

УДК 550.344.43

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОГЛОЩЕНИЯ ЭНЕРГИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН В КОНУСЕ ВУЛКАНА КЛЮЧЕВСКОЙ

Лемзиков М.В.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,

Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: lemzikov@kscnet.ru

Аннотация

Для исследования поглощение энергии сейсмических волн в работе применяется спектральный метод анализа первых P и S -фаз слабых вулканических землетрясений вулкана Ключевской. Используются цифровые записи слабых вулканических землетрясений вулкана Ключевской с глубиной очага от 1 до – 3 км в диапазоне энергетического класса $4,8 \leq K_{S_{1,2}}^{\Phi 68} \leq 5,1$ за 2000 год, зарегистрированные радиотелеметрическими сейсмическими станциями, установленными на вулкане Ключевской. Получено аномальное значение добротности среды в конусе вулкана на близких расстояниях.

Введение

Поглощение энергии сейсмических волн в земле после коррекции за геометрическое расхождение обусловлено двумя факторами поглощением за счет внутреннего трения и рассеиванием на неоднородностях. Надежные количественные оценки параметров поглощения представляют большой интерес для изучения свойств сейсмических очагов, свойств среды, а также для прогноза извержений вулканов и землетрясений.

Сложное и неоднородное строение среды вулкана влияет на распространения сейсмической волны от очага вулканического землетрясения до станции. В первую очередь это отражается на уровне поглощения энергии сейсмических волн.

Для исследования поглощения энергии сейсмических волн традиционно используются продольные и поперечные волны. Исследование поглощения энергии P и S -фаз сейсмических волн выполнено в работе [3]. В ней произведена оценка параметров поглощения, скорости и частоты сейсмических волн в конусе вулкана Ключевской на основе сопоставления теоретических и реальных спектров объемных волн слабых близких землетрясений. Очень успешно для исследования поглощения энергии сейсмических волн используется хвостовая часть записи землетрясений – кода-волны. В работе [4] выполнено исследования затухание энергии поперечных сейсмических волн слабых вулкано-тектонических землетрясений вулкана Ключевской методом MLTWA. Показано, что в суммарном затухании преобладающим фактором является поглощение рассеивания, т.е. вулканы представлены сложное гетерогенной структурой [8].

В данной работе используется спектральный метод анализа первых P и S – фаз сейсмических волн для исследования поглощение энергии слабых вулканических землетрясений в конусе вулкана Ключевской.

Исходные данные и способ обработки

Исходным материалом для обработки являются цифровые сейсмограммы слабых вулканических землетрясений вулкана Ключевской с глубиной очага от 1 до – 3 км (в конусе вулкана) в диапазоне энергетических классов $4,8 < K_{S_{1,2}}^{\Phi 68} < 5,1$ [7]. Они выбирались из архива хранения записей КФ ГС РАН за период 2000 г. Всего выбрано и обработано 108 сла-

рых вулканических землетрясений. (рис. 1).

Землетрясения, согласно [5], относятся ко второму типу вулканических землетрясений.

В работе использовались цифровые записи радиотелеметрических сейсмических станций Камчатского филиала Геофизической службы РАН (КФ ГС РАН), расположенные на постройке вулкана Ключевской Цирк (CIR) и Логинов (LGN) (рис. 1). Высота этих станций над уровнем моря 1420 и 2500 м соответственно. Каждая станция имеет три сейсмических канала для записи скорости колебаний грунта: две горизонтальные (SHE, SHN) и одну вертикальную (SHZ). В работе использовались только вертикальный SHZ и горизонтальный SHE каналы, канал SHN из-за технической неисправности на обеих станциях не использовался.

Спектральный анализ предъявляет высокие требования к качеству исходного материала [1]. В работе не использовались записи слабых вулканических землетрясений, у которых отношение сигнал шум меньше 2.

Визуально на каждой записи слабого вулканического землетрясения отмечались первые вступления *P* и *S*-волн, при этом начало временного интервала отмечалось на доли секунд раньше вступления волн. Окончание временного интервала определялось программно. Длительность временного интервала используемого для спектрального анализа – 4 сек. Цифровые записи сейсмограмм слабых вулканических землетрясений вначале программно корректировались на амплитудно-частотную характеристику сейсмического канала станции, а затем программно пропускались через полосовые цифровые фильтры. В работе использовались три октавных фильтра Баттерворта третьего порядка с осевыми частотами: 8.0, 10.0 и 12.0 Гц. В трех частотных полосах и по каждому каналу измерялись значения амплитуд спектра скорости.

Пример обработки записи слабого вулканического землетрясения по станции Цирк (CIR) показан на рис. 2.

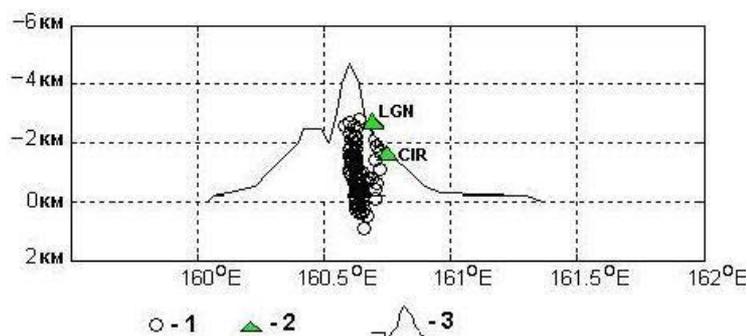


Рис. 1 Распределение гипоцентров слабых вулканических землетрясений в разрезе по плоскости запад-восток. 1 – гипоцентры слабых вулканических землетрясений вулкана Ключевской; 2 – радиотелеметрические сейсмические станции КФ ГС РАН: CIR – «Цирк»; LGN – «Логинов»; 3 – конус вулкана Ключевской.

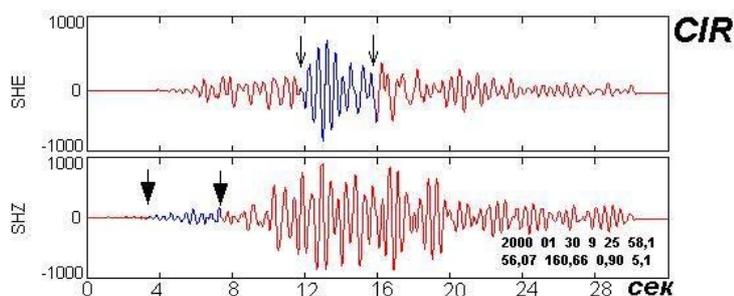


Рис. 2 Пример записи слабого вулканического землетрясения на станции Цирк «CIR», SHZ – вертикальный канал, SHE – горизонтальный канал. Стрелками отмечено начало и конец временного интервала используемого для спектрального анализа. Длительность используемого временного интервала 4 сек.

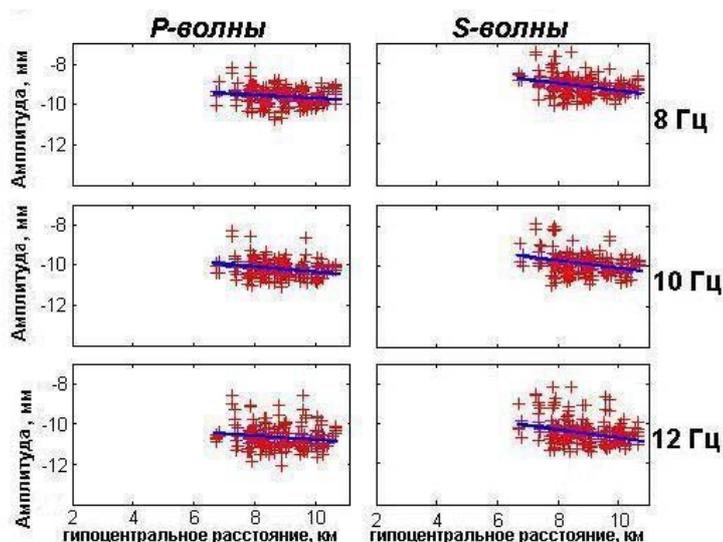


Рис. 3 Зависимость значений амплитуды спектра скорости от гипоцентрального расстояния для трех частотных диапазонов. Станция Цирк «CIR».

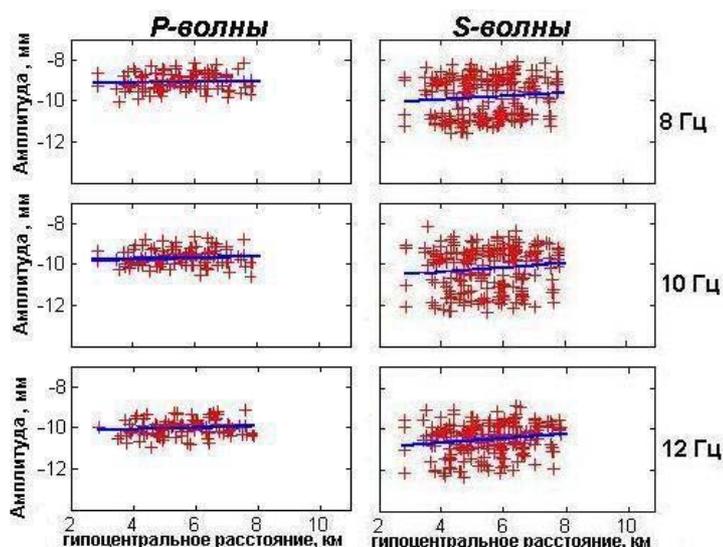


Рис. 4 Зависимость значений амплитуды спектра скорости от гипоцентрального расстояния для трех частотных диапазонов. Станция Логинов «LGN».

Обсуждение результатов

Вулкан Ключевской – типичный стратовулкан с конусом правильной формы и абсолютной высотой около 4750 м, самый высокий из действующих вулканов Европы и Азии, сложен базальтовыми лавовыми потоками и пирокластическим материалом, преобладающим в верхней части постройки. Вулкан Ключевской – самый продуктивный вулкан Камчатки. Здесь часто происходят извержения через вершинный кратер и побочные извержения [6].

Значения амплитуды спектра скорости корректировались на величину геометрического расхождения. В каждой из трех частотных полос программно строился график зависимо-

сти уровня амплитуды спектра скорости от гипоцентрального расстояния. Для получения оценок добротности среды, на графиках программно определялась линия регрессии методом наименьших квадратов. Угол наклона этой линии регрессии использовался для получения оценок добротности среды вулкана Ключевской по следующей формуле:

$$Q = \frac{\pi f \log_{10} e}{v \alpha} \quad (1)$$

где f – частота, α – угол наклона линии регрессии, v – средняя скорость распространения сейсмических волн, для P -волн – 5,6 км/сек, для S -волн – 1,5 км/сек.

При расчете средней скорости распространения сейсмических волн использовалась модель «В» скоростного строения среды, которая используется для определения гипоцентров землетрясений Северной группы вулканов [2]. Исследование проводилось отдельно по станции Цирк (CIR) и по станции Логинов (LGN) по каналу SHZ и SHE в трех частотных диапазонах. Результаты такой обработки показаны на рис. 3 и 4 и в табл. 1.

Таблица 1 Значение добротности Q по станциям

	Радиотелеметрические станции			
	Цирк (CIR)		Логинов (LGN)	
Частота	P-волны	S-волны	P-волны	S-волны
8 Гц	30	46	-30	-90
10 Гц	32	51	-32	-92
12 Гц	48	53	-35	-100

Результаты на рис. 3 и 4 в табл. 1 показывают, что на близких гипоцентральных расстояниях (2–6 км) по данным станции Логинов (LGN) наблюдается аномальное поглощение энергии сейсмических волн слабых вулканических землетрясений. На более отдаленных гипоцентральных расстояниях (8–10 км) по данным станции Цирк (CIR) наблюдается нормальное поглощение энергии сейсмических волн слабых вулканических землетрясений вулкана Ключевской.

Выводы

На близких гипоцентральных расстояниях наблюдается аномальное поглощение энергии сейсмических волн.

Список литературы

1. Аптекман Ж.Я., Дараган С.К., Долгополов Д.В. и др. Спектры P -волн в задаче определения динамических параметров очагов. Унификация, исходные данные и № 2. с. 60–70.
2. Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки и Командорских островов. Петропавловск-Камчатский. 2000. 407 с.
3. Лемзиков В.К., Лемзиков М.В. Предварительная оценка параметров поглощения, скорости и частоты сейсмических волн в постройке Ключевского вулкана по слабым вулканическим землетрясениям // Вулканология и сейсмология. 2002. № 3. с. 28–33.

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОГЛОЩЕНИЯ ЭНЕРГИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН В
КОНУСЕ ВУЛКАНА КЛЮЧЕВСКОЙ

4. *Лемзиков М.В.* Оценка характеристик затухания поперечных сейсмических волн в постройке вулкана Ключевской // *Вулканология и сейсмология*. 2008. № 2. с. 125 – 134.
5. *Токарев П.И.* Вулканические землетрясения Камчатки. М.: Наука. 1981. 164 с.
6. *Хренов А.П., Двигало В.Н., Кирсанов И.Т. и др.* Ключевской вулкан // в кн. Действующие вулканы Камчатки. М.: Наука. 1991. № 1. с. 106–153.
7. *Федотов С.А.* Энергетическая классификация Курило-Камчатских землетрясений и проблема магнитуд. М.: Наука. 1972. 162 с.
8. *Edoardo Dell Pezzo* Seismic wave scattering in volcanoes // *Advances in geophysics*. 2008. V.50. P. 353–371.