

УДК 624.131.551.1

В. Г. ГРИГОРЯН

СПЕКТР РЕАКЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЙ

Накопление инструментальных данных о поведении грунта при землетрясениях и развитие вычислительных методов обработки сейсмической информации позволили получить на основе реальных записей колебаний грунта, дифференцированных по видам последних (скала и рыхлый грунт), кривые $\tau(T, \alpha)$.

Для анализа сейсмических движений было отобрано 30 записей сильных землетрясений ($M \geq 4.5$ при $\Delta \leq 30$ км), для которых были известны грунтовые условия. В число этих данных входили американские инструментальные данные и, в частности, землетрясения, происходящие в Калифорнии. Классификация этих данных производилась согласно упомянутым выше двум категориям грунтов: к первой категории (скальные грунты) было отнесено 17 акселерограмм, ко второй (рыхлые грунты)—13 акселерограмм землетрясений [1, 2].

Рассмотрим графики зависимостей $\tau(T, \alpha)$ от магнитуд при периодах свободных колебаний T , равных 0,1 сек; 0,25; 0,4; 1,0 и 3,0 сек, отнесенные к первой и второй категории грунтов. Значение коэффициента затухания во всех случаях принимаем постоянным— $\alpha=0,16$.

На рисунке 1 нанесены экспериментальные значения приведенных ускорений и проведены осредняющие кривые. Из этого рисунка видно закономерное увеличение ускорений с ростом значений магнитуд и общий спад уровней кривых с увеличением значений периодов.

Аналитическое выражение зависимости $\tau(T, \alpha)$ от M представим в виде:

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

Находим коэффициенты $\lg \tau_0(T, \alpha)$ и $b(T)$ для двух групп экспериментальных данных—для землетрясений, записанных на скальных грунтах, и для землетрясений, записанных на рыхлых грунтах.

Результаты вычислений приведены в таблице 1.

Таблица 1
Значения коэффициентов в уравнении (1)

T сек	На скале		На рыхлом грунте	
	$b(T)$	$\lg \tau_0(T, \alpha)$	$b(T)$	$\lg \tau_0(T, \alpha)$
0,1	0,45	-0,53	0,21	0,69
0,25	0,34	0,25	0,27	0,55
0,4	0,35	0,15	0,36	0,37
1,0	0,38	-0,44	0,40	-0,61
3,0	0,25	-0,91	0,22	-0,47

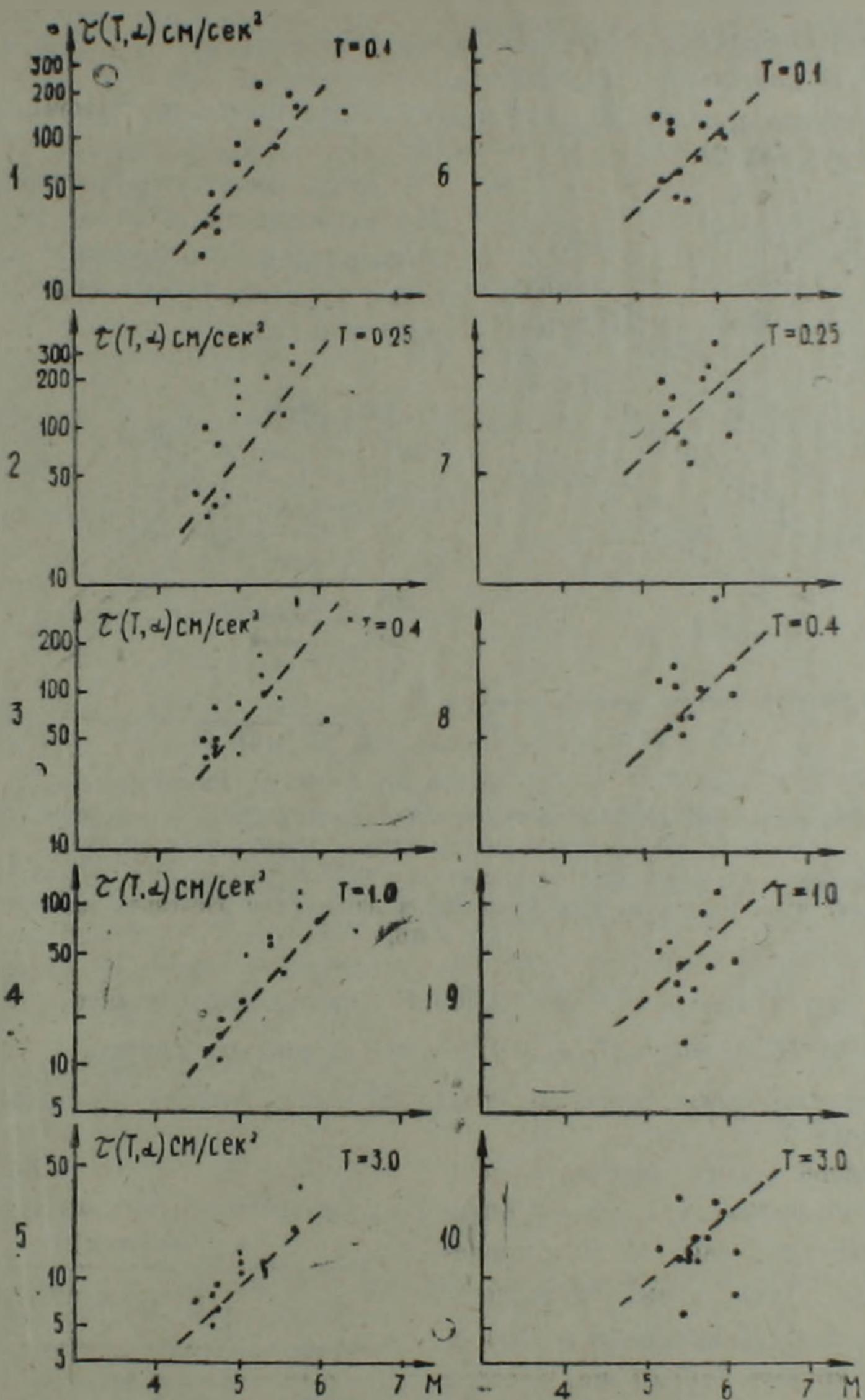


Рис. 1. Зависимость приведенных сейсмических ускорений от магнитуд при разных периодах T : на скальных грунтах (1-5) и на рыхлых грунтах (6-10), пунктирные прямые—усредненные данные.

Для удобства представления и дальнейших расчетов $\tau(T, \alpha)$ по (1) осредним значения коэффициентов $b(T)$ для всех T^1 .

Тогда будем иметь:

$\bar{b}_{\text{ср.}} = 0,36$ для скальных грунтов,

$\bar{b}_{\text{ср.}} = 0,29$ для рыхлых грунтов.

По этим средним $\bar{b}_{\text{ср.}}$ нормируем далее значения коэффициентов $\lg \tau_0(T, \alpha)$ (рис. 2).

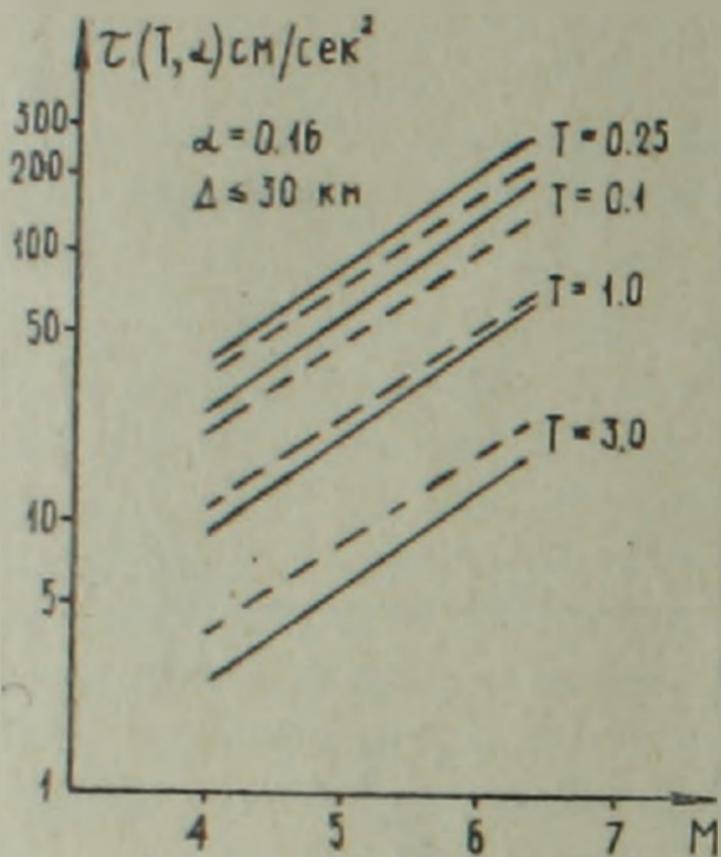


Рис. 2.

Рис. 2. Нормированные графики зависимостей $\tau(T, \alpha)$ от M для скальных грунтов (сплошная линия) и для рыхлых грунтов (пунктирная линия).

Тогда окончательные выражения зависимости спектра реакции от магнитуды M , отнесенные к двум типам грунтов, можно будет представить в виде:

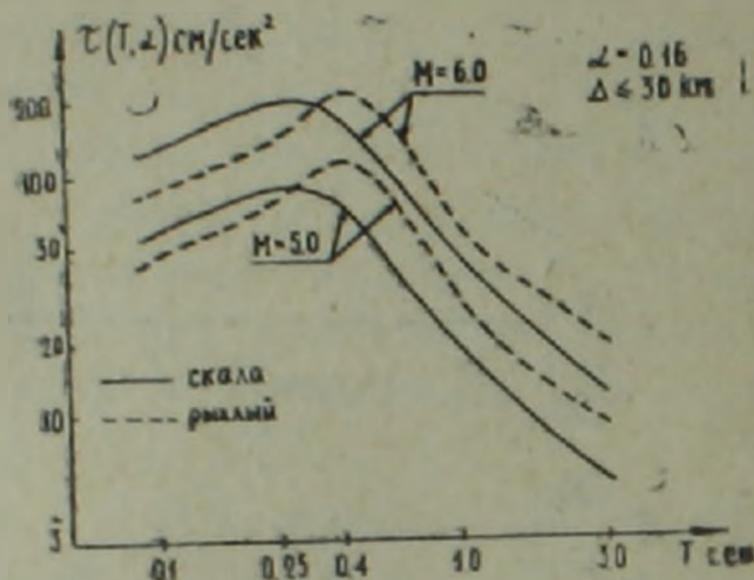


Рис. 3.

Рис. 3. Экспериментальные спектральные кривые $\tau(T, \alpha)$ на скальных грунтах (сплошная линия) и на мягких грунтах (пунктирная линия) при значениях магнитуд $M = 5,0$ и $6,0$.

$$\begin{aligned} \lg \tau(T, \alpha) &= \lg \tau_n(T, \alpha) + 0,36 \cdot M \quad \text{на скальном грунте,} \\ \lg \tau(T, \alpha) &= \lg \tau_n(T, \alpha) + 0,29 \cdot M \quad \text{на рыхлом грунте.} \end{aligned} \quad (2)$$

Нормированные значения $\lg \tau_n(T, \alpha)$ в выражениях (2) приведены в таблице 2.

Теперь можем построить спектральные кривые $\tau(T, \alpha)$ для определенных значений M по выражениям (2). Такие кривые приведены на рис. 3. Сплошной линией обозначены кривые $\tau(T, \alpha)$ на жестких грунтах, а пунктирной линией — спектральные кривые на рыхлых грунтах.

Таблица 2
Нормированные значения $\lg \tau_n(T, \alpha)$
в уравнениях (2)

T сек	На скале	На рыхлом грунте
0,1	0,04	0,23
0,25	0,16	0,42
0,4	0,08	0,61
1,0	-0,60	-0,01
3,0	-1,10	-0,48

¹ Несмотря на то, что значения коэффициентов $b(T)$ варьируют в значительно большем интервале, однако, можно убедиться, что такое осреднение практически не влияет на окончательный результат.

Как видно из этого рисунка, в высокочастотной части спектра уровень ускорений на скальных грунтах превышает уровень ускорений на рыхлых грунтах. Например, при периодах $T=0,1$ и $0,25$ сек отношение $\frac{\tau_{\text{скала}}(T, a)}{\tau_{\text{рыхлый}}(T, a)}$ составляет в среднем 1,32.

В низкочастотной части спектра наблюдается обратная картина: спектр реакции на скальных грунтах становится ниже того же на рыхлых грунтах.

Правые ветви кривых рис. 3 можно аппроксимировать аналитическими выражениями:

$$\text{для скальных грунтов} \quad \tau(T, a) = \frac{C(M)}{T^{1,2}} \quad (\text{при } T > 0,4 \text{ сек}),$$

$$\text{для рыхлых грунтов} \quad \tau(T, a) = \frac{C(M)}{T^{0,90}} \quad (\text{при } T \geq 1,0 \text{ сек}).$$

Здесь C — коэффициент, зависящий также от величины магнитуды M .

В частности, $C = 21$ при $M = 5,0$	— для скальных грунтов,
$C = 48$ при $M = 6,0$	
$C = 28$ при $M = 5,0$	— для рыхлых грунтов.
$C = 54$ при $M = 6,0$	

Отметим, что приведенные здесь результаты имеют хорошую сопоставимость с результатами, приведенными в работе [3].

Таким образом, полученные нами оценки могут быть использованы при выборе кривых динамичности $\beta(T)$ в зависимости от типов грунтов оснований сооружений.

Отметим также, что ввиду ограниченности используемого исходного материала, полученные нами результаты нельзя считать окончательными. По мере накопления достоверного фактического материала можно в будущем их изменять и уточнять.

Ордена Трудового Красного Знамени
Институт геофизики и инженерной
сейсмологии АН Армянской ССР

Поступила 23.V.1981.

ЛИТЕРАТУРА

1. Назаров А. Г., Дарбинян С. С. Основы количественного определения интенсивности скальных землетрясений. Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1974.
2. Ярцева Н. С. Некоторые результаты обобщения и анализа литературных данных о сильных землетрясениях. Бюлл. по инж. сейсмологии, № 9, Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1975.
3. Mithallo D., Trifunac and John G. Anderson A Report on Research Conducted Under a Contract from the U. S. Nuclear Regulatory Commission. Los Angeles, California, 1977.