

Н. Н. Леонов, Л. С. Оскорбин, Л. Н. Поплавская,
А. Н. Бойчук, Р. Н. Бурьянская, Л. Ф. Волкова,
В. Г. Воробьев, Го Чан Нам, В. И. Гулевский,
В. А. Зельманчук, Н. Л. Леонидова, М. И. Рудик, Н. А. Щетников

Шикотанское землетрясение и цунами 11 августа 1969 г.

А. С. Кривич

11 августа 1969 г. в 90 км юго-восточнее о-ва Шикотан произошло землетрясение с $M = 8,2$. Максимальная сила сотрясения отмечалась на о-ве Шикотан и равнялась $7\frac{1}{2}$ баллам.

На юг сотрясения распространялись на 1000 км до г. Токио (о-в Хонсю), на запад — на 525 км до д. Лдственичное (о-в Сахалин), на север — 650 км до о-ва Мацуа.

Землетрясение вызвало волны цунами, зафиксированные на островах Хонсю, Хоккайдо, Сахалине, Курильских островах, а также на Гавайях. Максимальное подтопление (5 м) отмечено в бухтах о-ва Шикотан, расположенных с океанической стороны.

Землетрясение было вызвано левым сдвигом с одновременным подвигом южной части западного склона глубоководного желоба под острова в пределах современной геосинклинали. Пространственно землетрясение приурочено к зоне резкого сочленения разнонаправленных и разновозрастных структур и типов земной коры.

Изучением Шикотанского землетрясения занималась большая группа сейсмологов СахКНИИ. Обработка и обобщение инструментальных данных была сделана А. Н. Бойчук, Л. Ф. Волковой под руководством и при непосредственном участии Л. Н. Поплавской; механизм очага определен Р. Н. Бурьянской и М. И. Рудик под руководством В. Н. Аверьяновой. Макросейсмические сведения были собраны группой в составе: Го Чан Нам, В. Г. Воробьев, Н. Л. Леонидова; руководство группой осуществлял Н. Н. Леонов, который в основном и обработал макросейсмические сведения. Оперативный сбор данных о проявлении землетрясения организован: заведующие сейсмическими станциями Курильск и Рейдово В. Э. Шведцов и В. И. Гулевский — по о-ву Итуруп, старший инженер станции Шикотан В. А. Зельманчук — по о-ву Шикотан, младший научный сотрудник СахКНИИ А. Н. Бойчук — по о-ву Кунашир. В обработке данных по макросейсмическому эффекту и расчету глубин по этим данным принял участие Л. С. Оскорбин. Инструментальные данные по цунами обработаны Н. А. Щетниковым и Го Чан Нам. Большую помощь при обследовании последствий землетрясения оказали А. П. Зайкин, С. Г. Карцев, П. К. Никитин и Б. Г. Булатов.

Инструментальные данные о землетрясении 11 августа и его афтершоках

В течение суток непосредственно перед главным толчком в описываемом районе отмечено семь форшоков нарастающей силы. Два последних, наиболее сильных, зарегистрированы за 58 и 12 сек перед главным и имели магнитуду $6\frac{1}{2}$ и $7\frac{1}{2}$ соответственно. Макросейсмические явления, сопровождавшие предварающие толчки, слыхались с эффектом основного толчка и не могли быть выделены.

Основные параметры землетрясения 11 августа и его афтершоков определялись по данным дальневосточных сейсмических станций. Кроме того,

164

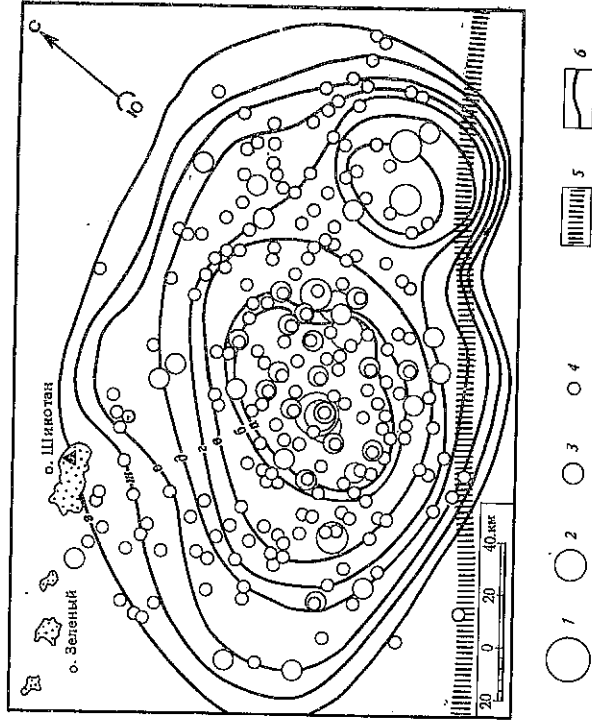


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясения 11 августа и его афтершоков

1 — основной толчок; 2 — $M \geq 6\frac{1}{2}$; 3 — $5\frac{1}{2} \leq M \leq 6\frac{1}{2}$; 4 — $M \leq 5$; 5 — ось глубоководного желоба; 6 — ось мелководных деформаций; а — 4,25; б — 4,0; в — 3,75; г — 3,5; д — 3,25; е — 3,0

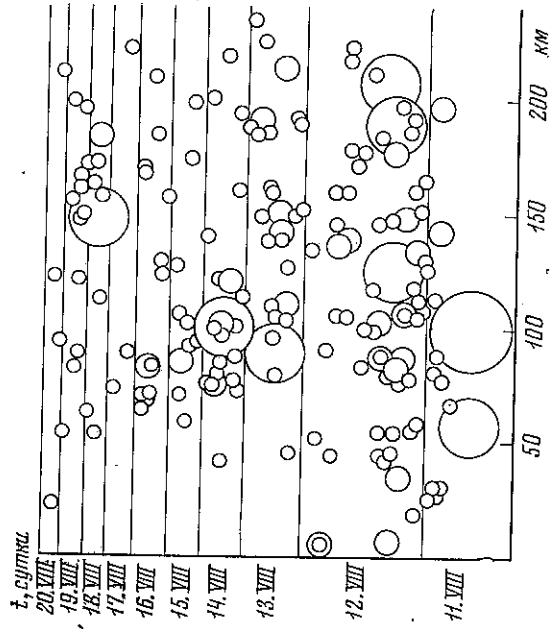


Рис. 2. Пространственно-временное распределение афтершоков землетрясения 11 августа 1969 г.

Классификация по магнитуде согласно рис. 1

использовались сведения из Оперативного сейсмологического бюллетеня Института физики Земли, Бюллетеня Береговой и Геодезической службы США и Сейсмологического бюллетеня Японского метеорологического агентства (табл. 1). Нами за основу были приняты параметры, полученные группой обработки СахКНИИ, так как в этом случае максимально использовалась вся совокупность данных.

В течение августа — декабря 1969 г. зарегистрировано большое число повторных толчков. Эпицентры более 330 из них, имевших $M \geq 4\frac{1}{2}$ ($K \geq$

Макросейсмический эффект Шикотанского землетрясения

Землетрясение 11 августа 1969 г. началось почти повсеместно слабыми толчками, сила которых нарастала и быстро достигла максимума. Ощущимые толчки продолжались примерно 2–3 мин. Землетрясение предшествовало мощным низким гудам, который отчетливо слышался на островах Малой Курильской гряды, о-вах Кунашир, Итуруп, на расстоянии до 200 км от эпицентра.

При обработке макросейсмических данных были использованы рекомендации Н. В. Шебалина по статическому определению балльности [1]. Собран сравнительно большой материал по макросейсмическому эффекту в отдельных зданиях и сведения о повреждениях одинаковых частей построек, в частности отопительных систем. Это позволило вычислить балл сотрясения (I_d) по номограмме зависимости I от средней степени повреждения \bar{d} (рис. 5). Степень повреждения \bar{d} равняется $\sum n_i d_i / \sum n_i$, где n_i — число зданий с соответствующей степенью повреждения. В случаях, когда для населенного пункта имелись лишь качественные данные о распределении повреждений, использовалась шкала MSK-1964 в ее обычном виде.

В табл. 2 и 3 сведены макросейсмические данные по 76 пунктам, в том числе по Японии, на основании которых составлена карта изосейст (рис. 6). Зоны равных сотрясений вытянуты вдоль о-ва Хонсю, пересекают юго-западную часть о-ва Хоккайдо и охватывают южные и центральные Курильские острова. Затуханье в области высших баллов было неравномерным — при ширине области сотрясения на меридиане о-ва Кунашир не более 200 км изосейсты вытянуты вдоль дуги на 1000 км.

Обращает на себя внимание небольшая область сотрясений в 5 баллов, расположенная к эпицентру ближе 6-балльной изосейсты. Эта область охватывает южную группу островов Малой Курильской гряды. Такие аномалии нередко отмечаются при сильных землетрясениях и, по-видимому, объясняются характером распространения упругих колебаний.

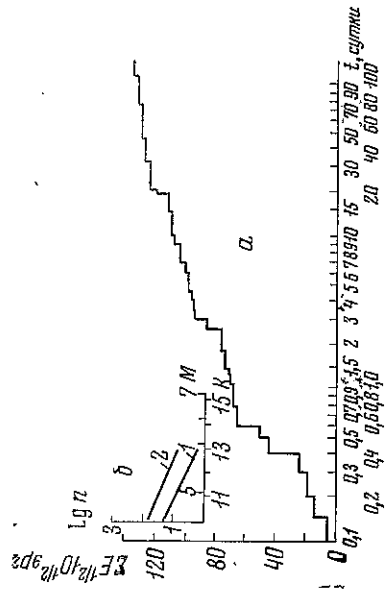


Рис. 3. Характеристика высвобождения упругой деформации для последовательности афтершоков с $M \geq 5$ (а) и график повторяемости афтершоков (б) землетрясений 29 января 1968 г. (1) и 11 августа 1969 г. (2)

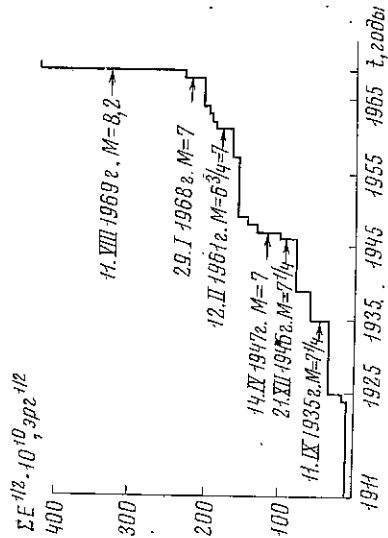


Рис. 4. Высвобождение упругой деформации для землетрясений Итуруп-Кунаширского района с $M \geq 6$ за период 1941—1969 гг.

≥ 10), образуют область, вытянутую параллельно Курильскому глубоководному желобу (рис. 1). Площадь этой области достигает $3,7 \times 10^4$ км².

Наибольшая плотность поля эпицентров наблюдалась вблизи главного толчка, здесь же отмечено большинство сильнейших афтершоков. Это обстоятельство отразилось и в распределении поля упругих деформаций, для построения которого подсчитывалась величина $\epsilon = \lg \Sigma U E$, где E — энергия землетрясения в джоулях; суммирование проведено по площади 50 км².

Основная масса афтершоков произошла в первые 5–6 суток (рис. 2), а границы поля эпицентров были околонулены в течение ближайших полу-суток. Именно в эти первые 1/2 суток после основного толчка происходило и наиболее интенсивное высвобождение энергии упругих деформаций (рис. 3, а).

График повторяемости землетрясения 11 августа 1969 г., рассчитанный для афтершоков с $K \geq 10$, имеет вид (рис. 3б):

$$\lg n = 6,7 - 0,40 K \pm 0,25,$$

в то время как для зоны в целом¹ и для афтершоков Шикотанского землетрясения 29 января 1968 г. $\gamma = 0,46$. События 11 августа вызвали значительно более высокую сейсмическую активность, чем землетрясение 29 января 1968 г., а 1969 г. был годом наиболее интенсивного высвобождения этой энергии в исследуемом районе (рис. 4).

¹ См. статью «Землетрясения Курильских островов и Охотского моря» в настоящем сборнике.

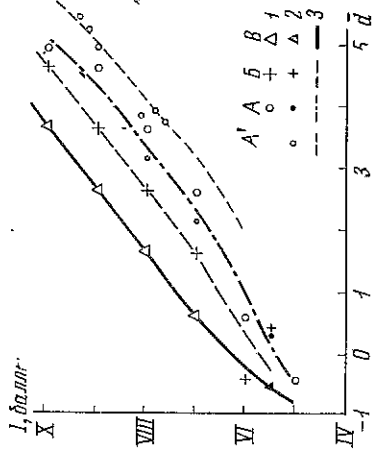


Рис. 5. Зависимость силы сотрясения от степени повреждения сооружений по Н. В. Шебалину

Типы зданий: А' — деревянные; А — глинобитные; В — кирпичные; В' — бетонные. 1 — переход по шкале 1964 г.; 2 — переход по данным наблюдений; 3 — рекомендуемые усредненные

Максимальной силой (7 1/2 баллов) сотрясения достигли на мысе Край Света (о-в Шикотан). В круглом железобетонном здании японской постройки возникли круговые волосяные трещины и пересекающая их вертикальная трещина длиной примерно 2 м. Была повреждена часть отопительных печей, сдвинулись в северном направлении тяжелые предметы. На поверхности земли наблюдались волны амплитудой 0,5–0,8 м, шириной до 2 м.

При оценке балльности в других пунктах основой служили повреждения деревянных (каркасных и щитовых) построек местного типа. Данные по Южно-Курильску (см. табл. 2 и 3) показывают, что при умеренной силе сотрясения средняя степень повреждения зданий такого типа примерно

Таблица 1
Параметры землетрясения 11 августа, полученные по инструментальным данным

Момент возникновения, ч. м. с.	Координаты эпицентра		Глубина, км	Магнитуда	Источник
	φ° N	λ° E			
21 27 35	43,3	147,8	30-50	8,2	Бюллетень Дальнего Востока Береговая и Геодезическая служба США
21 27 39	43,5	147,7	28	7,8	
21 27 33	43,2	147,6	30	7,8	Опорная сеть станций ЕССН Японское метеорологическое сейсмологическое бюро
21 27 39	42,7	147,6			
21 27 34	43,4	147,7			

Таблица 2
Макросейсмический эффект землетрясения 11 августа 1969 г.
Населенные пункты, для которых имеются наиболее полные данные

Пункт	Эпикентральное расстояние, км	Грунт*	Тип сооружений**	Ощущение
Мыс Край Света	95	ср.	Каркасные (2/2)	Пробужд.
Отрадное	400	ск.	Каркасные (х/25)	Испуг
Малокурльское		нб.		
Крабовоздок	105	ср.	Каркасные (400/100)	
о. Кунашир		ср., нб.	Брусничные (х/400)	
Южно-Курильск	175	ск., нб.	Каркасные (х/10), брусничные (х/15), Рубленые	

Таблица 2 (окончание)

Пункт	Степень повреждения по шкале MSK-1964 г.***				Интенсивность, балл		Примечание
	d ₀	d ₁	d ₂	\bar{d}	I _d	I _m	
о. Шикотан							
Мыс Край Света	—	1	—	1,0	7,3	7-8	Гул до землетрясения
Отрадное	—	2	—	1,0	6,5	6-7	
Малокурльское	3	42	10	4,28	6,8	7	Гул до землетрясения
Крабовоздок	10	84	6	0,96	6,5	6-7	
о. Кунашир	140	250	40	0,67	6,3	6-7	Обвал берега (объем около 30 м³)
Южно-Курильск	4	6	—	0,6	6,2	6	Гул до землетрясения
	10	3	2	0,5	6,0		
	1	1	—	0,5	6,0		

* ск. — скальный, ср. — средний, нб. — неблагоприятный.
** В скобках в числителе — наличие всего построек данного типа, в знаменателе — количество обследованных построек.
*** В кн. «Сейсмическое районирование СССР». М., «Наука», 1988.

Таблица 3
Макросейсмический эффект землетрясения 11 августа 1969 г.
Населенные пункты, для которых имеются неполные данные

Пункт	Эпикентральное расстояние, км	Грунт	Ощущение	Балльность по шкале MSK-1964 г.	Примечание*
о. Шикотан	90				
Бухта Перловая	95				
Бухта Димитрово	120	ср.	Пробужд.	5	
о. Полюнского	125	ср.	»	5	
Бухта Южная	125	ср., нб.	Испуг	6	
Бухта Северная	130	ср.	Пробужд.	6	Гул до толчка
о. Юрий	150	ср.	Испуг	6	Трещины в грунте шириной до 10 см, длиной 2-3 м
о. Зеленый	152	ср.		5-6	Гул до толчка
о. Тауфилева	150	ср.	Пробужд.	5	
Бухта Грозная	175				
Мыс Зоркий	175	ср.	»	5	Гул до толчка
о. Анучина	180	ср., нб.	Испуг	5	
о. Кунашир	180	ск., нб.	»	6	
Зал. Тягино	180	ср.	Испуг	5	
Отрадное	185	ср.	Пробужд.	5	
Менделеево	185	ср.	Испуг	6	
Горячий Пляж	185	ср.	»	5	Гул до толчка
Ов. Серебрянка	190	ср., ср.	Пробужд.	5-6	
п/д «Дозорный»	190	ск.	Испуг	6	
Оз. Горлаче	190	ср.	Пробужд.	5-6	
Лагунное	190	ср.	Испуг	5-6	
Алехино	190	ср.	Пробужд.	6	
Головино	190	ср.	Испуг	5	
Палуново	190	ср.	Пробужд.	5-6	
Петрово	190	ср., нб.	»	6	
Серноводск	190	ср., нб.	»	5-6	
Третьяково	195	ср.	Испуг	6	
Светлое	195	ср., нб.	»	5-6	
Дубовое	195	ср.	Испуг	6	
Коса	195	нб.	»	6	
Назарово	195	ср.	Пробужд.	5	
Мыс Столбчатый	195	ск.	»	6	Обвал берега (объем до 30 м³)
Мыс Ивановский	200	ск., ср.	»	6	
о. Игуруп	460	ср., нб.	Испуг	5-6	
Дамба	170	ср.	Пробужд.	6	
Ясный	175	ср.	Испуг	6-7	
Буревестник	180	ср.	»	6-7	Трещины в грунте шириной до 5 см, длиной 2-3 м
Горячие Ключи	190	ср.	»	6	
Куныбышево	195	ср.	»	5-6	
Сентябрьский	205	ср.	Пробужд.	5-6	
Рыбак	240	ср.	Испуг	5-6	
Курильск	210	ср.	»	5-6	
Клювовый	210	ср.	»	5-6	
Рейдово	210	ср.	Пробужд.	5	
Лососевый	215	ср.	Испуг	6	
Ветровой	220		Пробужд.	6	
Солонное					

Таблица 3 (окончание)

Пункт	Эллипс- ральное расстоя- ние, км	Грунт	Ощущение	Балль- ность по шкале MSK- 1964 г.	Примечание *
Активный					
о. Уруп	255	ср.	Испуг	6	
о. Симушир	390			4	
о. Сахалин	525			4	
Лдственничное					
о. Магуа	535			2-3	
о. Хоккайдо *	550			3	
Немуро	175			6	4
Кусиро	275			3	2
Абасирц	290			5	3
Обихиро	350			6	4
Хироо	375			5	3
Уракава	420			3	2
Муроран	510			2-3	1
Саппоро	525			3	2
Хакodate	595			5	3
о. Хонсю					
Хатнохе	600			6	3
Мияко	620			3	2
Мориока	675			2-3	1
Офунато	687			2-3	1
Акита	750			3	2
Исномаки	762			2-3	1
Сендай	810			3	2
Фукусима	865			2-3	1
Ямагата	880			2-3	1
Онахама	910			2-3	1
Сиракава	980			3	2
Какиока	1010			3-4	2
Уцуномия	1050			2-3	1
Кумагата	1060			2-3	1
Токио	1070			2-3	1

* Для населенных пунктов Японии указана балльность по японской шкале.

равна средней степени повреждения кирпичных зданий, что дает основани-
ние в нашем случае отнести эти деревянные постройки к типу Б.

В пунктах о-ва Шикотан (п. Отрадное, Малокурильское, Крабовозодск)
землетрясение ощущалось с силой около 7 баллов. В большинстве построек
каркасного типа и щитовых и в домах из деревянного бруса возникли от-
дельные тонкие трещины в стенах, более крупные — в штукатурке. Наблю-
дательное осыпание побелки. В отдельных домах этого типа смещались значи-
тельные повреждения преимущественно северных стен, старых печей и
труб, наиболее ветхие из них развалились.

На Кунашире, Итурупе и островах Малой Курильской гряды последст-
вия землетрясения были примерно одинаковыми: землетрясение ощуща-
лось всеми жителями, скрепели остовы зданий, отмечался перекос окон-
ных рам и дверных проемов. В отдельных домах наблюдались поврежде-
ния ветхих печей и образование незначительных трещин в новых, расхож-
дение углов и плит штукатурки, осыпание побелки (5-6 баллов). Только
в нескольких пунктах: Горячий Пляж (о-в Кунашир), Горячие Ключи и

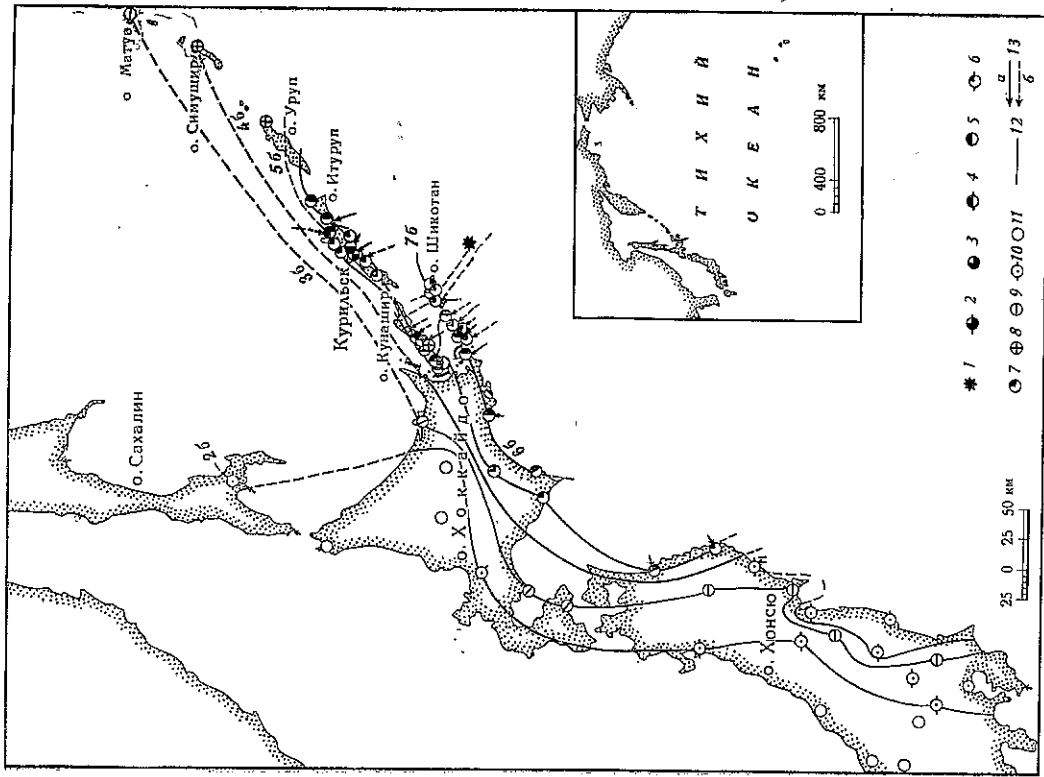


Рис. 6. Схема сотрясения и цунами Шикотанского землетрясения 11 августа 1960 г.
1 — эпицентр землетрясения; 2 — 7 — 8 баллов; 8 — 7 баллов; 9 — 6-7 баллов; 10 — 5-6 баллов;
11 — 5-6 баллов; 12 — 5 баллов; 13 — 4 балла; 14 — 3-4 балла; 15 — 2-3 балла; 16 — не ощуща-
лось; 17 — интенсивность (пунктиром проведены предполагаемые); 18 — проявление цунами (а —
вапной мареографов, б — данные визуальных наблюдений).
Врезка — проявление цунами в северо-западной части Тихого океана

Буревестник (о-в Итуруп) отмечались более серьезные повреждения.
В п. Горячий Пляж в двухэтажном каркасном здании на северных и юж-
ных стенах образовалась сетка трещин. Ширина их достигала 4 см, при
этом горизонтальные трещины преобладали над вертикальными. В одно-
этажных щитовых домах разрушились старые печи, расстрескались плит-
ли кафеля, падали куски штукатурки. В п. Горячие Ключи развалились
отдельные печи, в двух-трех случаях с домов упали трубы. На почве воз-
никли трещины шириной до 5 см и длиной 1,5-2 м.

Повышенная степень повреждений в поселках Горячий Пляж и Горя-
чие Ключи объясняется неблагоприятными инженерно-геологическими
условиями. Оба района расположены в раздробленной тектонической зоне,
к которой приурочены выходы термальных вод. Пункты располагаются на
одном эпидендральном расстоянии (180 км).

ощуществовали лишь отдельные И. Якушко, проводивший Лисвеничное), отметил в на пределе ошущаемости

агентства приведена сила гй Ялонию. На восточном в силой 6 баллов (перевод ва Хоккайдо соотрясаемость а. На западном побережье лось.

таточные деформации по- н, на о-ве Итуруп в районе урильское (о-в Шикотан), и нависших скал. На мысе дельных глыб.

Кунашир, например, на- ывали довольно сильное вах или заливах Южных наблюдались значительной ние, вращая корпуса ко-

эжме термальных вод или эв не наблюдалось.

аний в разнообразных ин- о приращение балльности но равнялось 0,5 балла и,

ы для определения балль- емлетрясения. Балльность ной в [3], равняется 8,5. считана согласно форму-

$s = 3,5; c = 3$. Значение лубины равняется 7,2 при

действительным данным рав- (зависимость глубины от ными, как при уменьше- а (115 км), так и пропор-

лубина $h_{M=3} = 72 \text{ км}$; глу- авышенными $-h_{M=7,8} =$

шее согласно глубин, вы- 50 км) и по формуле

Другие цифры имеют четах используется вели- чками причинами: во-пер- для других районов, по-

видимому, был неправоочен для последующего региона; во-вторых, воз- можно, что в Курило-Камчатской зоне затухание амплитуд происходит по другим законам и формулы С. В. Медведова нельзя использовать для ку- рильских землетрясений. Кроме того, хорошие согласия между глубинами, полученными инструментальным методом и рассчитанными без учета M , подтверждает предположение некоторых сейсмологов о том, что глубина, найденная по [2], является глубиной первоначальной подвижки. Макро- сейсмический же эффект зависит главным образом от последующих под- вижек, которыми заканчивается образование разлома или разрыва.

Проявление цунами

Землетрясение 11 августа вызвало цунами, проявившееся на обширной территории. На карте (рис. 7) нанесены высоты воли цунами в 32 пунктах Курильских островов, Сахалина, Хоккайдо и Хонсю. Цунами распространилось в северо-западной части Тихого океана более чем на 5,5 тыс. км и было зафиксировано на Гавайских островах и о-ве Уэйк (см. врезку на рис. 6).

По Курильским островам в основном приводятся данные визуальных наблюдений (табл. 4), лишь из отдельных районов получены записи мареографов. Наиболее детальные данные имеются с восемью мареографных установок по Сахалинской области (табл. 5). В табл. 6 приводятся инструментальные данные по Ялонию.

Максимальная высота цунами (5 м) была записана эхолотом СРГ-84-33 (капитан Н. А. Кукушкин) в бухте Церковная (о-в Шикотан), расположенной с океанской стороны. В соседней бухте Дмитриво залеск волны, по-видимому, достигал 3-4 м (оценка произведена по заброшенным в глубь суши морским водорослям, плавному, обломкам ящиков и бочек). В других местах высота цунами редко превышала 1-1,5 м (см. табл. 4). По визуальным наблюдениям, на островах Малой Курильской гряды цунами началось с медленного понижения уровня океана, после чего последо-

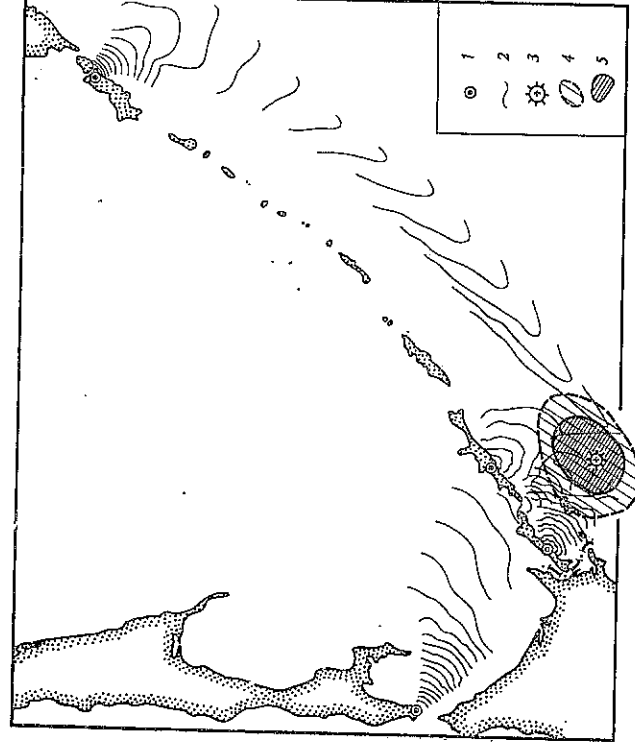


Рис. 7. Карта проявления цунами 11 августа 1969 г.

1 — пункты установки мареографов; 2 — изохроны; 3 — эпицентр землетрясения, 4 — область афтершоков; 5 — приближительная граница очага цунами

Таблица 4
Данные визуальных наблюдений за цунами 11—12 августа 1969 г.

Пункт	Время первого наблюдения, ч. м.	Время наблюдения, час.	Связь первого наблюдения и следящих	Максимальная высота цунами, м	Виды цунами	Заполнение (+) и осушка (-), %	Количество наблюдаемых волн	Примечание
Клювовый		0,6	—	6	—	+0,4 -0,4 (+0,5)	По расказам очевидцев	
Курильск			—		—			
Кудымшево			—	4—6	—	-(8-10) -(20-30)		
Ясный		1,0	—	40	—	-(300-400)	Несколько	
Ветровой		2,0	—	40—14	—	-(100)	8	
Рейдово	10 30		—		—	-(300)	2	
Буревестник	09 30	0,5	—	14	—	-(400-150)	9	Третья волна самая крупная
Буревестник (дамба, 16 км к югу)	09 30	0,6	—	16	—	-(10)	7	
Сентябрьский	09 20	0,5	—	20	—	-(30) +(60) +(250)	3	
Южно-Курильск	09 28	1,3	—	28	—	-(150)+ (1-2)		
Отрадное			—		—	-(150)+ (1-2)		
Зад., Тятино		0,5	—		—	-(40)	5—6	Изменение уровня
Горячий пляж			—		—	-(40)		
Серноводск		0,3	—	40	—	-(10)	Несколько	
Петроно		1	—	20	—	-(2)		
Светлое		1,3	—	40	—	-(150)+ (1-2)		
Палусово		1,0	—		—	-(150)+ (1-2)		
Третьяково			—		—	-(150)+ (1-2)		
Малокурльское		0,6	—	20	—	-(4,5) +(1,0)	Несколько	
Крабоаводск		0,5	—	30	—	-(3,5-4)	9	
Бух. Церковная			—		—	-(2)		Личные наблюдения
Бух. Димитрово		0,5	—	30	—	-(200)	1	
о. Полонский		0,5	—	40—20	—	-(20)		По расказам очевидцев
о. Юрий		0,6	—		—	-(200)	1	
о. Зеленый			—		—	-(40)		
о. Танфильева		0,5	—	20	—	-(2)		
о. Анучин			—		—	-(2)		

Примечание: в скобках даны приближенные значения.

вало интенсивное подтопление. Бора не наблюдалась. Число волн в разных пунктах колебалось от 3 до 9. Максимальное их количество зафиксировано в п. Буревестник (о-в Итуруп). Периоды волн колебались от 6 до 30 мин. Повсюду наибольшей была первая волна.

Инструментальные данные (записи мареографов) показывают, что всюду первая волна была приливной (за исключением п. Южно-Курильск, где отмечается спад). Наибольшие высоты волн, зафиксированные мареографами, отмечались в п. Южно-Курильск (о-в Кунашир) и Буревестник (о-в Итуруп).

Таблица 5
Данные мареографических наблюдений в СССР

Пункт	Первая волна				Максимальная волна				Продолжительность колебания, мин.	Время прибытия, час, мин.
	Время (сак.) наступления, ч. м.	Появление (+), (-)	Период (T), мин.	Амплитуда, см.	Время (сак.) наступления, ч. м.	Появление (+), (-)	Период (T), мин.	Амплитуда, см.		
Буревестник	09 00	+	25	72,0	11 00	+	25	103,0	00 30	1,0
Южно-Курильск	09 25	-	25	23,0	09 42	+	25	105,0	00 55	1,0
Курильск	09 45	+	40	20,0	42 00	+	25	58,0	01 15	3/4
о. Магуга	10 15	+	40	3,0	17 35	+	15	13,0	01 45	1,0

На рис. 8, а, б представлены фотокопии мареографных записей пунктов Южно-Курильск и Буревестник. На мареограмме Южно-Курильска отмечен и сейсмический толчок, что дает возможность установить время прибоя волны цунами от очага до мареографа.

Таблица 6
Данные мареографических наблюдений за пределами СССР

Пункт	Амплитуда, см.		Пункт	Амплитуда, см.	
	сак.	см.		сак.	см.
Абаспри	19		Омаедзак	13	
Ханасаки	128		Тоба	4	
Куэиро	47		Урагами	14	
Хакодате	24		Кушимото	31	
Вакаяма	41				
Халинохе	55		Гавайские острова		
Мийо	32		Мидуэй	25	
Офунато	20		Кахулуй	22	
Тёки	49		о. Уэйк	12	
Мера	12				

Цунами произошло во время отлива и не причинило ущерба побережью островов. По сигналу тревоги, данному своевременно, были приняты меры для безопасности населения прибрежных районов и флота.

Возможный механизм землетрясения

Определялись механизмы очагов 31 толчка, в том числе ближайшего Форшока, отмеченного за 12 сек. до главного удара, основного землетрясения и 29 наиболее сильных афтершоков (табл. 7).

Было выделено пять типов механизмов очага. Форшок, главный толчок и ряд афтершоков имели одинаковый наиболее распространённый первый тип механизма. Ко второму типу отнесен механизм очага с той же ориентацией осей главных напряжений, но при взаимной замене напряжений сжатия и растяжения. Для третьего и четвертого типов характерна сходная ориентация промежуточного напряжения и горизонтальных растяжений, но третий тип отличается от четвертого заменой местами напряжения сжатия и растяжения. При пятом типе механизма очага ось промежуточных напряжений совпадает с осью сжатия в очаге главного толчка. По данным о механизме очага этих толчков, максимальными были горизонтальные растяжения, что повлекло за собой образование подвижек в виде

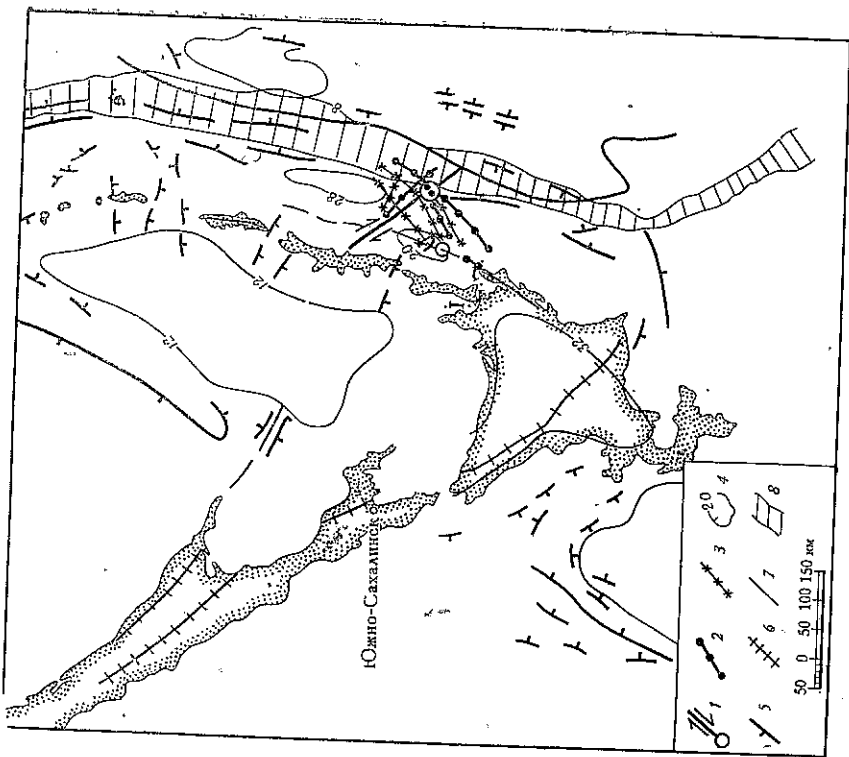


Рис. 9. Тектоническая схема района возникновения Шикотанского землетрясения (тектоника — по А. Л. Яншину)

1—3 — направление распространения тектонических подвижек по сейсмологическим данным; 1 — оброро-сдвиги основного толчка, 2 — оброро-сдвиги афтершоков, 3 — взбросо-сдвиги афтершоков; 4 — мощность земной коры, по И. К. Кузовову; 5 — региональные разломы; 6 — глубинные разломы; 7 — основные простирания подводных структур; 8 — глубоководный желоб

В эпицентральной области наблюдается резкое сочленение двух основных структурных направлений: северо-восточного — вдоль простирания Курильской островной дуги и почти меридионального, которому подчинены главные структуры Сахалино-Хоккайдоской области. Вдоль этого кардинального простирания обрывается Южно-Охотская котловина, где развит океанический тип коры, протягиваются региональные разломы, по которым происходит кулисообразное смещение отдельных островов относительно друг друга, а также разломы на островах, в частности на Шикотане. Примерно в этом же направлении ориентирована Идзу-Бонинская дуга с глубоководным желобом.

Имеются свидетельства, что подвижки по меридиональному направлению более молодые, чем по простиранию Курило-Камчатской дуги.

Таким образом, Шикотанское землетрясение 11 августа 1963 г. произошло в зоне резкого сочленения разнонаправленных и разновозрастных структур в пределах современной геосинклинали. Согласно найденному механизму очага, в этом районе действовали в основном растягивающие напряжения, вызвавшие левый сдвиг с одновременным поддвигом южной части западного склона желоба под острова. Это движение не противоречит предполагаемой направленности эволюции развития окраин Тихого океана [4]. Возникновение сильного землетрясения в зоне стыка разных структур

характерно и для других сейсмоактивных районов, т. е. является одной из универсальных причин высокой сейсмичности.

Следует добавить, что в описываемом районе сильные землетрясения с $M = 7-8$ наблюдались в 1964, 1968 гг., однако вызванные ими сотрясения и цунами были менее значительными, чем во время землетрясения 11 августа 1963 г. Более значительным было Урупское землетрясение 1963 г. [5]. Шикотанское землетрясение 11 августа имело существенно меньший максросейсмический эффект и вызвало более слабые волны цунами, чем Урупское землетрясение 1963 г. Значительно меньшей была область афтершоков. Хотя подвижки в обоих очагах имели сбросо-сдвиговый характер, в случае Урупского землетрясения они были значительно более круглыми. Кроме того, как говорилось выше, для Шикотанского землетрясения максимальными были горизонтальные составляющие подвижек, происшедшие в субмеридиональном направлении. При Урупском же землетрясении 1963 г. перемещения происходили по разломам, ориентированным вдоль дуги, т. е. вдоль простирания основных более древних структур, вытянутых вдоль Курило-Камчатской островной дуги.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. В. Шевалин. К статистическому определению интенсивности землетрясения. — Труды Х Генер. ассамблеи ЕСК (Ленинград, 3—11 сент. 1963), М., Изд-во АН СССР, 1970.
2. Землетрясения в СССР. Изд-во АН СССР, 1964.
3. Н. В. Шевалин. Методы использования инженерно-сейсмологических данных при сейсмическом районировании. — В кн. «Сейсмическое районирование СССР», М., «Наука», 1968.
4. Л. М. Свечев. Аномалия силы тяжести и причины вертикальных движений земной коры в зоне перехода от Азиатского континента к Тихому океану. — Геотектоника, 1969, № 1.
5. С. Л. Соловьев. Землетрясения и цунами 13 и 20 октября 1963 г. на Курильских островах. Южно-Сахалинск, 1964.