

ИНЖЕНЕРНАЯ СЕЙСМОЛОГИЯ

Н. К. КАРАПЕТЯН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕОБЛАДАЮЩИХ ПЕРИОДОВ И
СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА КОЛЕБАНИЙ ПОЧВЫ
НА ТЕРРИТОРИИ Г. ЕРЕВАНА

При изучении сейсмичности определенного района до настоящего времени учитывались некоторые факторы, как расположение эпицентров в пространстве и во времени, интенсивность очага, динамические параметры очагов землетрясений, геологическое строение района и т. д. Однако, изучению сейсмичности данного района может значительно способствовать также знание преобладающих периодов и спектрального состава колебаний почвы этого района. В связи с этим появляется необходимость получения спектральных характеристик землетрясений в данном районе, установления зависимости формы спектров от энергии землетрясений, эпицентрального расстояния и глубины залегания очага, грунтовых и геологических условий в местах расположения станций, а также от затухания сейсмических волн в данном районе. При достаточной изученности этих вопросов спектральный состав колебаний почвы может стать основной характеристикой сейсмичности того или иного района.

Определение преобладающих периодов и спектрального состава колебаний почвы для конкретного района необходимо проводить одновременно по данным взрывов, микросейсм и землетрясений.

Нами сделана попытка определить преобладающие периоды и спектральный состав колебаний почвы в районе гор. Еревана. С этой целью анализированы записи микросейсм, взрывов и сейсмограммы землетрясений. Анализ произведен по предложенной нами ранее методике определения спектрального состава колебаний почвы путем гармонического анализа (1). Согласно этой методике записи микросейсм, взрывов и землетрясений с помощью энднаскопа увеличиваются примерно в 10—12 раз. Затем проводится средняя линия таким образом, чтобы полностью была бы сохранена форма записи. Средняя линия делится на ряд участков вертикальными линиями, проходящими через характерные пики кривой. Каждый такой участок подвергается гармоническому анализу, определяются значения периодов и соответствующие им значения смещений. Для получения более длинных периодов производится последовательное укрупнение участков.

По полученным данным строится спектральная кривая и график частота случаев-период. Все анализированные нами записи произведены

сейсмографом ВЭГИК примерно с одним и тем же увеличением. Микросейсмы относятся к разным пунктам гор. Еревана с различными грунтовыми условиями. Они были получены Б. К. Карапетяном в процессе исследования колебаний зданий от микросейсм, при котором производилась также запись колебаний грунта (2). По максимальным значениям смещений для каждого периода построены спектральные кривые, представленные на рис. 1а—5а. На графиках по оси абсцисс отложены периоды, а по оси ординат — соответствующие этим периодам значения смещений, выраженные в долях мм. без учета увеличения прибора.

На рис. 1в—5в представлены графики частота случаев-период. Здесь по оси абсцисс отложены значения периодов, а по оси ординат — частота случаев. На графиках спектральных кривых и частота случаев-

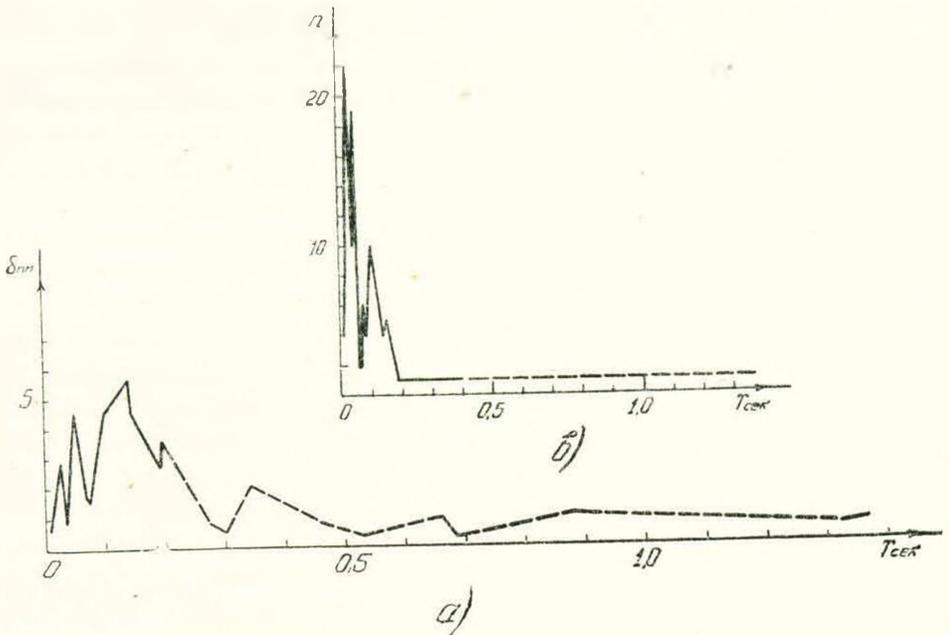


Рис. 1.

период, пунктирными линиями соединены точки, полученные по укрупненным участкам анализируемой кривой. Анализировано пять записей микросейсм. Первая микросейсма относится к Шаумянскому массиву (Э. К. М). Грунтом здесь является базальт. Спектральная кривая дана на рис. 1а, а график частота случаев-период на рис. 1в.

Вторая микросейсма записана в районе Чарбаха. Грунты здесь представлены цементированными галечниками. Спектральная кривая дана на рис. 2а, а график частота случаев — период на рис. 2в. Третья микросейсма относится к району Вардашена. Грунты здесь представлены коренными глинами. Спектральная кривая дана на рис. 3а, а график частота случаев-период на рис. 3в. Для суглинисто-супесчаных грунтов анализированы две микросейсмы. Одна записана в районе завода им. Кирова. Грунты здесь суглинисто-супесчаные водонасыщенные. Другая микросейс-

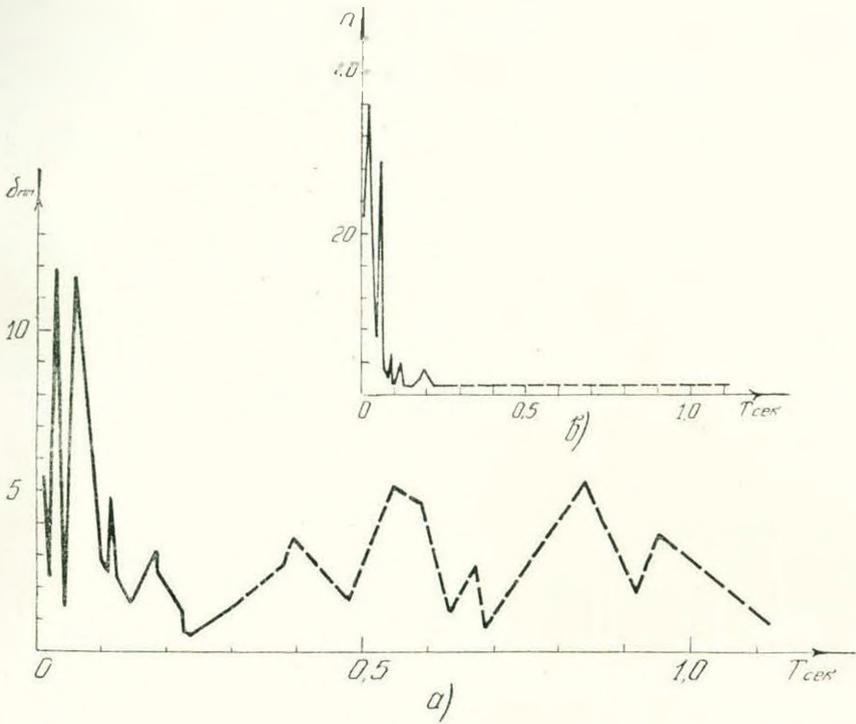


Рис. 2.

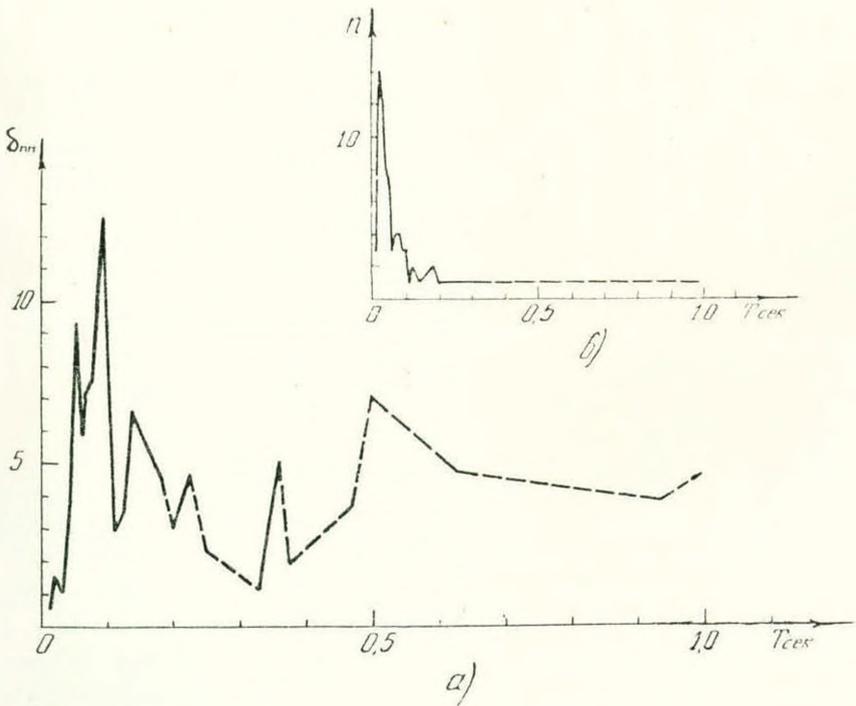


Рис. 3.

ма относится к району между вокзалом и заводом им. Кирова. Грунты здесь также суглинисто-супесчаные, но не водонасыщенные. Спектральные кривые для обоих случаев даны соответственно на рис. 5а и 4а, а графики частота случаев-период — на рис. 5в и 4в.

Из сравнения спектральных кривых микросейсм для разных грунтовых условий можно заключить следующее:

1. Наибольшее смещение почвы наблюдается в водонасыщенных суглинисто-супесчаных грунтах, наименьшее смещение почвы наблюдается в базальтах.

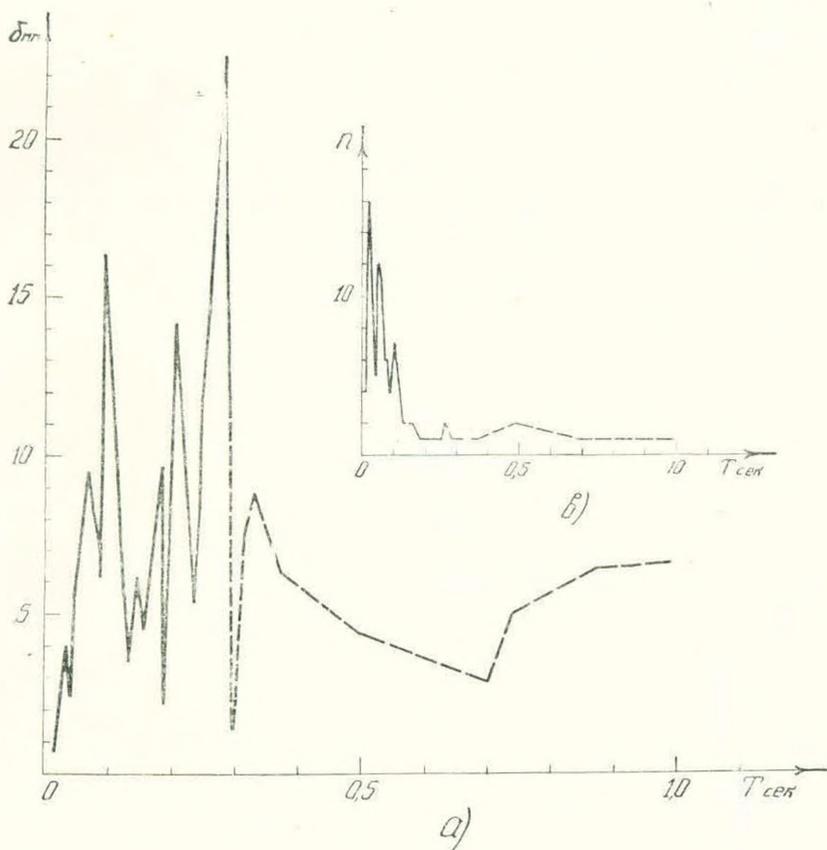


Рис. 4.

2. Для суглинисто-супесчаных грунтов пики смещений выражены очень резко, для коренных глин и галечников — менее резко, а для базальта спектральная кривая имеет довольно пологий характер.

3. Периоды, соответствующие максимальным смещениям, для различных грунтов также имеют разные значения. Для базальтов, галечников и коренных глин эти периоды доходят до 0,1—0,14 сек. Для суглинисто-супесчаных грунтов периоды соответствующие максимальным пикам смещений доходят в случае неводонасыщенных грунтов до 0,28 сек, а в случае водонасыщенных грунтов — 0,41 сек.

4. На спектральных кривых для различных грунтов наблюдается неодинаковое число максимальных пиков смещений, а именно с уменьшением жесткости грунта число пиков увеличивается. Так, в случае базальта пологая спектральная кривая имеет один максимальный пик, для галечников на спектральной кривой наблюдаются два близлежащих максимальных пика, для коренных глини имеются также два максимальных пика. На спектральной кривой для неводонасыщенных суглинисто-супесчаных грунтов имеются три максимальных пика при периодах 0,10; 0,20 и 0,28 сек, а для водонасыщенных суглинисто-супесчаных грунтов уже четыре максимальных пика смещений при периодах 0,29; 0,33; 0,41 и 0,73 сек. Резко выраженный пик при периоде 0,73 сек в последнем случае вызван, по-видимому, водонасыщенностью грунта. Необходимо отметить, что как в случае водонасыщенных, так и неводонасыщенных су-

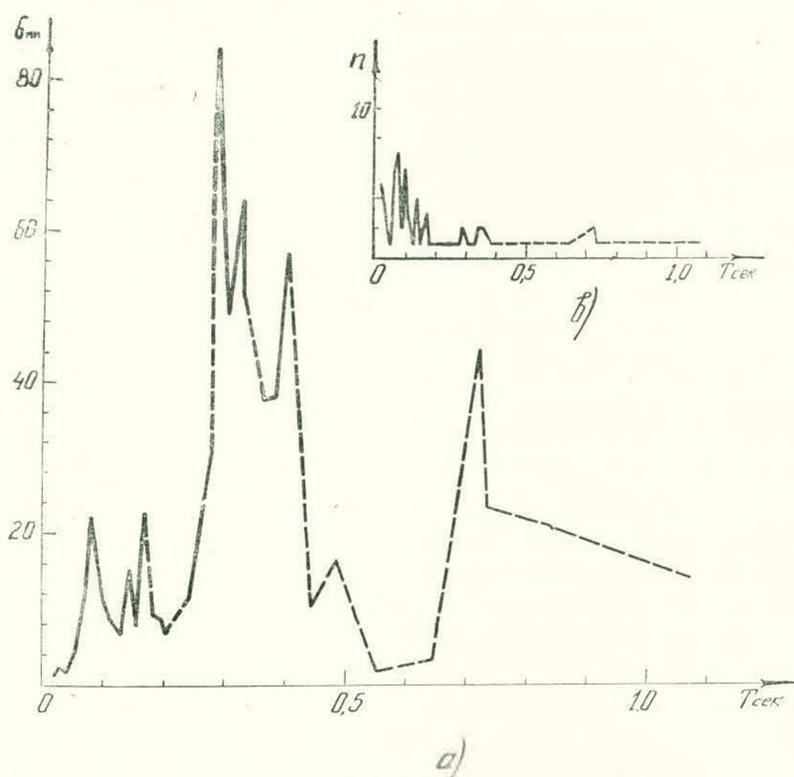


Рис. 5.

глинисто-супесчаных грунтов наибольшее смещение почвы наблюдается при периоде 0,28 и 0,29 сек. По всей вероятности, этот период присущ суглинисто-супесчаным грунтам.

5. Наименьшая «плотность» спектра в интервале 0—0,50 сек наблюдается у базальта, наибольшая — у суглинисто-супесчаных грунтов. В интервале 0,5—1,0 сек «плотность» спектра для всех грунтов одинаковая, за исключением галечников, где «плотность» спектра несколько большая.

Сравним графики частота случаев-период для микросейсм (рис.

1в—5в). Характер этих графиков для разных грунтов также различен. При этом для суглинисто-супесчаных грунтов графики более пологие, а для базальтов, галечников и коренных глин с более резко выраженными пиками. Интересно отметить, что и на этих графиках в случае суглинисто-супесчаных грунтов пики занимают больший диапазон периодов, чем в случае базальтов, галечников или коренных глин.

Нами подвергнуто анализу восемь записей взрывов в районе Шаумянского массива (Э. К. У). Семь из этих записей произведены ВЭГИК-ами, расположенными в шахтах на коренных базальтах. 1 и 2 шахты имеют глубину 5,9 м, 3 шахта — глубину 2,6 м и 4 шахта — глубину 3,3 м. Увеличение приборов во всех шахтах примерно одинаковое.

Взрыв при количестве заряда 15 кг произведен 20.XI—1958 г. на расстоянии 80 м к востоку от шахты 2. Анализированы записи этого взрыва, произведенные горизонтальными сейсмографами, расположенными в шахтах 4, 3 и 2. Для этого же взрыва анализированы записи вертикальных

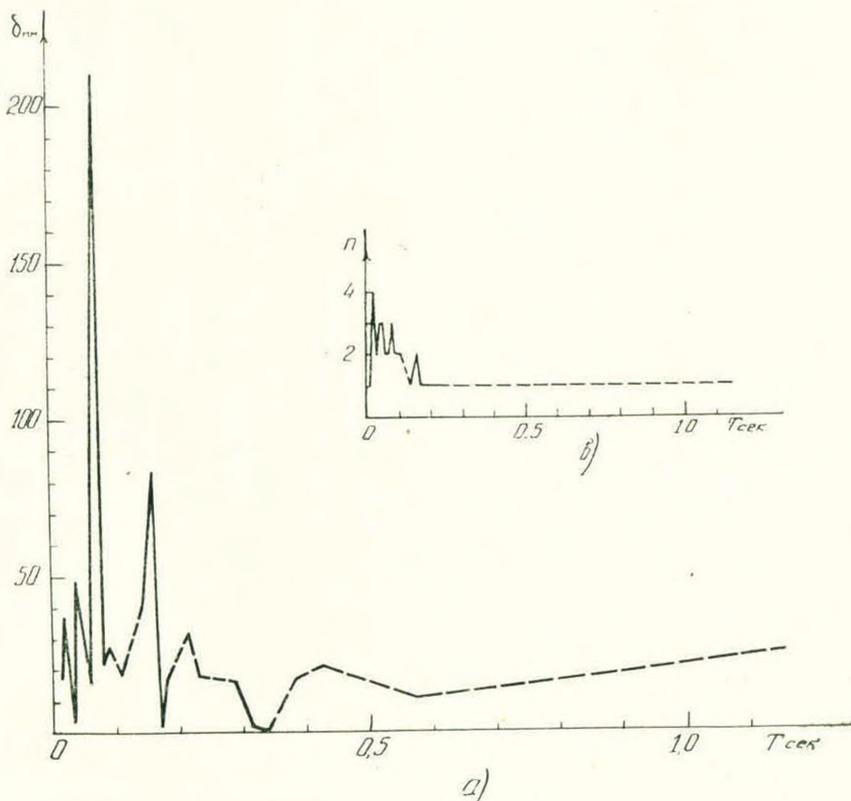


Рис. 6.

сейсмографов, расположенных в шахтах 1 и 2. По максимальным значениям смещений для каждого периода построены спектральные кривые. Форма спектральных кривых для всех 5-и рассмотренных записей одна и та же, а именно один резко выраженный максимальный пик смещений и после пика круто падающая кривая. На рис. 6а приведена спектральная

кривая, полученная по записи прибора шахты 1, а на рис. 6в — график частота случаев-период для этой же записи.

Нами подвергнуты анализу записи взрыва при количестве заряда 100 кг, произведенного 22.XI—1958 г. к востоку от участка Э. К. У. Рассмотрены записи вертикальных сейсмографов шахт 1 и 2.

Спектральные кривые, полученные для записей сейсмографов обеих шахт имеют одинаковый характер. Эти спектральные кривые отличаются от аналогичных кривых записи взрыва с зарядом в 15 кг только тем, что в этом случае имеются уже три максимальных пика смещений примерно одинаковой интенсивности. Характер же кривых, а именно резкое падение до и после максимальных пиков, сохраняется таким же.

Восьмая запись слабого взрыва, исследованная нами, отличается тем, что прибор в этом случае был установлен не в шахте, а на поверхности, т. е. не на коренных базальтах, а на белоземе мощностью примерно 4 м, покрывающем базальты. На спектральной кривой, полученной для этой записи, наблюдается резко выраженный максимальный пик при периоде 0,09 сек.

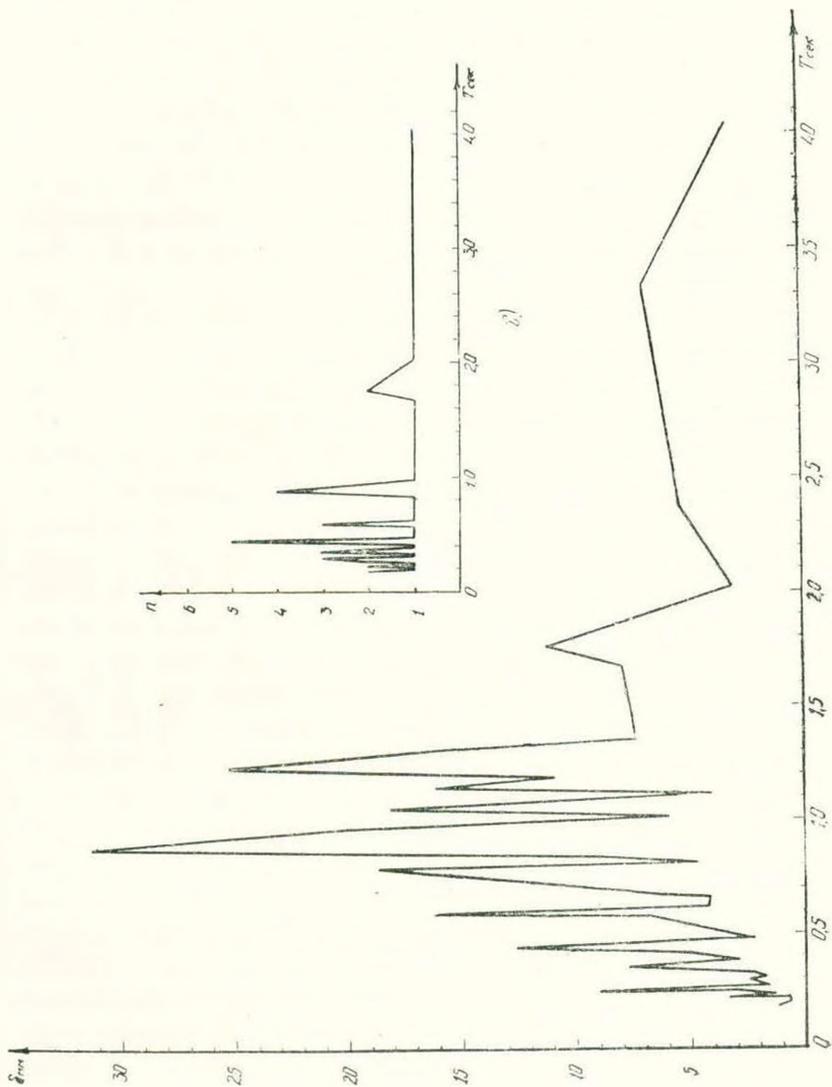
При сравнении всех спектральных кривых, построенных для записей взрывов, можно заметить, что максимальные значения смещений соответствуют коротким периодам. Так, для взрывов с зарядом в 15 кг этот период не превосходит 0,1 сек. Для взрыва с зарядом в 100 кг диапазон периодов, соответствующих пикам смещений, несколько увеличивается (от 0,1 сек до 0,15—0,20 сек). Интересно отметить, что при анализе микросейсм в случае базальта для максимальных смещений получался примерно этот же период (0,14 сек).

Как было указано выше, характер спектральных кривых для записей сейсмографов всех шахт является одним и тем же, что возможно вызвано тем обстоятельством, что сейсмографы установлены на одном и том же грунте — базальте и в базальте же произведены взрывы.

При рассмотрении графиков частота случаев-период можно отметить их пологий характер с пиками, расположенными в области коротких периодов. Однако, на графике частота случаев-период для белозема пики занимают больший диапазон периодов (до 0,4 сек), чем в случае базальтов. Такая же закономерность наблюдалась при анализе микросейсм (рис. 1в—5в). По-видимому, пики занимают тем больший диапазон периодов, чем менее жестким является грунт.

Для участка Шаумянского массива были исследованы сейсмограммы двух близких землетрясений, записанных ВЭГИК-ами. Первое землетрясение произошло 21.X—1958 г., а второе—20.II—1959 г.

Построены спектральные кривые и графики частота случаев — период для обоих землетрясений. В качестве примера показана спектральная кривая (рис. 7а) и график частота случаев — период (рис. 7в) для землетрясения 20.II. 1959 г. При рассмотрении графиков частота случаев — период следует отметить их особо пологий характер, при этом для второго землетрясения незначительно преобладают периоды в 0,44 сек и 0,88 сек, а для первого землетрясения 0,88 сек. Максимальные смещения



а)
 б)

FIG. 7.

в обоих случаях соответствуют периоду 0,88 сек. По всей вероятности этот период является действительно преобладающим.

Вследствие недостаточной развертки не удалось определить смещения, соответствующие очень коротким периодам (до 0,17 сек). Однако при рассмотрении спектральных кривых обоих землетрясений можно отметить, что область максимальных смещений в данном случае сдвинута в сторону средних и длинных периодов (0,4 сек и более).

Произведенный анализ записей микросейсм, взрывов и землетрясений для территории г. Еревана показывает, что преобладающие периоды и спектральный состав колебаний почвы для данного района сильно зависят от грунтовых условий. Так, при проведенном анализе записей, в случае суглинисто-супесчаных грунтов по данным микросейсм преобладающие периоды по максимальной амплитуде смещений получились порядка 0,3 сек, а в случае базальтов по данным взрывов и микросейсм — 0,10 — 0,15 сек. По данным сейсмограмм землетрясений удалось проследить также преобладание более длинных периодов (0,88 сек). Таким образом приходим к выводу, что определение преобладающих периодов и спектрального состава колебаний почвы необходимо проводить для всех разновидностей грунтов, имеющих в данном районе.

Одновременное изучение спектрального состава колебаний почвы путем анализа записей микросейсм, взрывов и землетрясений является, по всей вероятности, весьма эффективным и может быть рекомендовано для проведения на большом количестве сейсмограмм.

Институт стройматериалов и сооружений
Госстроя Армянской ССР

Поступило 25.III 1961

Ե. Կ. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ

ԵՐԵՎԱՆԻ ՔՈՂԱՔԻ ՏԵՐԻՏՈՐԻԱՅԻ ԲԵՆՁՈՂԻ ՏԱՏԱՆՍՄԱՆ ՍՊԵԿՏՐԱԿԱՆ ԿԱԶՄԻՆԵԿ ԳԵՐԱԿՇՈՂ ՊԱՐԲԵՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱՐՈՇՈՒՄԸ

Ա մ փ ո փ ո ս

Հոգվածում բերված են Երևան քաղաքի բնահողերի տատանման սպեկտրայկազմի և գերակշռող պարբերությունների որոշման արդյունքները: Հետազոտությունը կատարված է նախօրոք առաջարկված մեթոդիկայի համաձայն 1: Անալիզի են ենթարկված 5 թիկրոսեյսմերի, 8 պայթյունների և 2 երկրաշարժների գրանցումները:

Թիկրոսեյսմերը գրանցված են տարբեր գրունտային պայմաններում: Նրանց համար ստացված սպեկտրայկազմերը պատկերված են 1ա—5ա դժպրերում, իսկ «դեպքերի հաճախականություն-պարբերություն» գրաֆիկները՝ 1բ—5բ դժպրերում: Փորձ է արված որոշել բնահողի տատանման սպեկտրայկազմի և գերակշռող պարբերությունների կախումը գրունտային պայմաններից:

Քուրը պայթյունները կատարված են բազալտներում և փերջիներին համար

ել ստացված են այդ պայթյունների գրանցումը: Սպեկտրալ կորը որոշ պայթյունի համար բերված է գծ. 6ա, իսկ «գեպրերի հաճախականություն-պարբերություն» գրաֆիկը՝ գծ. 6բ: Բոլոր պայթյունների համար սպեկտրալ կորերի տեսքը նույնն է: Պետք է նշել, որ բազայառամ կատարված պայթյունների գեպրում՝ գերակշռող պարբերության արժեքը ստացվում է հավասար բազայաների համար միկրոսեյսմերի գերակշռող պարբերության արժեքին:

Անալիզի է ենթարկված նաև երկու երկրաշարժների սեյսմոգրամները:

Քննչոցի տատանման սպեկտրալ կազմի որոշումը միկրոսեյսմերի, պայթյունների և երկրաշարժների գրանցումների միատեղ անալիզի համաձայն կարելի է համարել բավարար էֆեկտիվ և առաջարկել այն կիրառել մեծ քանակի սեյսմոգրամների ստումնասիրության ժամանակ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Каранетян Н. К.* Методика определения спектрального состава колебаний почвы путем гармонического анализа, Сборник трудов Армянского института строительных материалов и сооружений № 2 (в печати).
2. *Каранетян Б. К.* Результаты экспериментального исследования колебаний характерных эластичных гор, Еревана, Известия АН АрмССР (серия технических наук) (в печати).