

УДК 550.348.001.57

Р. О. АМАСЯН, Э. Л. МИКАЕЛЯН

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ К РЕШЕНИЮ
НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧ СЕЙСМИЧЕСКОГО
МИКРОРАЙОНИРОВАНИЯ

В связи с тем, что все существующие в настоящее время приемы сейсмического микрорайонирования, несмотря на различие методик, требуют больших затрат времени и средств, весьма удобно и выгодно исследование некоторых его задач экспериментально, в лабораторных условиях.

К ряду таких задач относится исследование волнового сейсмического поля территории, проведение которого при помощи метода моделирования возможно благодаря наличию теории А. Г. Назарова о механическом подобии твердых деформируемых тел [2].

Основная трудность осуществления модельных исследований заключается в выборе модельного материала, что диктуется ограничениями линейных размеров модели исследуемой территории, изготовленной в лабораторных условиях. Поэтому, исходя из условий подобия [2], модельный материал получается низкомодульным ($E=1\div 2$ МПа), т. е. весьма мягким и, следовательно, непригодным для изучения вопросов возникновения трещин и оползневых явлений.

Однако, при точном моделировании ландшафтных и геологических особенностей исследуемого района, можно в результате модельных исследований оценить влияние рельефа местности на характер распространения упругих сейсмических волн по изучаемой территории.

Аналогичные исследования для территории г. Кировакана были проведены нами в лаборатории моделирования ИГИС АН Армянской ССР.

При расчете и проектировании модели грунтовых напластований территории г. Кировакана необходимо определить следующие механические характеристики грунтов, подлежащие моделированию: c —скорость распространения в грунте сейсмических волн; E —модуль упругости; Δ —объемный вес; μ —коэффициент Пуассона.

Указанные параметры определялись как в полевых, так и в лабораторных условиях на керновом материале со скважин, заложенных на изучаемой территории различными организациями. После соответствующей обработки усредненные результаты наблюдений сведены нами в таблицу 1.

В качестве модельного нами был использован низко модульный материал на базе вальцмассы, представляющий собой смесь желатина, глицерина, воды и пористого заполнителя (мы применяли аниискую пемзу) в различных весовых отношениях.

Сейсмические волны при проведении эксперимента мы сочли удобным возбуждать при помощи микровзрывов.

Таблица 1

Тип материала	Основные физико-механические характеристики материалов модели и оригинала			
	скорость распространения сейсмических волн c м/сек	динамический модуль упругости E МПа	объемный вес в $кг/см^3$ Δ	коэффициент Пуассона μ
Величины параметров для усредненного слоя базальтовых пород территории г. Киров-вакана	3040,0	$1,85 \cdot 10^4$	$2,30 \cdot 10^3$	0,30
Величины параметров для модельного материала на базе вальцмассы	32,0	1,08	$1,20 \cdot 10^3$	0,30

Для определения точного состава модельного материала, как наиболее соответствующего для данного случая, а также для выяснения пригодности выбранной смеси на восприятие взрывных волн, модельным исследованиям предшествовала серия испытаний на призматических образцах из модельного материала с разными соотношениями образующих компонентов. В результате был установлен следующий состав модельного материала: вальцмасса—1; глицерин—0,15; вода—0,05; заполнитель—0,4. Основные физико-механические характеристики выбранного модельного материала также сведены нами в таблицу 1.

На основе теории расширенного подобия при моделировании динамических процессов на естественном гравитационном поле имеем следующие зависимости:

- для напряжений $\sigma' = \beta \cdot \sigma$;
- для деформаций $\epsilon = \gamma \cdot \epsilon$;
- для плотностей $\rho' = \delta \cdot \rho$;
- для времени $T' = \xi \cdot T$;
- для модулей упругости $E' = \frac{\rho}{\gamma} \cdot E$;
- для перемещений $u' = \alpha \cdot \gamma \cdot u$;
- для ускорений $W' = W$;
- для скоростей распространения сейсмических волн.

$$c' = \sqrt{\frac{\alpha}{\gamma}} \cdot c;$$

здесь α —масштабный множитель; β —множитель подобия для напряжений; δ —множитель подобия для плотности; γ —множитель подобия для относительных деформаций; ϵ —множитель подобия для времени. Между множителями подобия существуют следующие зависимости:

$$\beta = \alpha \cdot \delta; \quad \xi = \sqrt{\alpha \cdot \gamma}.$$

Имея в виду указанные зависимости и приняв для удобства изготовления модели в лабораторных условиях масштабный множитель $\alpha = 1/5000$, для остальных множителей подобия получили следующие значения:

$$\beta = 0,000104; \quad \gamma = 1,80; \quad \delta = 0,52; \quad \xi = 0,019.$$

Так как размеры исследуемого региона в натуре составляли 7250·11700 м, следовательно размеры модели в плане получились равными 1,45·2,34 м. При проектировании модели грунтовых напластований нами в первом приближении был смоделирован осредненный слой грунта мощностью 1500 м, следовательно наименьшая толщина модели получилась равной 0,3 м.

Модель грунтовых напластований территории г. Кировакана была изготовлена в лаборатории моделирования института по особой технологии, тщательно разработанной нами и позволяющей с определенной точностью воспроизвести рельеф моделируемой местности.

Микровзрывы осуществлялись электродетонаторами мгновенного действия, располагаемыми по одной линии в торце модели в пяти точках с таким расчетом, чтобы обеспечить плоский фронт наступающей сейсмической волны. Взрыв электродетонаторов производился через одну-две секунды после включения кассеты осциллографа, что в некоторой степени обеспечивало чистоту проведения эксперимента.

В процессе эксперимента измерялись ускорения и смещения характерных точек местности при помощи специальных датчиков, установленных в этих точках. Всего было установлено 9 датчиков смещения и 9—ускорения.

Для оценки влияния рельефа местности на кинематические параметры упругих сейсмических волн эксперимент проводился в два этапа:

1. Испытание плоского настила размерами $2,34 \times 1,45 \times 0,25$ м.
2. Испытание плоского настила совместно с прикрепленной к нему моделью рельефа местности, наименьшая толщина которой составляла 0,05 м.

Схематический план модели с указанием мест точек взрыва и расположения датчиков приведен на рис. 1, а пространственные координаты расположения датчиков приведены в табл. 2.

Влияние рельефа местности на распределение упругого волнового поля можно оценить, сравнивая результаты измерений кинематических параметров характерных точек модели при наличии рельефа и без него.

Большая вязкость модельного материала позволила многократно повторять эксперимент с целью статистического уточнения результатов. С целью наглядной интерпретации результатов эксперимента для

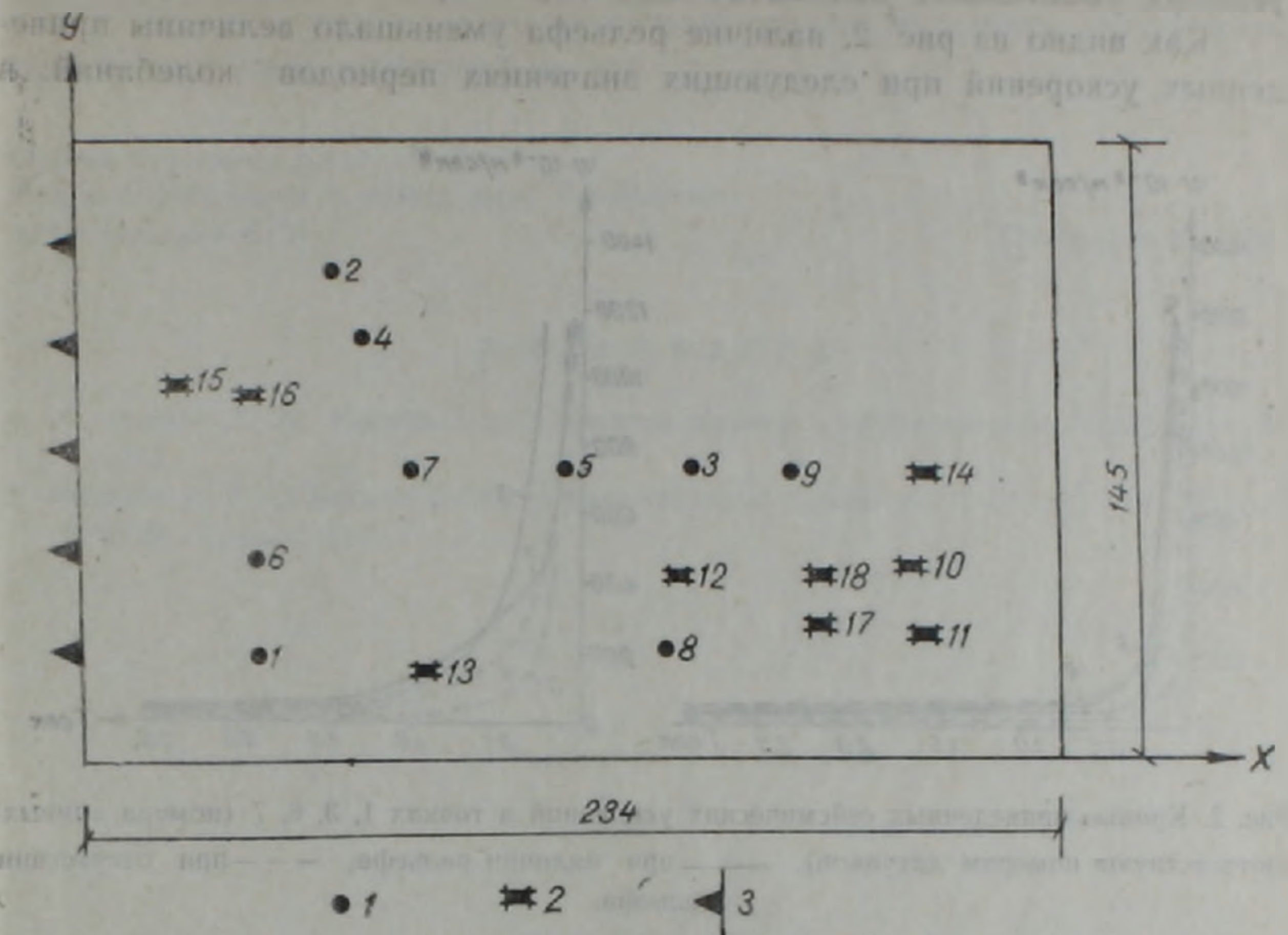


Рис. 1. Схема расположения датчиков на модели грунтовых напластований территории Кироваканского района. 1—датчики ускорения; 2—датчики смещения; 3—точки взрыва.

Таблица 2

№№ п/п Координаты	Датчики ускорения								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
x (в м)	0,42	0,60	1,41	0,67	1,15	0,42	0,80	1,46	1,70
y (в м)	0,25	1,17	0,26	1,01	0,68	0,48	0,68	0,68	0,68
z (в м)	0,300	0,360	0,390	0,325	0,330	0,325	0,325	0,310	0,305

№№ п/п Координаты	Датчики смещения								
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
x (в м)	1,99	2,03	1,44	1,78	2,03	0,23	0,41	1,76	0,82
y (в м)	0,47	0,31	0,44	0,46	0,68	0,88	0,86	0,32	0,23
z (в м)	0,305	0,370	0,385	0,330	0,335	0,330	0,330	0,315	0,310

каждой точки замера были вычислены и построены спектры приведенных ускорений при $\delta=0,5$ как при наличии рельефа, так и без него. Наиболее характерные из них приведены на рис. 2.

Результаты, измеренные датчиками смещения, представлены в табл. 3.

Анализ результатов эксперимента показал, что не всегда наличие рельефа увеличивает кинематические параметры точек местности.

Как видно из рис 2, наличие рельефа уменьшало величины приведенных ускорений при следующих значениях периодов колебаний: в

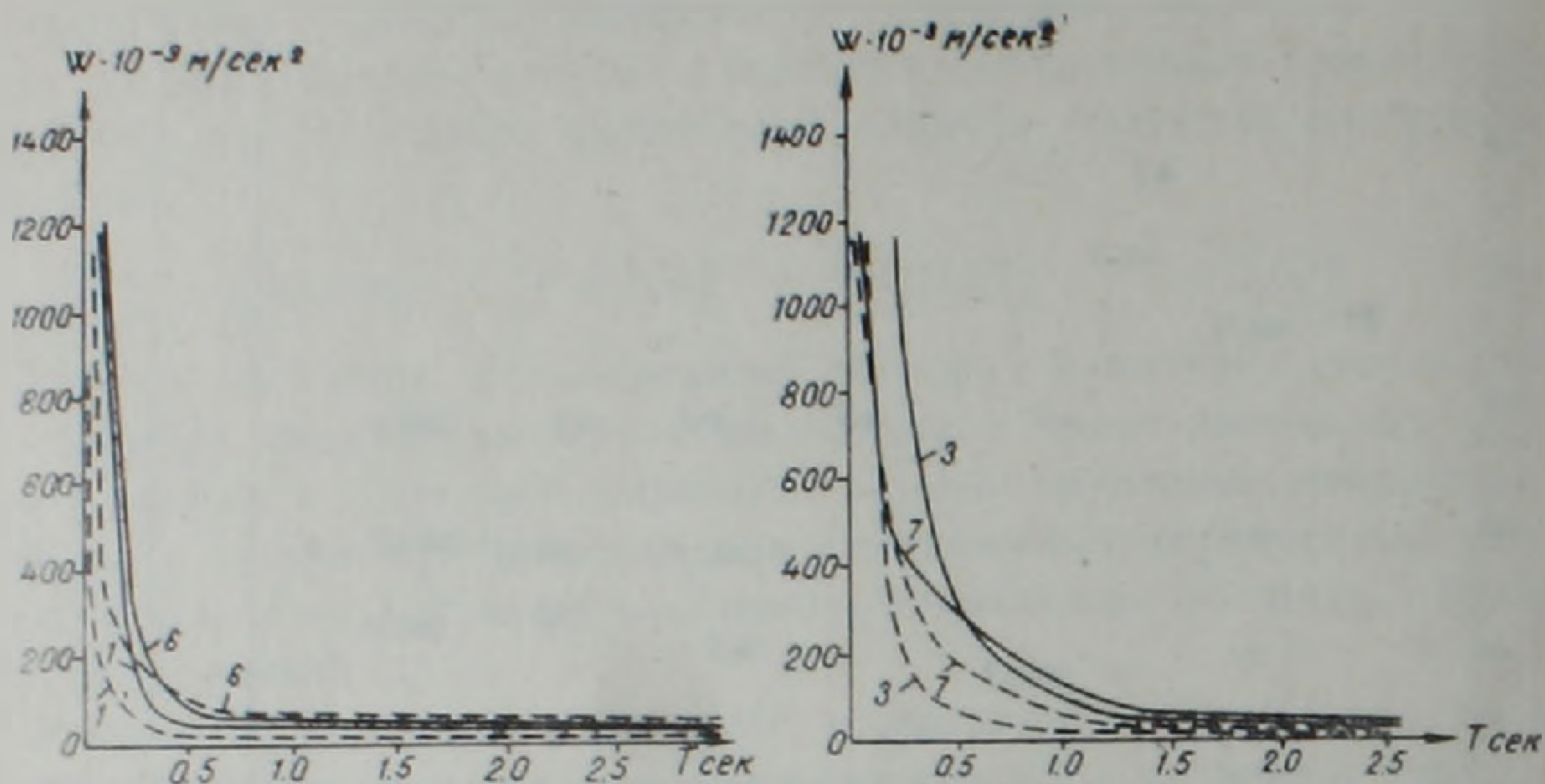


Рис. 2. Кривые приведенных сейсмических ускорений в точках 1, 3, 6, 7 (номера кривых соответствуют номерам датчиков). — при наличии рельефа; — — — при отсутствии рельефа.

Таблица 3

№№ датчи- ков п/п	Относитель- ные отметки в м	Смещения в модели $u' \cdot 10^3$ в м		Смещения в натуре $u = \frac{u'}{a \cdot \gamma} \cdot 10^3$ в м	
		с учетом рельефа	без учета рельефа	с учетом рельефа	без учета рельефа
10	2,5	0,000650	0,000930	1,84	2,58
11	350	0,001900	0,000920	5,36	2,55
12	425	0,002500	0,000990	6,85	2,74
13	150	0,001020	0,000933	2,82	2,61
14	175	0,001590	0,000911	4,43	2,53
15	150	0,001235	0,001123	3,43	3,12
16	150	0,001112	0,001062	3,09	2,95
17	75	0,000860	0,000965	2,39	2,68
18	50	0,000893	0,001004	2,48	2,79

точке 6 при $T=0,3$ сек: в точке 7 при $T=0,2 \div 0,3$ сек. Увеличение величин приведенных ускорений рельефом наблюдалось: в точке 1—при значениях $T=0,5$ сек; в точке 3—при $T=1,5$ сек. Из рассмотрения таблицы 3 видно, что наличие рельефа увеличивало значения величины смещений точек местности только при резко выраженном перепаде высот (см. точки 11, 12, 14 в табл. 3). В остальных же случаях рельеф частично погашал колебания.

Однако при окончательной оценке влияния рельефа местности на распределение сейсмического волнового поля необходимо учитывать геологическое и тектоническое строение грунтов изучаемой территории конкретно для каждой точки, так как принятая для наших исследований модель грунтовых напластований позволяет решать вышеуказанную задачу лишь в упругой стадии.

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

Поступила 25.V 1981.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Касинурев Д. М. Использование энергии взрыва в строительстве, Стройиздат, М., 1973.
2. Назаров А. Г. О механическом подобии твердых деформируемых тел, Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1965.