

Коэффициенты графика повторяемости землетрясений
Курило-Охотского региона с $h=0-80$ км

Период наблюдений, год	a	b	σ lgN
1981	5,84	0,93	0,29
1982	6,84	1,14	0,11
1983	6,52	1,07	0,17
1984	6,54	1,07	0,30
1985	6,40	1,06	0,22

во всех очагах имеют устойчивую ориентацию, ортогональную простиранию осевой дуги.

Таким образом, для региона в целом фокальная зона колпачивала в равной мере как сжимающие, так и растягивающие воздействия. График повторяемости, рассчитанный для землетрясений с $h=0-80$ км, описывается выражением

$$\lg N = 6,37 (+1,52) - 1,05(+0,06) M,$$

где N - число землетрясений данной магнитуды M , изменяющейся от 4 до 6,5 с шагом $\Delta M=0,25$. Коэффициенты этого уравнения примерно соответствуют их значениям за предыдущие года (табл. 4) и свидетельствуют о среднем уровне сейсмической активности Курило-Охотского региона.

Л и т е р а т у р а

1. Миталева Н.А., Бойчук А.Н. Землетрясения Курило-Охотского региона // Землетрясения в СССР в 1986 году. М.: Наука, 1988. С. 144-154.
2. Тараканов Р.З., Ким Чун Ун, Сужомлинова 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.
3. Соловьев С.Л. Магнитуда землетрясений // Землетрясения в СССР. М.: АН СССР, 1961. С. 83-102.
4. Соловьев С.Л., Соловьева О.Н. Скорость колебания земной поверхности в объемных волнах неглубоководных курило-камчатских землетрясений на расстоянии до 17° // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1967. № 1. С. 37-59.

УДК 550.348.436

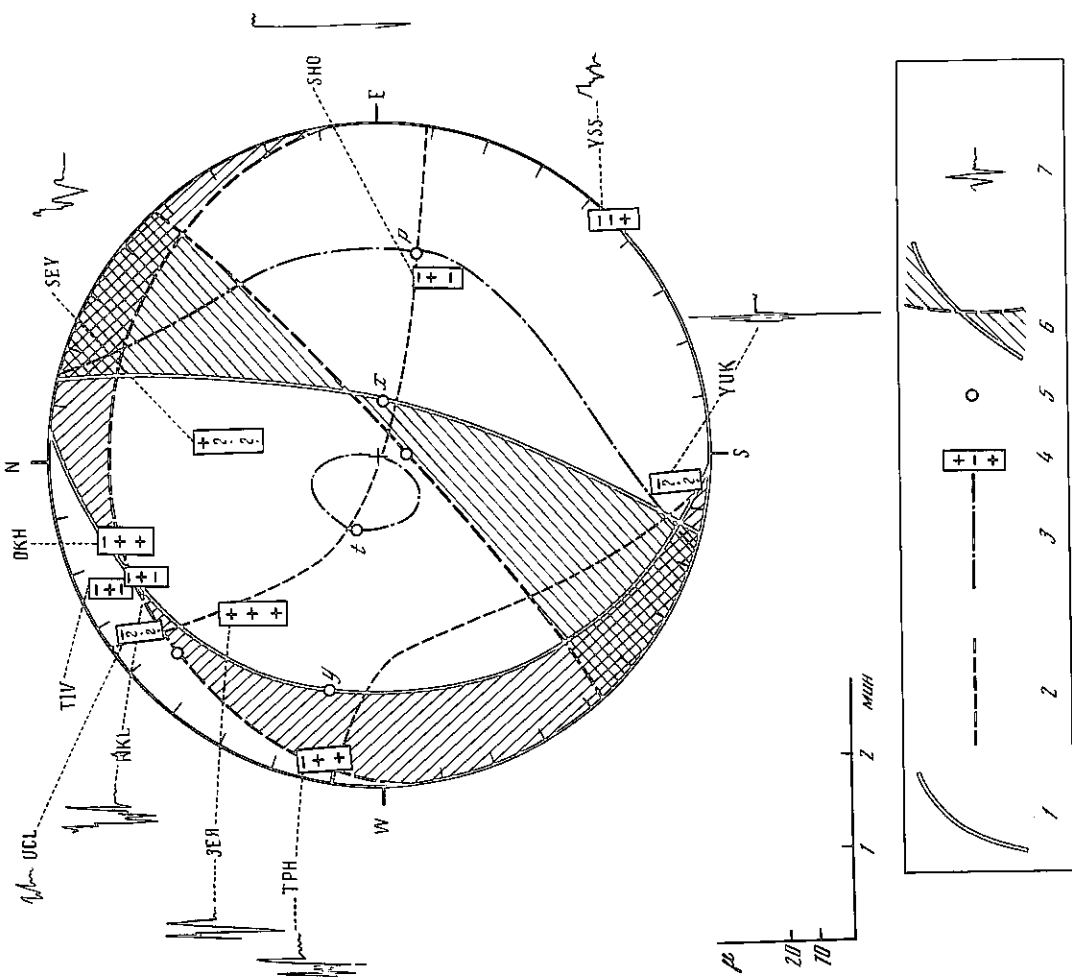
Е.А.Воробыева, А.О.Бобков

ШИКОТАНСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 16 АПРЕЛЯ

Основные параметры землетрясения. Землетрясение произошло 16 апреля в 12 ч 52 мин восточнее о-ва Шикотан в пределах континентального склона Курило-Камчатского глубоководного желоба.

По результатам интерпретации инструментальных наблюдений параметры очага изучаемого землетрясения имели следующие значения (см. региональный каталог): $\varphi = 43,8 \pm 0,15^\circ \text{N}$, $\lambda = 147,7 \pm 0,15^\circ \text{E}$; глубина очага, найденная по фазам pP и sP (табл. 1), $h = 40 \pm 3$ км; магнитуды: $M_H = 6,4$, $M_{pP} = 6,8$, $M_{sP} = 6,6$.

138



Р и с. 1. Определение механизма очага Шикотанского землетрясения 16 апреля в 12 ч 52 мин

Нодальные линии: 1 - $P=0$; 2 - $SV=0$; 3 - $SH=0$; 4 - сочетание знаков в пер- вых смещениях P -, SV -, SH -волн соответственно; 5 - выходы осей X, Y, Z ; 6 - 85%-ная доверительная область ЗЕМ - решений; 7 - вид записи P -волн на сейсмических станциях

Механизм очага. Для определения механизма очага (рис. 1) использованы све- дения о 188 знаках первых смещений в P -волнах и о 7 знаках - в S -волнах. Значительная часть знаков аторами снята с сейсмограмм, остальные заимствова- ны из бюллетеней Геологической службы США (RDE), Японского метеорологическо- го агентства, Сейсмологического бюролетия (Обнинск, 1986). Расчеты механизма очага землетрясения по полному объему знаков P произведены на ЭВМ ЕС-1033 по

Механизм очага Шикотанского землетрясения 16 апреля

Оси главных напряжений										Нодальные плоскости					
Т	N			P			NP1			NP2					
	PL	AZM	SLIP	PL	AZM	SLIP	PL	AZM	SLIP	PL	AZM	SLIP	PL	AZM	SLIP
64	289	03	193	26	101	14	71	93	183	19	80				
53	309	05	48	36	142	47	82	84	263	10	126				

Примечание. В таблице представлены крайние значения 85%-ной доверительной области решений. Первая строка соответствует максимальной значению функции правдоподобия.

Сводка определения механизма очага землетрясения 16 апреля по данным разных источников

№ п/п	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Источник			
	N			P			NP1			NP2						
Т	PL	AZM	SLIP	PL	AZM	SLIP	PL	AZM	SLIP	PL	AZM	SLIP	PL	AZM	SLIP	
1	64	289	03	193	26	101	14	71	93	183	19	80				Каталог механизмов Курило-Охотского региона [3]
2	49	272	14	18	38	118	16	84	76	263	15	156				Сейсмологический окластен. I-10 июля 1986 г.
3	59	274	10	23	29	119	20	75	78	236	19	126				Геологическая служба США (PDE), апрель 1986 г.
4	65	298			25	118	28	70	90	208	20	90				Геологическая служба США (PDE), апрель 1986 г.

Примечание. Первое решение получено по данным всей мировой сети.

отворе азимуты 103-336° и с точностью ±5,0° согласуются с нодальными линиями SH=0, SN=0 для всех полученных на 85%-ном уровне доверия ЭМ-решений.

Эта согласованность выразилась в совпадении наблюдаемых и теоретически ожидаемых знаков смещения в областях между нодальными линиями (P=0, SV=0, SH=0) и подтверждается последовательным чередованием знаков при переходах из одной такой области в другую. Интерпретация механизма очага (табл. 3) позволит установить, что по обоим возможным плоскостям разрыва произошли взрыво-сдвиговые подвижки, преобладающей была вертикальная компонента движения.

Интересно проанализировать сходимость решений задачи о механизме очага землетрясения 16 апреля, полученных разными службами СССР и зарубежными

(табл. 4). Во всех решениях анализируемой сводки присутствует круглая плоскость разрыва, несколько варьирующая в своей пространственной ориентации. Океаническое крыло разрыва претерпевает по этой плоскости подвиги с незначительной сдвиговой компонентой. Все приведенные решения близки друг к другу в описании характера и ориентации действующего в очаге сдвигового напряжения сжатия. Различия в решениях, приведенных в табл. 4, по нашему мнению, вполне могут быть отнесены за счет использования разных таблиц углов выхода сейсми-

Определение глубины очага Шикотанского землетрясения 16 апреля 1986 г.

Код станции	Δ, град	Az, град	i(e)-P, с	h _{ep} , км	Код станции	Δ, град	Az, град	i(e)-P, с	h _{ep} , км
KNE	46,5	347	12	42	MNA	67,3	58	19	42
PRU	51,3	296	11	37	PAS	70,3	61	20	45
ARU	54,1	317	17	38	BRS	71,3	175	11	37
TAS	55,0	299	17	38	KBA	76,0	328	11	37
APA	58,0	339	12,7	44	ALQ	76,9	54	13	44
MOS	64,0	327	17	38	UGG	80,4	337	12	41
PUL	64,0	333	12	41	LJU	81,0	329	18	40
			17	38	VAK	21,0	337	12	40
OVN	65,0	325	13	46	ILT	30,0	26,5	19	39
TIZ	69,8	309	11	40	MAG	15,0	7	12	41
BUD	78,0	327	19	42	ZEV ^A	17,0	316	11	41
KHG	78,6	331	17	38	TRN ^{SE}	8,0	284	12,5	42
SOP	78,9	329	12	41	NKL	10,5	338	11,5	40
PBT	12,0	35	16	38	SEV	19,0	6,5	13,5	42
KMI	40,4	257	13	47	MAL	15,5	7	12,5	40
SES	64,1	44	11	37					

ж Зев,
ж Терней.

ЭМ-решения механизма очага, вошедшие в 85%-ную доверительную область

№ п/п	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости								
	N			P			NP1			NP2					
Т	PL	AZM	SLIP	PL	AZM	SLIP	PL	AZM	SLIP	PL	AZM	SLIP	PL	AZM	SLIP
1	64	289	03	193	26	101	14	71	93	183	19	80			
2	64	292	05	193	26	100	14	71	95	179	20	76			
3	53	309	05	48	36	142	47	82	84	263	10	126			
4	60	298	04	202	30	110	23	75	94	189	15	76			
5	60	297	02	203	30	111	23	75	93	193	15	80			
6	60	295	02	203	30	112	23	75	91	197	15	84			
7	60	293	01	202	30	113	23	75	90	202	15	89			
8	60	292	02	23	30	114	23	75	89	206	15	93			
9	55	303	01	212	35	121	32	80	91	206	10	84			

программе, алгоритм которой описан в [1], при этом знаки близких сейсмических станций участвовали в счете с вероятностью 0,97 и 0,80 для четких (1) или нечетких (e) вступлений соответственно. Знаки телесеismicических станций участвовали в счете с вероятностью 0,70 независимо от их четкости. В 85%-ной доверительной области получено 9 решений (рис. 1, табл. 2).

Для уточнения ЭМ-решения были привлечены [2,3] сведения о знаках SV-и SH-волн. Как видим (рис. 1), эти знаки распределены относительно очага в

ческой радиации. В нашем случае для близких станций использованы региональные таблицы, а для телесеismicических - таблицы Джеффриса-Буллена. Таким образом, решение о механизме очага землетрясения 16 апреля, полученное нами по наибольшей полноте исходных данных о знаках в Р-волне и проконтролированное по SV- и SH-волнам, представляется наиболее обоснованным. Дальнейшее уточнение решения возможно лишь с использованием знаков SV-, SH-волн на телесеismicических станциях.

Макросейсмические наблюдения. Результаты детального макросейсмического обследования представлены в табл. 5, 6 и на рис. 2, куда включены также сообщения Японского метеорологического агентства. При переводе данных Балды-ности по шкале JMA в шкалу MSK-64 использовались известные соотношения Н.В. Шебалина [4]. Поверхностный эффект с точностью до $\pm 0,5$ балла согласовывается с теоретическими исследованиями, построенными на основе сведений об основных параметрах очага и его механизме, расчетный макросейсмический балл примерно равен 7. Недостаток пунктов не позволяет построить экспериментальные изосейсты.

Данные сети станций сильных движений (табл. 7) относятся к областям 4-5-балльных сотрясений. Наиболее полные количественные характеристики сильных движений почвы получены на ближайшей к эпицентру сейсмической станции Шко-тан.

Предшествующие и последующие события. Землетрясение произошло на фоне глубокого сейсмического застоя. Последовавшие за ним события (региональный на-талог) показали, что афтершоковой деятельностью (рис. 2) были охвачены оба крыла разрыва в очаге основного толчка.

Т а б л и ц а 6
Макросейсмические данные о землетрясении 16 апреля

№ п/п	Пункт	Δ , км	№ п/п	Пункт	Δ , км
1	Крабоаводск	80	10	Рейдово	170
2	Отрадное	146		3-4 балла (II по шкале JMA)	
3	5 баллов		11	Обихиро	375
4	Малокурильское	73	12	Уракава	435
5	Ижмо-Курильск	155		2 балла (I по шкале JMA)	
	Головинино	180	13	Хироо	390
	4-5 баллов (III по шкале JMA)		14	Томакомый	510
6	Буревестник	123	15	Хатинохе	620
7	Немуро *	175	16	Морюка	695
8	Куширо *	275	17	Офунато	715
	4 балла		18	Фукусима	900
9	Курильск	160	19	Какиока	1050

* Использовалось соотношение между баллами шкалы MSK-64 и JMA.

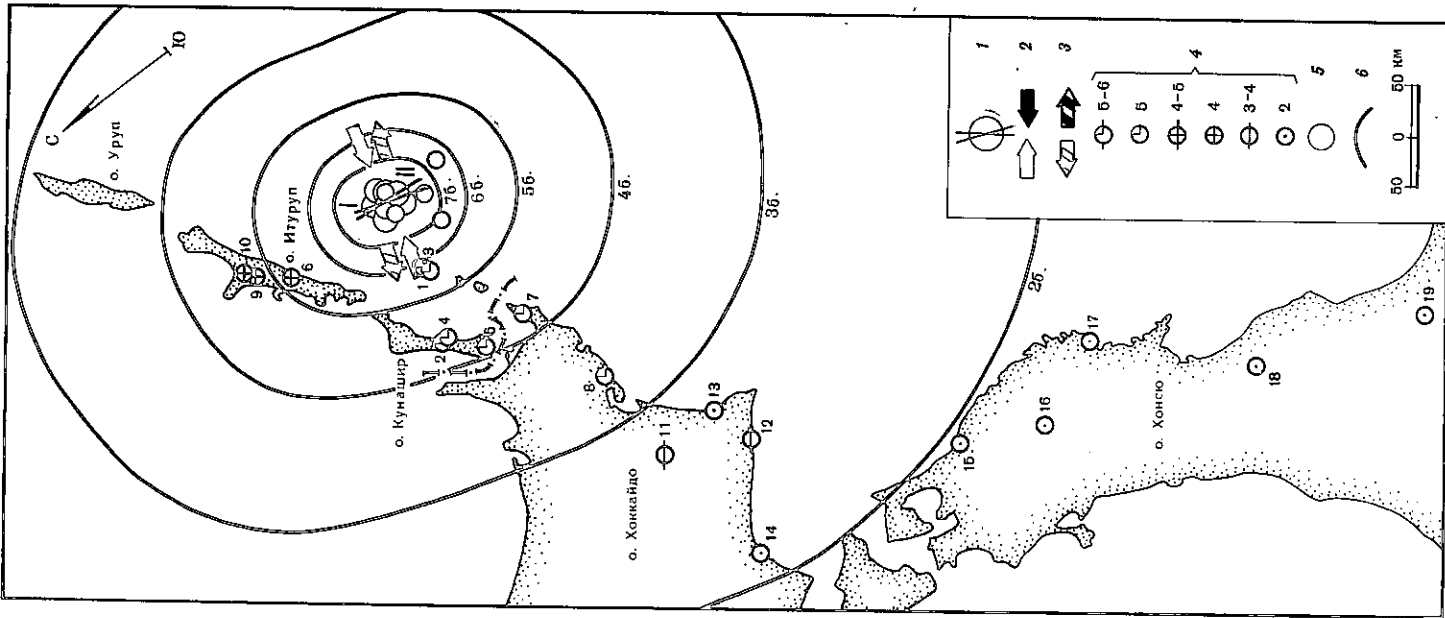
Инструментальные данные о сильных движениях почвы в эпицентральной зоне

№ ст. станции	Δ , км	Балл	Тип волны	Прибор	Период, с	Смещение, мк		Скорость, мм/с		Ускорение, см/с ²				
						NS	EW	Z	NS	EW	Z			
ВНО	69	5	Р _{max}	ССП	0,26					4,0	5,0	7,5		
				"	0,23					3,5	3,0	6,0		
				С5С	0,34	1,2	2,6							
				"	1,34	2,0	4,0							
УК	146	5	M	СМР	3,5	220	790							
				"	4									
КУР	160	4	Р _{max}	СМР	За рабочими пределами									
				С5С	0,55									
				"	0,24	124	17	6,0						
				ОСП	0,16							15	48,5	11,8
				"	0,12									
				"	0,2							38,5	35,5	9,5
				"	0,14									
				СК-КПЧ (4)	4500									
				СМР	4,5	4290								
				"	3,5	5500								
КУР	160	4	Р _{max}	СМР	0,21									
				С5С	3									
				"	4									
				СК-КПЧ	2	214	152							
				"	3	235	57,5	247						
КУР	160	4	S _{max}	СМР	1,5	735	2150							
				"	4	1800	1344							
				"	2	1344	1464							
				СМР	3	1440	2736							
				"	4	1920	980	850						

* Неуверенные данные (велограмма некачественная).

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

Площадь эпицентральной области, охваченной по его афтершокам, оказалась равной $S_1 = 3,2 \cdot 10^3 \text{ км}^2$, что по порядку величины совпадает с площадью вблизи очага ($S_0 = 6,6 \cdot 10^3 \text{ км}^2$), охваченной максимальными сотрясениями.



Л и т е р а т у р а

1. Антеман Ж.И., Желанкина Т.С., Кейлс-Борк В.И. и др. Массовое определение механизмов очагов землетрясений на ЭМ // Теория и анализ сейсмологических наблюдений. М.: Наука, 1979. С. 45-58.
2. Баланина Л.М., Введенская А.В., Годубова 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 Шкотлан: Препр. Кюно-Сахалинск: ИМГиГ ДВНЦ АН СССР, 1986. 14 с.
4. Шабалин Н.В. Методы использования инженерно-сейсмологических данных при сейсмическом районировании // Сейсмическое районирование СССР. М.: Наука, 1968. С. 95-111.
5. Шабалин 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 550.348.436

Е.А.Воробьева, А.О.Бобков

ИТУРУПСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 21 МАЯ

Основные параметры землетрясения. Землетрясение произошло южнее о-ва Итуруп в пределах континентального склона Курило-Камчатского глубоководного жёлоба [1], вызвав сотрясение почвы силой до 4 баллов. Землетрясение ощущалось жителями всей территории Южных Курильских островов и северо-восточной части о-ва Хоккайдо.

Параметры очага изучаемого землетрясения имели (см. региональный каталог) следующие значения: $\varphi = 43,7 \pm 0,25^\circ \text{N}$, $\lambda = 148,0 \pm 0,15^\circ \text{E}$; глубина очага, найденная по фазам pP и sP (табл. 1), $h = 54 \pm 5 \text{ км}$; магнитуды: $M_H = 6,5$; $M_{pH} = 6,5$.

Механизм очага. Для определения механизма очага (рис. 1, 2) использованы сведения о знаках первых смещений в P -волнах на 141 станции [2] и в S -волнах на 19 станциях. Часть знаков снята авторами непосредственно с сейсмограмм, остальные заимствованы из бюллетеня Геологической службы США, Японского метеорологического агентства, Сейсмологического бюллетеня ОМЗ 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 телесеismicических станций - с вероятностью $p = 0,70$ независимо от их четкости. В 85% доверительной области получено