

# Новые свойства афтершоков сильных землетрясений и их связь с размером очаговой зоны

Завьялов А.Д. (1), Зотов О.Д. (1, 2), Гульельми А.В. (1)

(1) Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук, Москва, Россия

(2) Геофизическая обсерватория “Борок” ИФЗ РАН, Москва, Россия

e-mail: zavyalov@ifz.ru

В работе использованы данные мирового каталога землетрясений USGS/NEIC с 1973 по 2019 гг. Исследована зависимость числа повторных толчков на коротких интервалах времени – не более 24 ч после главного толчка, и расстояниях от эпицентра (или гипоцентра для глубокофокусных землетрясений) главного толчка до  $5^\circ$ . Основным методически приемом во всех построениях являлся метод наложения эпох. При этом и моменты возникновения главных толчков, и координаты их эпицентров/гипоцентров играли роль репера для синхронизации последовательностей повторных толчков.

В результате анализа обобщенных (накопленных) пространственных распределений афтершоковых последовательностей, полученных при изучении большого числа главных толчков в различных диапазонах магнитуд и глубин (совокупный объем выборок составляет тысячи главных толчков и десятки тысяч афтершоков) установлены два новых свойства пространственного распределения повторных толчков. Первое свойство – максимум кривой, описывающей пространственное распределение афтершоков, наблюдается на определенном расстоянии (примерно от 10 до 120 км) от эпицентра главного толчка. При этом логарифм этого расстояния прямо пропорционален магнитуде главного толчка. Второе свойство – положение максимума не зависит от времени, т.е. является стабильной пространственной характеристикой очага, по крайней мере, на рассматриваемых нами коротких интервалах времени после главного толчка.

Эти свойства оказались характерны не только для неглубоких главных толчков, но и для глубоких с глубинами гипоцентров более 300 км. Они положены нами в основу определения размера очаговой зоны. Оказалось, что зависимость расстояния максимума пространственного распределения афтершоков от магнитуды главных толчков достаточно хорошо аппроксимируется уравнением  $\lg R[\text{км}] = 0.43 * M - 1.57$  (1). Если расстояние от главного толчка до максимума пространственного распределения афтершоков интерпретировать как средний радиус  $R$  очаговой зоны, то тогда в среднем  $L = 2 * R$ , и из (1) получаем эмпирическую формулу для характерного размера очаговой зоны  $\lg L[\text{км}] = 0.43 * M - 1.27$  (2) [1]. Заметим, наша формула (2) практически совпадает с формулой Ю.В. Ризниченко [2]  $\lg L[\text{км}] = 0.44 * M - 1.29$  (3), но несколько отличается от формулы, предложенной Уэлсом и Копперсмитом в [3]  $\lg L[\text{км}] = 0.67 * M - 2.94$  (4).

Аналогичный подход мы использовали при определении характерного размера очаговой зоны глубокофокусных землетрясений. Для них регрессионное соотношение имеет вид  $\lg L[\text{км}] = 0.23 * M + 0.04$  (5). Оно отличается от соотношения (2). Однако заметим, что в случае глубокофокусных землетрясений статистика главных толчков и их афтершоков уменьшилась более чем на порядок. Также сократился магнитудный диапазон исследованных главных толчков. Возможно в этом причина различия регрессионных соотношений  $L \sim f(M)$  для неглубоких (2) и глубоких (5) землетрясений.

В заключение заметим, что в работе мы сосредоточили внимание на поиске наиболее общих, устойчивых свойств очаговой зоны, используя указанные выше статистические особенности пространственного распределения совокупности афтершоков для совокупности главных толчков. Нас не интересовали индивидуальные особенности пространственных характеристик афтершоковых последовательностей главных толчков. В результате нам удалось показать возможность использования установленных свойств афтершоков для определения характерного размера очаговой зоны

как неглубоких, так глубокофокусных главных толчков.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программ государственных заданий Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Завьялов А.Д., Зотов О.Д. Новый способ определения характерного размера очаговой зоны // Вулканология и сейсмология. 2021, №1, с. 22-29. DOI: 10.31857/S0203030621010065
2. Ризниченко Ю.В. Размеры очага корового землетрясения и сейсмический момент // Исследования по физике землетрясений. М.: Наука. 1976. С. 9–27.
3. Wells D.L., Coppersmith K.J. New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement // Bull. Seis. Soc. Am. 1994, Vol.84, №4, pp. 974-1002.