

ИНЖЕНЕРНАЯ СЕЙСМОЛОГИЯ

С. А. ПИРУЗЯН

О СЕЙСМИЧЕСКОМ МИКРОРАЙОНИРОВАНИИ НА ОСНОВЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ*

1. Сейсмическое микрорайонирование в сущности является последним этапом исследований по проблеме прогноза землетрясений по месту и силе.

Задачей сейсмического микрорайонирования является уточнение интенсивности землетрясения, принятой на карте сейсмораионирования СССР, в зависимости от характеристики грунтов, уровня грунтовых вод и рельефа местности. Эту задачу автор пытается разрешить путем комплексных исследований по оценке общей сейсмоактивности района, инструментальным наблюдениям, инженерной геологии и обследования древних сооружений. Наиболее достоверным путем сейсмического микрорайонирования является накопление фактических сравнительных данных об интенсивности землетрясения в различных локальных условиях на инструментальной основе и их статистическая обработка [1].

Поскольку сейсмическое микрорайонирование осуществляется с целью дифференцированного учета сейсмического воздействия на сооружения в зависимости от инженерно-геологических условий строительной площадки**, то наиболее точными будут инструментальные наблюдения, доставляющие информацию о реакции сооружений на сейсмические воздействия и характеризующие интенсивность землетрясений с инженерной точки зрения.

Мерой интенсивности землетрясения является спектр τ (T), иначе называемый спектром приведенных сейсмических ускорений, определяемый по методу, предложенному А. Г. Назаровым [2].

Приведенное сейсмическое ускорение имеет простой физический смысл. Оно представляет по существу максимальную величину сейсмической силы, действующей на данную систему, отнесенной к единице сосредоточенной массы этой системы. Если, например, мы имеем сооружение с сосредоточенным грузом Q и с периодом свободных колебаний T (или линейный осциллятор с этими же параметрами при

* Доложена на Сессии Совета по сейсмологии при Президиуме АН СССР в Москве 4—8 апреля 1961 г. Материал статьи использован при составлении [1].

** Подразумевается комплекс грунтовых, геоморфологических и гидрогеологических условий.

заданном демпфировании), то полное значение сейсмической силы S будет:

$$S = \tau(T) \frac{Q}{g}. \quad (1)$$

Согласно СН8—57 [3] спектр $\tau(T)$ связан с коэффициентом динамичности β и коэффициентом K , соотношением

$$\tau(T) = K \beta(T). \quad (2)$$

Поэтому для характеристики силы землетрясения необходимо иметь график зависимости τ от T . Эту зависимость можно получить непосредственными инструментальными измерениями*. В настоящее время для измерения широко используются маятниковые сейсмометры АИС-2 и АИС-2М и прецизионный сейсмометр ПМС.

Сейсмометры типа АИС, регистрирующие землетрясения начиная от 4 баллов и выше, представляют собой серию упругих сферических маятников фиксирующих свои максимальные смещения относительно станины с помощью регистрирующих игл, наносящих царапины на законченном стекле. Маятники имеют периоды свободных колебаний от 0,05 до 1,2 сек. АИС-2 имеет 6 горизонтальных и 3 вертикальных маятника. В модернизированном приборе АИС-2М, сконструированном в ОКБ Института физики Земли, число горизонтальных маятников доведено до 9, а также значительно увеличена их чувствительность.

По максимальному отклоненному положению угла f определяется приведенное сейсмическое ускорение a по формуле

$$a = k f. \quad (3)$$

Затем по опытным данным определяется спектр $\tau(T)$. Значение k приводится в паспорте прибора. По полученным спектрам для различных грунтово-геоморфологических условий местности можно определить изменение интенсивности данного землетрясения в зависимости от этих условий. Понятно, что для получения устойчивых результатов необходимо располагать данными регистрации нескольких землетрясений.

Как показали предварительные лабораторные испытания модернизированного прибора ПМС**, он реагирует на землетрясения интенсивностью до одного балла. Короткопериодные маятники могут фиксировать землетрясения силой до 5—6 баллов. Прибор располагает шестью взаимозаменяемыми маятниками с периодами собственных колебаний от 0,1 до 0,6 сек. В приборе одновременно могут быть ус-

* Спектры $\tau(T)$ можно получить также с помощью интегрирования акселерограмм и сейсмограмм. В настоящее время в научно-исследовательских институтах Арм.ССР производится численное интегрирование акселерограмм и сейсмограмм с использованием счетно-вычислительных машин.

** Опытный экземпляр модернизированного образца ПМС изготовлен в ОКБ Института физики Земли. В будущем году на одном из заводов Армянского Союзхоза будет изготовлена опытная партия сейсмометров ПМС и АИС-2М.

тановлены три маятника, совершающие поляризованные колебания в горизонтальной плоскости. Прибор имеет оптическую регистрацию. Статическое увеличение прибора равно около 100 для маятника с периодом $T=0,1$ сек и около 4000 для маятника $T=0,6$ сек. На рис. 1 представлен общий вид прибора ПМС.

За последние несколько лет сейсмографами АИС-2 зарегистри-

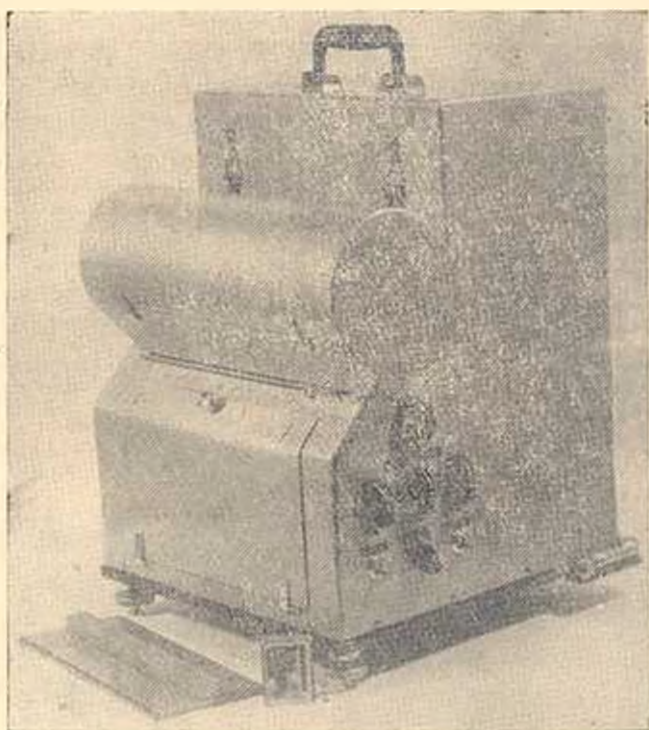


Рис. 1. Общий вид многомаянкового прецизионного сейсмографа ПМС.

ровано около двадцати землетрясений силой от 3 до 6 баллов в Душамбе, Ереване, Тбилиси [5, 6, 7, 8] и несколько массовых взрывов в районах Армении [9, 10]. Получен ценный материал о зависимости приведенных сейсмических ускорений от инженерно-геологических условий мест их установки. Некоторые из полученных закономерностей использованы при составлении Инструкции по сейсмическому микрорайонированию [11].

Анализ спектральной кривой $\pm (7)$ ереванского землетрясения 1957 года [6]* показывает, что приращение приведенных сейсмических ускорений на различных грунтах сильно зависит от периода свободных колебаний рассматриваемых маятников (рис. 2).

* Землетрясение силой около 4 баллов.

2. Автором под руководством А. Г. Назарова, для регистрации землетрясений, на территории г. Еревана в 1957—62 гг. была создана инженерно-сейсмологическая сеть, состоящая из 10 пунктов наблюдений, сооруженных в различных грунтово-геоморфологических и гидрогеологических условиях. Краткое описание грунтовых условий сейсмокамер приводится в табл. 1.

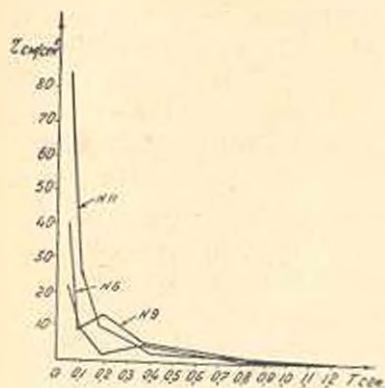


Рис. 2. Спектральная кривая приведенных сейсмических ускорений Ереванского землетрясения 14 февраля 1957 г. № 6—плиточные базальты; № 9—гравелистые грунты; 11—алювиально-пролювиальные отложения р. Гедар.

Сейсмометры АИС-2 установлены во всех 10 сейсмокамерах. Пять из них (№ 1, № 5) являются временными сейсмическими станциями (сейсмокамеры I класса). В них кроме сейсмометров имеется возможность установить сейсмографы ВЭГИК, прецизионные сейсмометры ПМС и др. В качестве надземной части сейсмических станций использованы стандартные кузова КУНГ-2М (рис. 3 и рис. 4).

Сейсмические приборы—датчики установлены в подвальном по-



Рис. 3. Внешний вид временной сейсмической станции „Вардашен“.

мещении, на бетонном фундаменте. В настоящее время на этих станциях установлены сейсмографы ВЭГИК и налажена регистрация слабых землетрясений во времени.

Временная сейсмическая станция „Вардашен“ является опорной. Она построена на слегка латеритизированных нижнемiocеновых плотных глинах, являющихся самыми древними породами района. Они под-

Таблица 1

Сейсмокамеры	Класс	Номера сейсмометров АИС-2	Грунтовые условия
1 „Вардашен“ в пределах одноименного поселка на юго-восточной окраине города	I	3—59	Нижнемиоценовые плотные глины слегка латеритизированные с включением медких крапленников гипса
2 „Шенганит“ на территории комбината строительных изделий	I	6—59	Дельтавиальные суглинки и глины, подстилаемые галечником
3 „Выставка“, на юго-западн. окраине Еревана, на территории Выставки достижений народного хозяйства	I	12—59	Галечник молодой террасы реки Раздан
4 Сейсмостанция „Ереван“ в северной части городской котловины .	I	14—59	Валуно-галечные пролювиальные отложения р. Гедар с суглинчато-песчаным заполнителем
5 „Ботсад“ в северной части Еревана, на территории Ботанического сада АН Армянской ССР	I	5—59	Кристаллические туфы красного цвета, песчаи крепкие
6 „Мелькомбинат“ в южной части городской котловины	II	2—59	Пролювиальные мелкообломочные отложения реки Гедар (уровень грунтовой воды 1,0 м)
7 „Чарбах“ юго-западн. окраине города в пределах одноименного поселка	II	11—59	Галечник сцементированный древней террасы р. Раздан
8 „Каназ“ на северо-запад. окраине города, на тер. одноименного завода	II	6	Плиоценовые покровные базальты (долеритовые)
9 „Вокзал“ в юж. части городской котловины на тер. ж/д станции .	II	8	Супесь и сугаянка с редкими включениями плохо-окатанной гальки и гравия
10 „Школа“ в южной части городской котловины (центр) на территории школы № 38	II	8—59	Галечно-гравелистые отложения, пролювиальные с глинистым заполнителем

Величины скоростей распространения упругих волн, полученные в результате предварительной обработки данных полевых работ, сведены в табл. 2.

Таблица 2

Основание прибора	Базальт	Туф	Галечник	Суглинок плотный	Глина
Скорость см/сек	2500	875	525	510	3°0
Год исследования	1958	1961	1961	1958	1961

4. Для производства сейсмического микрорайонирования необходимо помимо общей сейсмоактивности района знать также исходную бальность территории, отнесенную к конкретным инженерно-геологическим и геоморфологическим условиям.

В [11] средними грунтовыми условиями, отвечающими баллу на карте сейсморайонирования СССР, приняты глинистые, песчаные и обломочные отложения, т. е. грунты, преобладающие на территории большинства населенных пунктов. Район г. Еревана, как и большая часть Армянского нагорья, входит в 8-ми балльную зону названной карты.

Программой работ по выполнению обсуждаемой темы предусматривалось уточнение трех грунтово-геоморфологических и гидрогеологических условий, которые характеризуют исходную балльность района г. Еревана. С этой целью в 1960 г. было осуществлено инженерно-геологическое обследование древних сооружений и территории некоторых населенных пунктов, расположенных в эпицентральной области землетрясения 1679 года. Это землетрясение было одним из сильнейших, отмеченных в Араратской равнине в прошлом. Оно относительно хорошо описано. Согласно каталогу Е. И. Бюса [15] интенсивность этого землетрясения была равной 8 баллам. Анализ историко-археологических материалов показал, что многие древние сооружения, перенесшие это землетрясение остались в сохранности.

Полевому обследованию были подвергнуты 18 церквей на территории несколько населенных пунктов, упомянутых в числе разрушенных при этом землетрясении. Выяснилось, что максимальный эффект этого землетрясения (возможно 9 баллов) проявился на вершине холма, сложенного плутовыми базальтами (церковь св. Ованеса в Конде) и на краю обрыва глубокого ущелья, также сложенного массивными базальтами (Ереванская крепость, церковь св. Саркиса в Дзорагюхе, языческий храм в Гарни, монастырь Хор-Вирап у Арташата).

Согласно историческим сведениям упомянутые древние сооружения разрушились при этом землетрясении. В дальнейшем на месте ереванских церквей св. Ованеса и св. Саркиса были построены новые церкви, не отличающиеся конструктивным решением от разрушенных (данные Гос. комитета по охране памятников). Остатки же величественного храма в Гарни сохранились до настоящего времени.

Указанные в числе разрушенных архитектурные памятники являются весьма жесткими сооружениями. Здесь помимо неблагоприятной геоморфологии (скалистый утес, вершина отдельно стоящего холма) сказалось также неблагоприятное сочетание динамических свойств грунтов основания и сооружения (жесткое сооружение на жестком основании). Аналогичное явление нами наблюдалось при обследовании гегечкорского землетрясения в 1957 году [15] и при инженерно-геологическом обследовании древних сооружений Разданского района Армянской ССР*.

* Обследование проводилось в связи с сейсмическим микрорайонированием территории Разданского горно-химического комбината. Научно-технический отчет хранится в библиотеке АН ССР.

На рис. 5 приведен в качестве примера общий вид монастыря Хор-Вирап у Арташата, разрушенного при землетрясении 1679 года. (он расположен на вершине скалистого холма).



Рис. 5. Монастырь Хор-Вирап у Арташата.

Приведенные данные позволяют уточнить оценку интенсивности сильных землетрясений в прошлом путем инженерно- геологического обследования древних сооружений*. По-видимому, целесообразно рекомендовать такие исследования при микросейсмрайонировании всех населенных пунктов, в районе которых имеются древние сооружения, перенесшие сильные землетрясения. Результаты этих исследований дадут ценный материал не только для сейсмического микрорайонирования, но и могут быть с успехом использованы при составлении новых карт сейсмического районирования сейсмоактивных областей нашей страны.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии
АН Арийской ССР

Поступило 15 I 1962

В. И. ФЕРИДЖАН

ԳՈՐԴԻՔԱՅԻՆ ԴԻՏԱՐԿՈՒՄՆԵՐԻ ՎՐԱ ՀԻՄՆՎԱԾ ՍԵՅՍՄԻԿ
ՄԻԿՐՈՇՐՋԱՆԱՅՄԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հողվածում քննադատվում է սկզբնական միկրոշրջանացման միջև ավտոկիրապող ինժեներա-կիրաքանական մեթոդը որպես խնդրի միայն որակական լուծում տարածվող և ոչ օրինակով մեթոդ:

* Подробному описанию методики инженерно-геологического обследования древних сооружений и полученных результатов будет посвящено специальное сообщение.

Շարադրված է սեյսմիկ միկրոշրջանացման ընդհանուր խնդիրը, որի լուծումը պահանջում է հետազոտությունների կոմպլեքս՝ գործիքային դիտարկումների, ինժեներային երկրաբանություն, ընդհանուր սեյսմոակտիվություն և հնադուր կառուցվածքների ու ճարտարապետական հուշարձանների և նրանց շրջակա տեղանքի հետազոտման ուղղություններ:

Շարադրված է գործիքային դիտարկումների արդյունքների ակսերոգրամների ու սեյսմոգրամների մշակման տեսական մեթոդը, որը հնարավորություն է տալիս հաշվելու երկրաշարժերի ժամանակ շենքերի վրա եկող իներցիոն ուժը: Այդ նպատակի համար հեղինակի կողմից երևանում կազմակերպված է ինժեներա-սեյսմոլոգիական ցանց՝ կազմված 5 ժամանակավոր սեյսմիկ կայաններից և 6 սեյսմոմետրներից: Բոլոր տասը կետերը հաղեցված են համապատասխան չափիչ գործիքներով: Խնդրված են զբանջված երկրաշարժի մշտական սկզբնական արդյունքները, ըստ սեյսմոմետրի:

Շարադրված են նաև երևանի հինգ տարրեր ինժեներա-երկրաբանական դոմեններում սեյսմիկ ալիքների տարածման արագություն չափման մեթոդը և արդյունքները: Երկրադրված են երևանի շրջակայքի հնադուր կառուցվածքի երկրաբանական և մորֆոլոգիական առանձնահատկությունների ուսումնասիրման մեթոդը և ստացված նախնական արդյունքները: Վերջին հետազոտությունները նպատակ ունեն ճշտելու մերձերևանյան շրջանի սեյսմոակտիվության վերջին սահմանը՝ կապված տեղանքի կոնկրետ ինժեներա-երկրաբանական և գեոմորֆոլոգիական պայմանների հետ: Դա իրիստ անհրաժեշտ է ճշգրիտ միկրոսեյսմոլոգիայումը սպահովելու համար:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Низаров А. Г., Карапетян Б. К., Пирюзян С. А., Сейсмическое микрорайонирование на инструментальной основе. ДАН АрмССР, т. XXXII, № 3, 1961.
2. Низаров А. Г., Метод инженерного анализа сейсмических сил. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1956.
3. Нормы и правила строительства в сейсмических районах. СН8—57, М., 1957.
4. Хачиян М. Г., Многомаятниковый прецизионный сейсмометр. ДАН АН Арм. ССР, № 5, 1955.
5. Низаров А. Г., Карапетян Б. К., Пирюзян С. А., Сафарян А. Н., Шагиян С. А., Предварительные итоги инженерно-сейсмологического отряда ТКСЭ в районе г. Дюшамбе. Известия ОН АН Таджикской ССР, 3 (30), Дюшамбе, 1959.
6. Пирюзян С. А., Фиксация землетрясений 13 февраля 1957 г. в г. Ереване многомаятниковыми сейсмометрами АИС-2. Известия АН Арм. ССР (серия техн. наук), XI, № 5, 1958.
7. Шагиян С. А., Результаты инструментального определения коэффициента динамичности. Труды Института сейсмостойкого строительства и сейсмологии АН Тадж. ССР, т. VIII, Дюшамбе, 1960.
8. Нечаев В. А., Сейсмическое микрорайонирование территории г. Дюшамбе на основе инструментально-геологического метода. Материалы сталинабадского совещания по сейсмостойкому строительству и инженерной сейсмологии. Дюшамбе, 1959.
9. Карапетян Б. К., Результаты сейсмометрических наблюдений при массовых взрывах. Известия АН Арм. ССР (серия техн. наук), т. X, № 3, 1957.
10. Карапетян Б. К., Пирюзян С. А., Изучение сейсмоземных колебаний в тоннеле Армводстроя на Лусаванском карьере. Труды АИСМа, вып. I, 1959.

11. Гзелишвили И. А., Карапетян Б. К., Кац А. Э., Лямзина Г. А., Медведев С. В., Пирузян С. А., Попов В. В., Пучков С. В., Самков Б. Н., Шагинян С. А. Инструкция по сейсмическому микрорайонированию. Труды Ин-та физики Земли АН СССР (находится в печати).
12. Кац А. Э. Некоторые вопросы методики сейсмического микрорайонирования. Труды ИФЗ АН СССР, № 5 (172), М., 1952.
13. Пирузян С. А. Об определении сейсмических свойств грунтов в естественном залегании прибрежного района. Известия АН АрмССР (серия техн. наук) № 6, 1961.
14. Карапетян Б. К. Результаты экспериментального исследования колебаний характерных зданий г. Еревана. Известия АН Арм. ССР, серия техн. наук, № 5, 1961.
15. Бюс Е. И. Сейсмические условия Закавказья, том. II, Тбилиси, 1952.
16. Пирузян С. А. К вопросу влияния микрогеологии на величину силы сотрясения по данным гегечкорского землетрясения 1957 года. Известия АН Арм. ССР (серия техн. наук), № 6, 1957.