

Л. Н. Поплавская, А. Н. Бойчук, М. И. Рудик, Ф. А. Садчиков,
Землетрясение и цунами 21 января 1976 г.
на Курильских островах

21 января в 10 ч 05 м по Гринвичу восточнее северной оконечности о-ва Итуруп возникло сильное землетрясение, ощущавшееся на этом острове силой до 6 баллов и возбудившее слабые волны цунами (см. региональный и основной каталог). Землетрясение сопровождалось серией повторных толчков, позволившей исследовать сейсмический режим очаговой области.

Основные параметры землетрясения, полученные различными сейсмологическими центрами, приведены в табл. 1.
 Координаты эпицентра землетрясения 21 января (рис. 1) определялись методом средних линий [5] по данным о временах вступлений волн P на близкие и удаленные сейсмические станции. По известному эпицентральному расстоянию и географу волн P для разных глубин находилось время в очаге t_0 . Наименьшее значение среднеквадратичного отклонения $\sigma t_0 = \pm 2,0$ с получено для $H = 30$ км.

Контрольное определение t_0 выполнено по формуле Вадати по наблюдениям ближайшей к эпицентру станции Курильск ($S-P = 15$ с). При этом были использованы вступления между P - и S -волнами, кинематические данные о которых удовлетворяют условию $i(e) - P = \text{const}$ для 20 четких (i) и 4 нечетких (e) вступлений.

Для идентификации обменных отраженных волн sP или pP использовались также динамические характеристики волны и сведения о механизме очага (см. каталог дополнительных параметров). В результате анализа достаточно надежно идентифицирована волна sP (табл. 2).

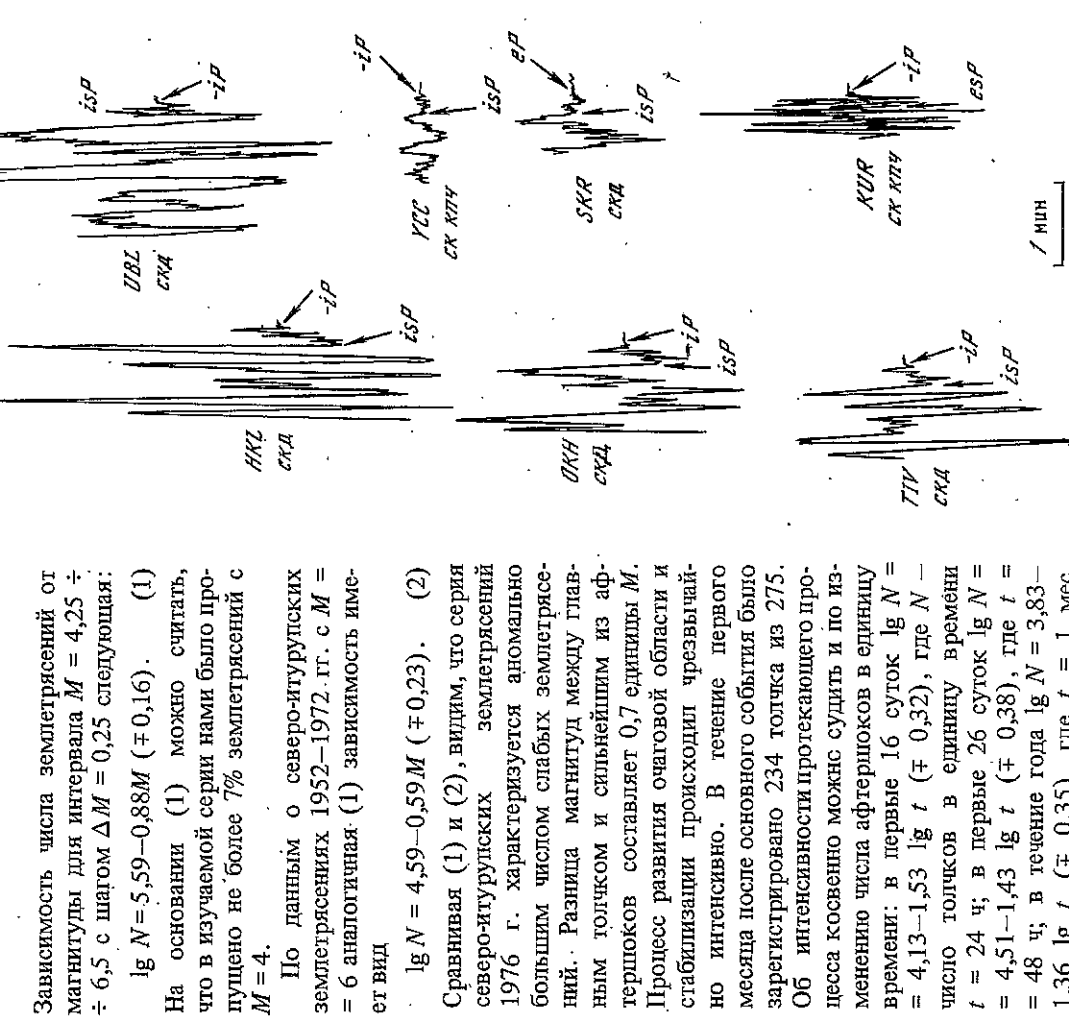
Как видно из таблицы, средняя глубина очага оказалась равной 33 ± 4 км. Период волн sP несколько больше, чем период волн P , а максимальная амплитуда в два-четыре раза больше, чем амплитуда P -волн. Идентификация обменных отраженных волн была проведена для подавляющего большинства афтершоков с $M = 4,5$, что позволило определить глубину заглатания очагов.

Повторные толчки. В течение января-декабря 1976 г. в очаговой области землетрясения 21 января зарегистрировано 275 повторных толчков с $M \geq 4$, для которых удалось определить основные параметры (см. региональный каталог).

Таблица 1
 Основные параметры землетрясений 21 января по данным различных сейсмологических служб

Источник	Момент возникновения, ч м с	φ ° N	λ ° E	H , км	M
Сейсмологический бюллетень сети опорных сейсмических станций СССР [1]	10 05 25	44,8	149,1	55	7,3
Сейсмологический бюллетень США [2]	10 05 24	44,9	149,1	41	7,0
Сейсмологический бюллетень Японии [3]	10 05 23	43,7	149,2	0	$m_b = 6,5$
Сейсмологический бюллетень Дальнего Востока [4]	10 05 23	44,6	149,3	33	7,2

Рис. 1. Примеры записи волны P от землетрясения 21 января 1976 г. на сейсмических станциях Дальнего Востока аппаратурой общего типа



Зависимость числа землетрясений от магнитуды для интервала $M = 4,25 \div 6,5$ с шагом $\Delta M = 0,25$ следующая:
 $\lg N = 5,59 - 0,88M (\pm 0,16)$. (1)
 На основании (1) можно считать, что в изучаемой серии нами было пропущено не более 7% землетрясений с $M = 4$.

По данным о северо-игулопских землетрясениях 1952-1972 гг. с $M = 6$ аналогичная (1) зависимость имеет вид

$$\lg N = 4,59 - 0,59M (\pm 0,23)$$
 (2)

Сравнивая (1) и (2), видим, что серия северо-игулопских землетрясений 1976 г. характеризуется аномально большим числом слабых землетрясений. Разница магнитуд между главным толчком и сильнейшим из афтершоков составляет 0,7 единицы M . Процесс развития очаговой области и стабилизации происходил чрезвычайно интенсивно. В течение первого месяца после основного события было зарегистрировано 234 толчка из 275. Об интенсивности протекающего процесса косвенно можно судить и по изменению числа афтершоков в единицу времени: в первые 16 суток $\lg N = 4,13 - 1,53 \lg t (\pm 0,32)$, где N — число толчков в единицу времени $t = 24$ ч; в первые 26 суток $\lg N = 4,51 - 1,43 \lg t (\pm 0,38)$, где $t = 48$ ч; в течение года $\lg N = 3,83 - 1,36 \lg t (\pm 0,35)$, где $t = 1$ мес.

Как видим, частота повторных толчков резко снижается уже к концу первого месяца, а до конца года они происходят не чаще, чем через 10-12 дней.

Макросейсмические данные. Согласно оценкам [6], балльность в эпицентре землетрясения 21 января $I_0 = 8,5$. Площадь макросейсмического источника, рассчитанная с учетом реальной ориентации очаговой области относительно дневной поверхности [7], $S_0 = 6,7 \cdot 10^3$ км². При этом в расчетах использовались коэффициенты уравнения макросейсмического поля из работы [8]: $I = 1,5 - 4,5 \lg R + 4,5$. Полученные оценки согласуются с размерами эпицентрального поля области афтершоков.

Сведения о конкретных проявлениях землетрясения 21 января в отдельных пунктах побережья сопоставлялись с теоретически ожидаемыми (табл. 3). Как видно, имеется неплохое согласие радиусов изосейст четвертого и пятого баллов. Цунами. Интенсивность цунами 21 января на побережье Курильских островов по шкале Имамура-Иида-Соловьёва [9] $I = 1$. Инструментальные данные различной степени надежности получены по записям этого цунами мареографными установками на островах Курильской гряды (рис. 2; табл. 4).

Землетрясения Камчатки

1976 г. завершает третий пятилетний цикл непрерывных сейсмологических наблюдений на Камчатке и Командорских островах. В последние пять лет была усовершенствована сеть региональных сейсмических станций, улучшены ее техническая база и методы обслуживания.

В 1976 г. закончено в основном оснащение Камчатского полигона для регистрации сильных движений. Создана сеть из десяти пунктов регистрации, пять из которых расположены на территории г. Петропавловска-Камчатского. Причем три пункта снабжены двойным комплектом аппаратуры: наряду с сейсмографами ССРЗ (порог срабатывания от 5–6 баллов) установлены более чувствительные японские акселерографы SMAC-Q. Четыре ближайшие к фокальной зоне сейсмические станции восточного побережья Камчатки также оборудованы приборами двух типов: Беринг-ИСО-11, УАР; Крутоберегово-ССРЗ УАР; Кроноки-ИСО-11, ССРЗ, Шипуновский-ИСО-11, ССРЗ; Паужетка-ССРЗ, срабатывающих от 5–6-балльных камчатских землетрясений. Обсерватории Эссо и Кроноки начали работать по полной программе.

Опытная эксплуатация автономных радиотелеметрических сейсмостанций, установленных на Авачинской группе вулканов, позволила в октябре 1976 г. закрыть в региональной сети обслуживаемую сейсмическую станцию Авача. Методы обработки первичного материала остались такими же, как и в предыдущие годы. Координаты очагов землетрясений и время в очаге определены в соответствии с [1]. При нахождении основных параметров землетрясений использовались бюллетени сейсмостанции Северо-Курильск.

Сейсмичность региона иллюстрируется картой эпицентров землетрясений с $K \geq 9$ (рис. 1, вкл.), картой сейсмической активности (рис. 2), вертикальным разрезом вкрест вулканической дуги (рис. 3) и отражена в каталоге (K здесь и далее означает энергетический класс землетрясений $K_{S1,2}^{Ф68}$, определенный по максимальной фазе поперечных волн на основании номограммы С.А. Федотова [2]). Основные пояснения к каталогу следующие:

1. Классы точности (первая литера — по координатам эпицентра, вторая — по глубине) описаны в [2]. Литеры а, б, в, н, с означают, что невязка решений не превышает 5, 10, 15, 25 км и более 25 км.

2. Номер района дается в соответствии со схемой, приведенной в [3].

3. Графа M в каталоге содержит магнитуды $M_{LH}^{ЕССН}$ из Оперативного бюллетеня ЕССН; звездочкой помечены значения магнитуд M_{LH} из бюллетеней сейсмической станции Петропавловск (с поправкой + 0,6). Данные M_{LH} по сейсмостанции Петропавловск любезно предоставлены Л.Г. Синельниковой.

4. В разделе "Примечания" при описании макросейсмического эффекта указание пункта "Петропавловск" относится к городу, остальные наименования — к сейсмическим станциям камчатской региональной сети. Подробные данные о землетрясениях с $K \geq 10$ приведены в Сейсмологическом бюллетене Дальнего Востока [4].

В 1976 г. на территории Камчатского региона зарегистрировано и обработано 1333 землетрясения. В таблице показано распределение землетрясений по классам энергии в течение всего пятилетнего цикла.

Таблица 4

Инструментальные данные о цунами 21 января на Курильских островах

Пункт наблюдения	Время наступления, ч м		Время добегания, ч м	Подъем (+), спад (-)	Амплитуда, см	Период, с
	в	м				
Первая волна						
Буревестник	10 36	0 31		+	18	10
Южно-Курильск	11 45	1 40		-	10	6
Малокурильское	11 55	1 50		-	14	15
Магуа	11 42	1 37		Некачественная запись		
Максимальная волна						
Буревестник	10 36	0 31		+	18	10
Южно-Курильск	11 45	1 40		-	10	6
Малокурильское	12 09	2 04		-	18	18
Магуа				Некачественная запись		

Оси промежуточных напряжений в большинстве случаев ориентировались к горизонту под углами $\epsilon > 35^\circ$. Не обнаружено преимущественной ориентации для напряжений растяжения.

По данным о механизме очага главного толчка и 35 афтершоков установлено, что очаг Северо-Итурупского землетрясения 1976 г. находился под воздействием близгоризонтальных напряжений сжатия и характеризовался преимущественно взбросо-сдвиговыми дислокациями (рис. 3).

ЛИТЕРАТУРА

1. Сейсмологический бюллетень сети опорных сейсмических станций СССР. М.: ИФЗ АН СССР, 1976, № 1.
2. Earthquakes data Report (USA), 1976, № 5.
3. The Seismological Bulletin of the Japan Meteorological Agency. Токуо, 1976.
4. Сейсмологический бюллетень Дальнего Востока. СахКНИИ, 1977.
5. Сасорова Е.В., Кравец Г.П., Попова Л.Н., Ким Чун Ун. Программа и некоторые результаты определения эпицентров курило-охотских землетрясений на ЭВМ "Минск-22". — В кн.: Алгоритмы интерпретации геофизических данных. (Труды СахКНИИ; Вып. 44). Владивосток, 1976.
6. Шебалин Н.В. Методы использования инженерно-сейсмологических данных при сейсмическом районировании. — В кн.: Сейсмическое районирование СССР. М.: Наука, 1968.
7. Попова Л.Н., Рудик М.И. Механизм очага и параметры макросейсмического источника курило-охотских землетрясений. — В кн.: Сейсмическое районирование Дальнего Востока. Владивосток, 1978.
8. Оскорбин Л.С., Попова Л.Н., Шумилина Л.С. и др. Макросейсмические данные о Парамуширском землетрясении 28 февраля 1973 года. — В кн.: Теоретические и экспериментальные исследования по проблеме цунами. М.: Наука, 1977.
9. Соловьев С.Л. Повторимость землетрясений и цунами в Тихом океане. — В кн.: Волны цунами. (Труды СахКНИИ; Вып. № 29). Владивосток, 1972.
10. Аверьянова В.Н. Детальная характеристика сейсмических очагов Дальнего Востока. М.: Наука, 1968.