение механизма очага Итурупского землетрясения 21 мая в 05 ч 47 мин
 Нодальные линии: 1 - $P=0$; 2 - $SH=0$; 3 - $SV=0$; 4 - знаки первых смещений P , SV , SH - волн соответственно; 5 - выходы осей X, Y, Z ; 6 - 85%-ная доверительная область ЭМ-решений; 7 - вид записи P -волн на сейсмических станциях

30 решений (табл. 2). Для уточнения ЭМ-решений по P -волнам были привлечены [3] сведения о знаках SV -, SH -волн, замеренные на сейсмических каналах $1P$ и распределенные (рис. 1, 2) с равной плотностью по всем азимутам относительно очага землетрясения. Поле смещений SV , SH с точностью $\pm 7,0^\circ$ согласуется с нодальными линиями $SV=0$, $SH=0$ для 26 из 30 полученных на 85%-ном уровне доверия ЭМ-решений (рис. 1) и не согласуется (рис. 2) для четырех из них (табл. 2, # 6, 26, 28, 29). Согласованность в первом случае выражается в совпадении наблюдаемых и теоретически ожидаемых зна-

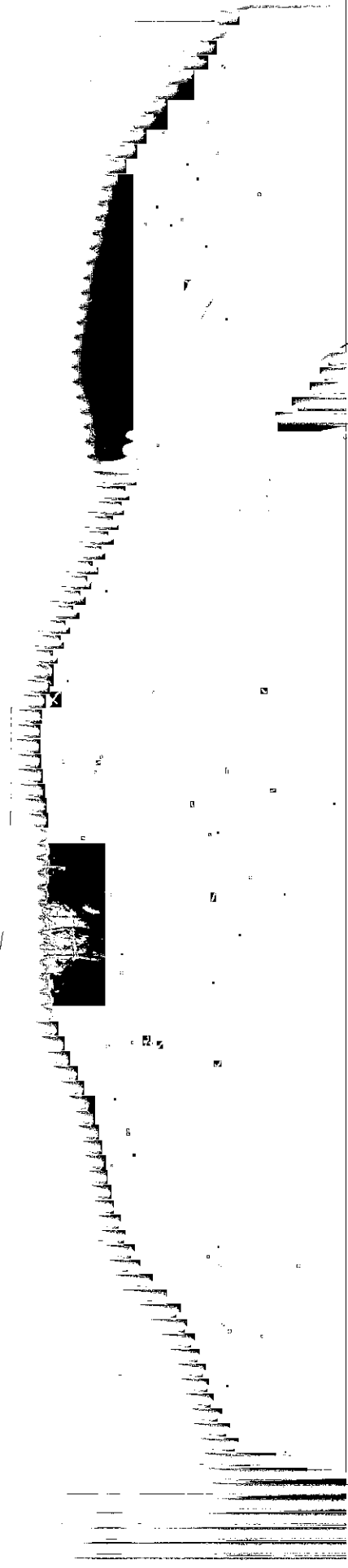


Р и с. 2. Несогласующиеся с наблюдениями за знаками S -волн ЭМ-решения механизма очага
 Условные обозначения те же, что на рис 1

ков смещений в областях между соответствующими нодальными линиями ($P=0$, $SV=0$, $SH=0$) и подтверждается последовательным чередованием этих знаков при переходе из одной такой области в другую. Интерпретация механизма очага (табл. 3) позволяет установить, что по обеим возможным плоскостям разрыва произошли сфокусированные подвиги, преобладающей была вертикальная компонента движения.

Интересно проанализировать все имеющиеся на настоящий момент решения задачи о механизме очага изучаемого землетрясения (табл. 4), полученные по данным разных наблюдательных сетей разными службами СССР и зарубежными.

Во всех анализируемых решениях (табл. 4) описана круглая плоскость, при этом в соответствии с тремя из четырех решений по этой плоскости острое крыло разрыва в очаге претерпевает относительноное опускание с небольшим сдвигом. Решение # 4 (NEIS) (табл. 4) противоречит нашим результатам в оценке действующего в очаге напряжения. Полученное нами решение задачи о механизме (табл. 3) представляется наиболее обоснованным, поскольку опирается на максимально полные данные о знаках P -волн и достаточно многочисленны наб-



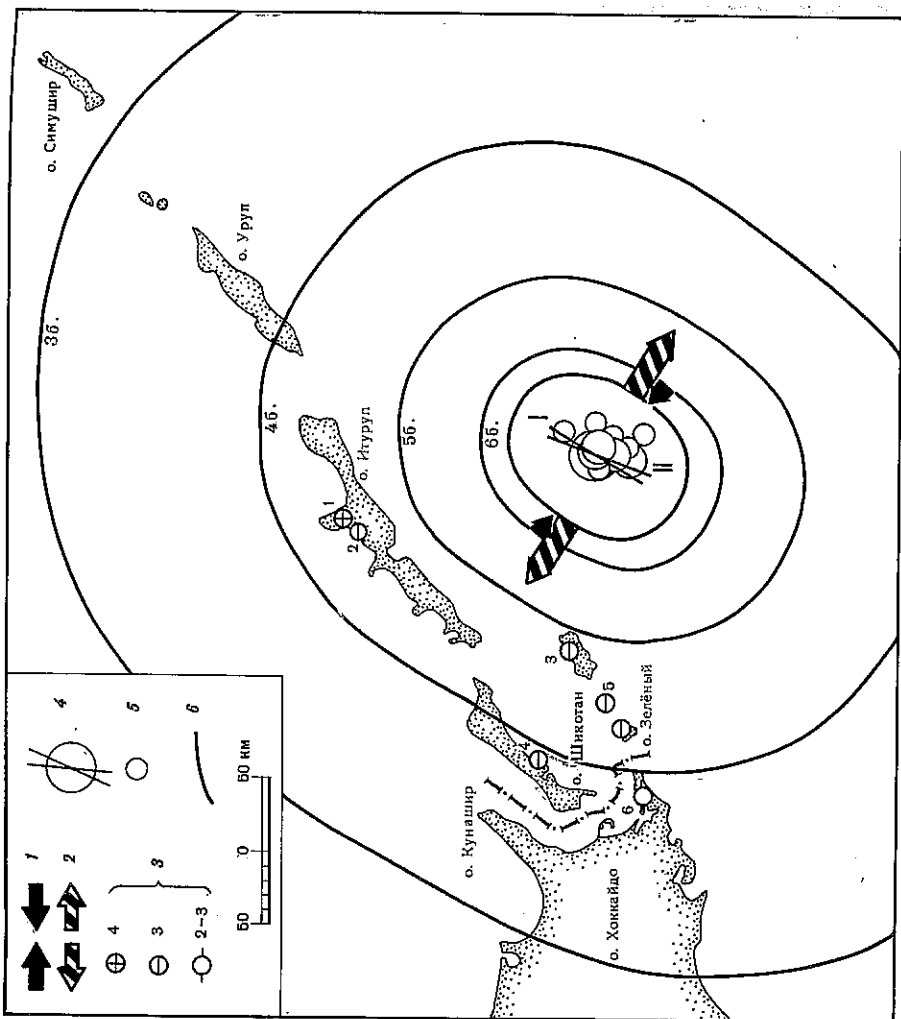
Определение глубины очага Итурупского землетрясения
21 мая 1966г.

Код станции	Δ, град	Аз, град	l(e)-P, с	l(e)-P, км	hсР, км	Код станции	Δ, град	Аз, град	l(e)-P, с	l(e)-P, км	hсР, км
ZEUA*	17,5	313	20	20	50	FRU	51,0	294	14	51	50
USL	7,2	322	16	60	63				21		50
YAS ² *	17,0	310	15	55		ARU	54,0	317	21		
EKL ³ *	14,0	315	16	60		PUL	64,0	328	14		
KIR ⁴ *	18,0	316	21,5		57	OBN	65,0	322	14		
MKI	10,9	334	16	60		GRS	71,0	306	14		48
YSS	5,4	311	15	57		HIR	15,5		14		50
SKR	8,7	31	20,5		60	MAH	24,0		21		50
PYA	65,5	311	21,4		55	KJP	63,0		14		60
TI2	70,0	307	21		50	ISA	68,0		22		60
LVV	74,0	324	22		60	IST	79,0		22		60
LEN	71,0	308	16	57		KMI	41,0	299	20		45
BKR	71,0	308	21		50	SEY	19,0	5	16		50
NTV ⁵ *	11,5	341	14,5		55	CIT	24,0	300	21		60
LLT	30,0	24	22		60	ZAK ⁶ *	31,0	298	22		60
						TAL	30,5	299	21		50

* Сейсмостанция Зен; 2ж Ясное; 3ж Экимчан; 4ж Кировское;
5ж Дырово; 6ж Талая.

ЭМ-решения механизма очага Итурупского землетрясения 21 мая

№ П/П	Оси главных напряжений						Номинальные плоскости					
	Т		N		P		NP1		NP2		DP	
	PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	SVK	DP	SVK	DP	SVK	DP
1	22	299	3	31	68	130	212	67	-86	22	24	-99
2	22	300	2	31	68	127	213	67	-87	25	23	-97
3	27	302	7	209	62	106	207	72	-97	50	19	-67
4	27	306	6	214	63	112	212	72	-96	50	19	-73
5	28	299	6	214	61	100	203	73	-99	50	19	-63
6	33	297	29	50	43	171	232	84	-60	32	30	-169
7	29	306	25	201	60	78	204	78	-116	85	28,5	-25
8	31	301	20	198	52	80	206	78	-110	76	24	-30
9	25	304	14	207	60	91	203	72	-106	63	24	-52
10	22	315	25	214	55	81	214	72	-117	83	32	-38
11	23	311	20	213	59	86	205	71	-111	74	28	-45
12	25	307	12	212	62	96	207	71	-103	63	23	-57
13	22	296	2	27	68	122	209	67	-87	23	23	-96
14	22	297	1	28	68	119	207	67	-89	26	23	-92
15	30	304	19	203	54	84	202	77	-109	75	23	-35
16	30	303	26	197	48	74	192	80	-117	83	28	-21



Р и с. 3. Поверхностный эффект Итурупского землетрясения

Ориентация главного действующего напряжения: 1 - сжатия; 2 - растяжения; 3 - балльность; 4 - инструментальный эпицентр главного толчка и распространение возможных плоскостей разрыва в очаге; 5 - эпицентр афтершоков; 6 - теоретические изосейсты 4-го балла согласно [4-7].

лдения знаков SV- и SH-волн. Возможно дальнейшее уточнение за счет массового привлечение знаков SV- и SH-волн на телесеismicических станциях.

Макросейсмические наблюдения. В табл. 5 и на рис. 3 представлены результаты детального обследования макросейсмических проявлений землетрясения 21 мая (при интерпретации наблюдений на о-ве Хоккайдо использовались известные соотношения Н.В.Шебелина [4]).

От построения экспериментальных изосейст пришлось воздержаться в связи со скудностью карты "пункт-балл". Теоретические изосейсты проявляют с точностью до ±0,5 балла хорошую согласованность с наблюдаемым поверхностным эффектом. Расчетный максимальный балл в эпицентре равен 6,6.

Инструментальные данные о сильных движениях почвы. Наблюдения относятся к областям 3-4-балльных сотрясений (табл. 6). Наиболее полные количественные характеристики движения почвы получены на флижках к эпицентру сейсмических станциях Шикотан и Курильск.

№ п/п	Оси главных напряжений												
	Т						P						
	PL	AZM	FL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	FL	AZM	PL	AZM	
17	25	309	29	205	50	74	196	76	-118,5	83	32	32	-27
18	26	293	5	27	63	128	209	70	-83	9	20	20	-109
19	26	296	2	28	64	121	208	71	-88	22	19	19	-96
20	26	297	1	28	64	118	209	71	-90	26	19	19	-90
21	24	312	27	210	53	77	201	74	-118	83	32	32	-33
22	24	310	11	216	63	102	211	70	-102	63	23	23	-63
23	27	311	16	212	57	94	207	74	-107	77	23	23	-41
24	26	314	16	216	59	98	211	73	-106	76	23	23	-32
25	25	316	20	219	57	91	211	72	-112	83	23	23	-45
26	29	295	27	42	48	167	228	80	-63	335	29	29	-159
27	26	313	23	212	55	86	205	74	-113	83	28	28	-36
28	31	299	23	43	50	163	228	80	-67	341	25	25	-154
29	32	302	19	44	52	159	228	80	-61	345	22	22	-150
30	21	318	24	218	58	85	209	70	-115	83	32	32	-41

Сводка определения механизма очага землетрясения 21 мая по данным разных источников

Т а б л и ц а 3

№ п/п	Оси главных напряжений												Источники
	Т						P						
	PL	AZM	FL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	FL	AZM	PL	AZM	
1	22	299	03	31	68	130	212	67	-86	22	24	-99	Каталог механизмов Курило-Охотского региона [1]
2	7	115	43	17	46	212	351	65	-139	241	54	-32	Сейсмологический отделен. 1-10 июля 1986 г.
3	24	224	56	0	20	124	263	58	177	354	87	32	Геологическая служба США (FDE) май 1986 г.
4	59	1303	0	33	31	123	33	76	90	213	14	90	Первое решение построено по данным станций мировой сети.

Механизм очага Итурупского землетрясения 21 мая

Т а б л и ц а 4

№ п/п	Оси главных напряжений												
	Т						P						
	PL	AZM	FL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	FL	AZM	PL	AZM	
22	299	03	31	68	130	212	67	-86	22	24	-99	NP2	
26	306	22	206	54	81	199	212	67	-86	22	24	-99	NP1

Приведены решения, оконтурированные 85%-ную доверительную область, при этом первая строка содержит решение, соответствующее максимальному значению функции правдоподобия.

Макросейсмический эффект землетрясения 21 мая

№ п/п	Пункт наблюдения	Δ, км	Основные признаки, примечание	Безопасность по шкале MSK-64
1	Рейдово	177	0-в Итуруп Подземный гул продолжительностью 0,5-1,0 мин (50% опрошенных): ощущается внутри зданий большинством людей (лучше в спокойной покое) в виде плавных волнообразных движений несильной продолжительности. Проявление мебели, раскачивание легких вещей предметов (электророзетка, люстра), наблюдались один случай опрокидывания неустойчивого предмета (антенны на телевизоре). Под открытым небом ощущалось отдельные людьми в виде слабого толчка в горизонтальном направлении	4/(8)*
2	Курильск	175	Отдельное сообщение в станционном сейсмологическом отделении	(3)
3	Мало-Курильское	137	То же	3
4	Кюно-Курильск	220	Землетрясение ощущалось немногими людьми	3
5	О-ва Полонского Зеленый Крий Танфильева	177 193 200 215	По запросу получена через непостоянно действующие канал связи характеристика как слабо ощущаемого землетрясения	(3)
6	Немуро	245	Использовано соотношение между баллами шкалы MSK-64 и JMA [4]. По шкале JMA - 1 балл	2

* В скобках указано число опрошенных листов, использованных при определении безопасности в пункте наблюдения.

Предшествующие и последующие события. Землетрясение произошло на фоне афтершоковой деятельности Шикотанского землетрясения 16 апреля, и, по-видимому, не имело форшоков.

В афтершоковую деятельность (региональный каталог) первых суток и ее продолжение (рис. 3) было вовлечено только океаническое крыло разрыва в очаге основного толчка. Анализ-полю напряжений и характера движений их главного толчка и афтершоков первых суток [1] позволяет констатировать их идентичность по крайней мере в течение первых 7 ч с момента основного события. При этом координаты эпицентров афтершоков первых суток в пределах точности определения совпадают с эпицентром основного толчка, а глубины залегания их гипоцентров значительно уменьшились со временем (см. Основной каталог). Таким образом, афтершоки землетрясения 21 мая "вышливали", что подтверждает характер движения в очаге, найденный по данным о механизмах. Площадь эпицентральной области землетрясения 21 мая, оконтурированной по его афтершокам ($S_1 = 1,4 \cdot 10^3 \text{ км}^2$), оказалась на порядок меньше площади изосейсты максимального балла ($S_2 = 10 \cdot 10^3 \text{ км}^2$).

Код станций	Δ, км	I, балл	Тип волны	Приор	Время ч мин с	Период, с	Смещение, МК			Скорость, мм/с			Ускорение, см/с ²																					
							NS	EW	Z	NS	EW	Z	NS	EW	Z																			
YUK	204	2-3	P max	"	05 48 05,2	1,7	1,13	1,98	1,51	520	772	393	2,4	1,13	2,02	1,2																		
																	48 15,6	48 15,6	48 15,6	48 15,6	48 15,6	48 15,6	48 15,6	48 15,6	48 15,6	48 15,6	48 15,6	48 15,6	48 15,6	48 15,6	48 15,6			
																	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1		
																	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	
																	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	
																	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1
																	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1
																	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1
																	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1
																	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1
48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1	48 25,1																	

Т а б л и ц а 6 (окончание)

Код станций	Δ, км	I, балл	Тип волны	Приор	Время ч мин с	Период, с	Смещение, МК			Скорость, мм/с			Ускорение, см/с ²																				
							NS	EW	Z	NS	EW	Z	NS	EW	Z																		
SHO	157	3	P max	"	05 47 37	4	0,3	0,7	8	47 40	47 43	47 52	1,7	0,35	1,2																		
																47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5					
																47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5		
																47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	
																47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	
																47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5
																47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5
																47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5
																47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5
																47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5
47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5	47 37,5																

Инструментальные данные о сильных движениях почвы в эпицентральной зоне

Т а б л и ц а 6

1. Воробьева Е.А., Бобков А.О., Коваленко Н.С. Итурупское землетрясение 21 мая 1986 года: Препр. ИМГиГ ДВНЦ АН СССР. Южно-Сахалинск: 1986. 33 с.
2. Алтекман Л.Я., Желанкина Т.С., Кейлис-Борок В.И. и др. Массовое определение механизмов очагов землетрясений на ЭМИ // Теория и анализ сейсмологических наблюдений. М.: Наука, 1979. С. 45-58.
3. Балакина Л.М., Введенская А.В., Голубева Н.В. и др. Методика определения механизма очага землетрясения // Поле упругих напряжений Земли и механизм очага землетрясений. М.: Наука, 1972. С. 22-45.
4. Шебалин Н.В. Методы использования инженерно-сейсмологических данных при сейсмическом районировании // Сейсмическое районирование СССР. М.: Наука, 1968. С. 96-111.
5. Шебалин Н.В. Очаги сильных землетрясений на территории СССР. М.: Наука, 1974. С. 53.
6. Рудик М.И., Поплавская Л.Н. Механизм очага и параметры макросейсмического источника // Сейсмическое районирование Курильских островов, Приморья и Приамурья. Владивосток, 1977. С. 40-47.
7. Поплавская Л.Н. Теоретические изосейсты Курильских и Охотоморских землетрясений // Сейсмическое районирование Курильских островов, Приморья и Приамурья. Владивосток, 1977. С. 55-62.

УДК 550.348.438 (871.66)

С.А. Федотов, В.М. Зобин, Е.И. Гордеев, Е.И. Иванова,
Т.С. Лепская, В.П. Милыкин, Л.Г. Синельникова, В.Н. Чиркова

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ КАМЧАТКИ И КОМАНДОРСКИХ ОСТРОВОВ

Региональная сеть сейсмических станций претерпела изменения - закрыта одна станция Карымский. Методика обработки материалов наблюдений региональной сети изложена в [1].

Сейсмичность региона

Всего на территории региона определены эпицентры 1398 землетрясений (табл. 1, рис. 1-3). Суммарная энергия текущего года составила $1,3 \cdot 10^{14}$ Дж, что близко к длительным среднегодовым оценкам. Карта сейсмической активности АГО приведена на рис. 4.

Наибольшие магнитуды землетрясений этого года были равны: М_Л-6,2, М_Р-5,9; максимальная интенсивность проявлений землетрясений на побережье Камчатки 5 баллов, на о-ве Беринга 3 балла.

Анализ вертикального разреза вдоль сейсмофокальной зоны секторов 4-13 на рис. 1 показывает, что очаги залегают в основном пространство глубин от 20 до 60 км на протяжении от юга Камчатки до Камчатского миса (см. рис.3). Севернее Камчатского миса очаги группируются в слое 0-20 км. Слои 60-100 км заложены менее равномерно. Имеются отдельные скопления очагов между Авачинским и Камчатским заливами. Слои 100-150 км заложены на большом протя-