

КОРРЕЛЯЦИЯ МЕЖДУ СПЕКТРОМ РЕАКЦИИ И МАГНИТУДОЙ СИЛЬНОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Вопрос относительно зависимости максимальных амплитуд ускорений колебаний от магнитуд землетрясения (для плотных грунтов) был достаточно широко рассмотрен в [7].

Несомненно, спектр колебаний почвы информативнее величин периода максимального колебания, так как последний характеризуется одной точкой на спектральной кривой [7]. Исследования по установлению корреляционной зависимости между спектром ускорения колебания грунта (амплитудный спектр ускорений) в зависимости от магнитуд для эпицентральной зоны и вне ее проведены в [8].

С инженерной точки зрения представляет большой интерес корреляция между магнитудой землетрясения, являющегося, как известно, достаточно надежно определенной очаговой характеристикой, и спектром реакции. Имеющиеся в нашем распоряжении данные для большого числа землетрясений позволили установить такую зависимость [6].

В качестве исходных были использованы данные о спектрах для 839 акселерограмм из всего имеющегося набора со значениями магнитуд от 4,5 до 6,5.

Большинство данных о магнитудах анализируемых землетрясений были взяты из [9]. Данные о спектрах приведенных сейсмических ускорений, об эпицентральных расстояниях, а также о характере грунтов в месте регистрации из [2, 5, 6].

Во всех случаях рассмотрены горизонтальные компоненты колебания почвы как наиболее сильные. Все акселерограммы землетрясений относятся полностью к территории запада США. Глубина очагов этих землетрясений варьирует в пределах 5—20 км. При построении зависимостей $\tau(T, \alpha)$ от M имеющиеся спектры, полученные на разных грунтах, рассматривались совместно.

Корреляционные зависимости спектра реакции с магнитудой сильного землетрясения в ближней к очагу зоне строились для двух интервалов эпицентральных расстояний: $\Delta \leq 15$ км и $\Delta = 16-30$ км. Для каждого эпицентрального расстояния зависимости $\tau(T, \alpha) = f(M)$ были построены для двенадцати значений периодов свободных колебаний T : от 0,1 до 3,0 сек при фиксированном значении коэффициента затухания $\alpha = 0,16$ ($\beta = 0,5$).

На рис. 1 приведены графики зависимостей приведенных ускорений от M для каждого значения T (при $\Delta \leq 15$ км). Видно, что во всех случаях наблюдается рост ускорений с увеличением магнитуды и общий спад уровня графика с ростом значений периодов свободных колебаний.

Методом наименьших квадратов были найдены аналитические выражения для зависимости $\tau(T, \alpha)$ от M , отдельно для каждого значения T .

$$\lg \tau(T, \alpha) = \lg \tau_0(T, \alpha) + b_1(T)M. \quad (1)$$

Дисперсия рассчитывалась по следующей формуле:

$$\sigma(T) = \sqrt{\frac{\sum [\lg \tau(T) - \lg \tau_1(T)]^2}{n-1}} \quad (2)$$

В табл. 1 приведены значения $b_1(T)$; $\lg \tau_0(T)$ и $\sigma(T)$ для всех

периодов. Из таблицы (а также по уклону графиков рис. 1) видно, что значения коэффициента b_1 в уравнениях (1) меняются очень мало. Среднеквадратическое его отклонение составляет всего 0,036. Принимая это во внимание, будем брать для всех T среднее ее значение, равное 0,21, и нормировать далее значения $\lg \tau_0(T)$ по этому среднему значению.

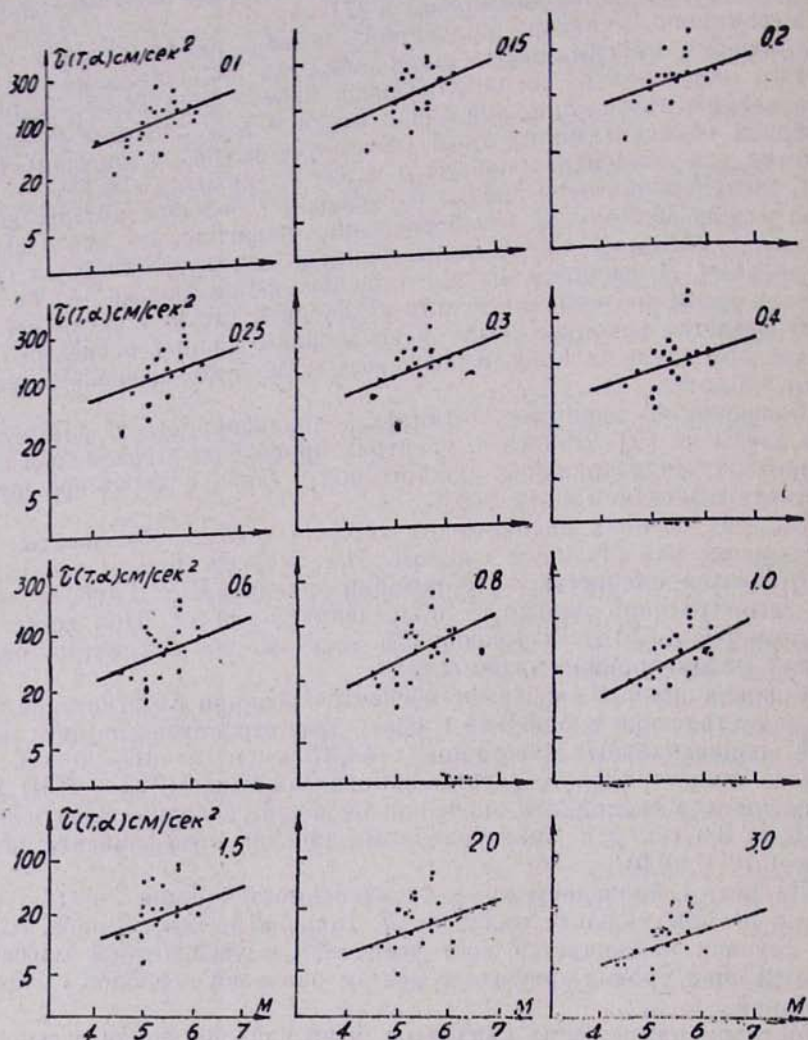


Рис. 1. Зависимость приведенных сейсмических ускорений от магнитуд M для разных значений T ($\alpha=0,16$)

Таблица 1

Значения коэффициентов для всех периодов

T сек	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0	3,0
$b(T)$	0,166	0,224	0,192	0,187	0,220	0,192	0,219	0,288	0,265	0,196	0,181	0,181
$\lg \tau_0(T, \alpha)$	1,040	0,888	1,062	1,105	0,897	0,949	0,604	0,140	0,142	0,373	0,288	0,120
$\alpha(T)$	0,248	0,293	0,261	0,280	0,301	0,299	0,299	0,344	0,330	0,320	0,315	0,297

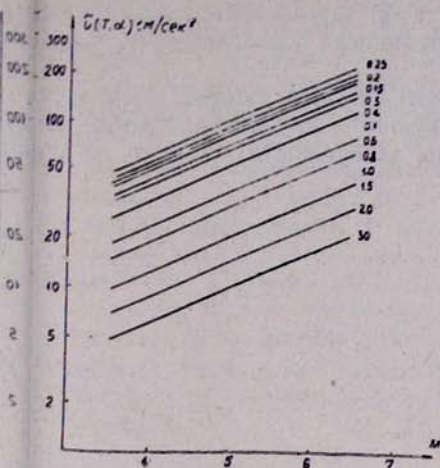


Рис. 2. Нормированные графики зависимостей $\tau(T, \alpha)$ от M для $\Delta \leq 15$ км ($\alpha=0,16$)

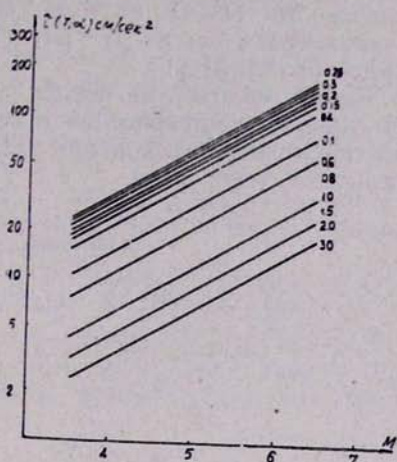


Рис. 3. Нормированные графики зависимостей $\tau(T, \alpha)$ от M для $\Delta=16-30$ км ($\alpha=0,16$)

Для искомой зависимости тогда будем иметь

$$\lg \tau(T, \alpha) = \lg \tau_{1n}(T, \alpha) + 0,21 M. \quad (3)$$

Значения $\lg \tau_{1n}(T, \alpha)$ для $\Delta \leq 15$ км приведены в табл. 2, а нормированные графики зависимостей $\tau(T, \alpha) = f(M)$ — на рис. 2. Аналогичные зависимости получены также для эпицентральных расстояний $\Delta = 16-30$ км:

$$\lg \tau(T, \alpha) = \lg \tau_{2n}(T, \alpha) + b_2(M), \quad (4)$$

где b_2 — осредненное по всем T значение, равное 0,28, а $\lg \tau_{2n}(T, \alpha)$, нормированные по этому среднему значению величины $\lg \tau_0(T, \alpha)$ (табл. 3, рис. 3).

Таблица 2

Нормированные значения $\lg \tau_{1n}(T, \alpha)$ для эпицентральных расстояний $\Delta \leq 15$ км и $\Delta = 16-30$ км ($\alpha=0,16$)

T сек	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0	3,0
$\Delta \leq 15$ км	0,81	0,97	0,97	0,99	0,96	0,85	0,65	0,56	0,44	0,30	0,14	-0,03
$\Delta = 16-30$ км	0,25	0,32	0,36	0,39	0,39	0,30	0,20	0,04	-0,07	-0,30	-0,44	-0,56

Полученные зависимости между спектром приведенного сейсмического ускорения и магнитудой сильного землетрясения для ближней к эпицентру зоны позволяют строить средние спектры реакции для любых значений магнитуд в диапазоне $M=4,5-6,5$.

На рис. 4 приведен, в частности, средний спектр реакции для значений $M=6,0$ с доверительным интервалом для вероятности $p=0,75$ при $\Delta \leq 15$ км).

По общему характеру средний спектр реакции достаточно хорошо

совпадает со средними спектрами, полученными С. С. Дарбиняном, а зависимости $\tau(T, \alpha)$ от M , полученные нами, хорошо аппроксимируются с зависимостью $\tau(T, \alpha) = f(I)$ (I — интенсивность землетрясения, выраженная баллами) [1].

Таким образом, на основе совместного анализа данных о магниту-дах сильных землетрясений и соответствующих им спектрах приведен-ных сейсмических ускорений установлены зависимости $\tau(T, \alpha)$ от M для ближней к очагу зоны.

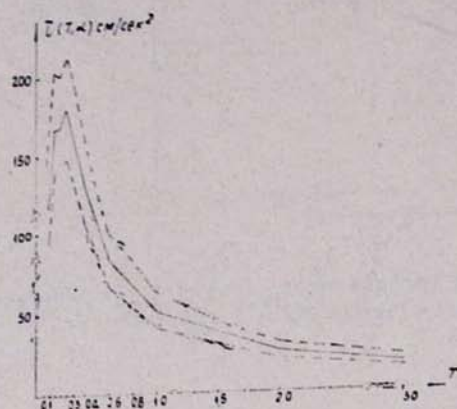


Рис. 4. Средний спектр реакции при магнитуде, равной 6,0, с доверительным интервалом для вероятности $p=0.75$ ($\Delta \leq 15$; $\alpha=0,16$)

В работах по оценке сейсмической интенсивности на количествен-ной основе неоднократно указывалось на необходимость привязки все-го макросейсмического материала (включая и инструментальные дан-ные) к магнитуде землетрясения, глубине очага и к расстоянию от эпицентра [3, 4, 6].

В этой связи, несомненно, очень важно установление корреляции между вышеуказанными параметрами очага и спектром реакции, пред-ставляющей большой интерес с инженерной точки зрения.

Такие зависимости позволят выдавать наиболее полные, статисти-чески обоснованные ожидаемые количественные характеристики коле-бания почвы, в частности при решении задач сейсмического микро-районирования.

ИГИС АН Армянской ССР

ЛИТЕРАТУРА

1. Дарбинян С. С. Эмпирическое определение приведенных сейсмических ускорений. Бюллетень по инженерной сейсмологии, № 10. Изд. АН АрмССР, 1976.
2. Дарбинян С. С. Количественная оценка интенсивности и воздействия сильных зем-летрясений. Дисс. на соиск. уч. степени доктора физ.-мат. наук, Фонды ИГИС АН АрмССР, 1976 г.
3. Назаров А. Г. О целесообразности отказа от сейсмической шкалы для оценки ин-тенсивности сильных землетрясений. В сб. «Сейсмическая шкала и методы измерения сейсмической интенсивности», М., «Наука», 1975.

- Н Назаров А. Г. Основная проблема инженерной сейсмологии. Бюллетень по инженерной сейсмологии, № 8, Изд. АН АрмССР, 1973.
- Н Назаров А. Г., Дарбинян С. С. Шкала для определения интенсивности сильных землетрясений на количественной основе. В сб. «Сейсмическая шкала и методы измерения сейсмической интенсивности», М., «Наука», 1975.
- Н Назаров А. Г., Дарбинян С. С. Основы количественного определения интенсивности сильных землетрясений. Изд. АН АрмССР, 1974.
- Ж Крамынин П. И., Штейнберг В. В. Параметры колебаний плотных грунтов при сильных землетрясениях. В сб. «Инженерно-сейсмические проблемы». Вопросы инженерной сейсмологии, вып. 18, М., «Наука», 1976.
- Ж Крамынин П. И., Чернов Ю. К., Штейнберг В. В. Ускорения колебаний скальных и рыхлых грунтов при сильных землетрясениях. В сб. «Эпицентральная зона землетрясений». Вопросы инженерной сейсмологии, вып. 19, М., «Наука», 1978.
- М Mihailo D. Trifunac and Vincent W. Lee. A Report on Research Conducted under a Grant from the National Science Foundation. February, 1978. Los Angeles, California.