

С. С. СИМОНЯН, А. Г. БАБАДЖАНЯН, С. С. КАРАПЕТЯН

МЕТОДИКА ДЕТАЛЬНОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДОВ И ВОДОХРАНИЛИЩ АРМЯНСКОЙ ССР

В статье обобщен многолетний опыт работ авторов в области детального сейсмического районирования (ДСР) территорий городов и водохранилищ Армянской ССР с целью уточнения исходной сейсмической балльности. Показано, что при ДСР значение комплексных геолого-геофизических и сейсмологических исследований неизмеримо возрастает по сравнению с сейсморайонированием общего типа. В качестве примера приводится ДСР территории Мармарикского водохранилища.

Большой опыт по определению сейсмической опасности территорий городов, строительства гидротехнических сооружений и атомных электростанций, накопленный в последние годы в СССР, показывает, что прямой переход от карт общего сейсмического районирования (СР) к сейсмическому микрорайонированию (СМ) затруднителен, а порой и невозможен. Масштаб карт общего СР, а следовательно, их кондиционность таковы, что перед СМ приходится прибегать к специальным исследованиям по уточнению исходного балла, причем площадь, на которых они проводятся, превышает (до 100 раз) площадь строительства. Часто оказывается, что районируемая площадь обладает какими-либо специфическими сейсмогеологическими и сеймотектоническими особенностями, которые не могли быть учтены при СР, что заставляет существенно пересматривать точку зрения на сейсмогеологическую позицию площадки и исходный балл для нее.

Таким образом, нормативное СР в масштабах 1:5000000 и 1:2500000, основанное преимущественно на макросейсмических данных, дает лишь осредненную в баллах характеристику сейсмической опасности для больших регионов, отнесенную к средним грунтам. СМ позволяет внести поправки за грунт в установленную для района фоновую балльность и проводится в масштабах 1:25000 и крупнее. Переход от общей карты СР к СМ невозможен без проведения промежуточных исследований в масштабе 1:500000 и крупнее—детальное сейсмическое районирование (ДСР). Последнее отличается от СР и СМ не только масштабом, но и задачами исследований, поскольку при расчетах на сейсмостойкость таких уникальных сооружений, как АЭС, ГЭС и водохранилища, кроме оценок сейсмических воздействий в баллах, необходимо знание параметров характерных типов воздействий на строительной площадке в виде сейсмических записей.

На современном уровне исследований основными задачами ДСР [6,7] являются:

1. Выделение сейсмогенерирующих зон и узлов на площади радиусом не менее 50—100 км вокруг исследуемого объекта.

2. Уточнение или определение исходной балльности при сейсмическом микрорайонировании.

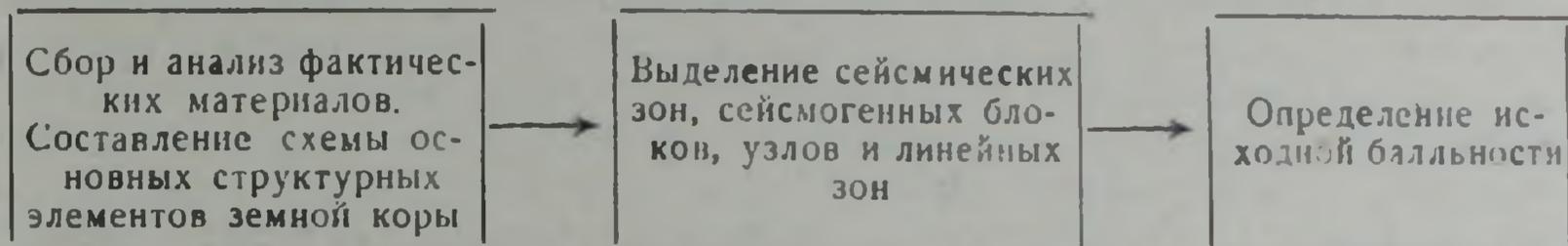
Кроме того, на стадии ДСР выясняется также вопрос о характере затухания колебательного процесса в зависимости от направления на основные сейсмогенерирующие зоны, с учетом эффектов экранирования и фокусировки сейсмического процесса.

В зависимости от цели ДСР и сейсмогеологии территории определяются площадь и метод исследований. Они существенно различны

при ДСР непосредственно в сейсмоактивных (современной орогении) и слабо сейсмичных районах (на платформах).

Многочисленные разрушительные землетрясения, происшедшие в прошлом на территории Армянской ССР, позволяют отнести ее к одной из наиболее сейсмоопасных областей Советского Союза и поэтому при ДСР отдельных ее районов необходимо использовать по возможности все имеющиеся фактические материалы по орографии, гидрографии, геологии, геофизике и геодинамике районируемой территории радиусом не менее 50 км.

Накопленный опыт по определению сейсмической опасности района строительства Армянской АЭС, водохранилищ на реках Гехи и Мармарик, а также городов Кировакан, Дилижан и Масис [1, 4, 9, 10, 11 и др.], позволяет предложить следующий план (схему) проведения работ по ДСР в условиях Армянской ССР:



1. Сбор и анализ фактических материалов. Схема основных структурных элементов земной коры 1. Геологические материалы: средне-масштабные (1:200000) геологические, тектонические, геоморфологические, палеографические карты, а также карты новейших и современных движений земной коры, результаты дешифрирования аэрокосмических изображений, данные бурения и т. д.

2. Геофизические материалы: гравиметрические карты (осредненные, остаточные, пересчитанные и т. д.), магнитные карты (наземные и на различных высотах), результаты исследований со станциями «Земля» и «Черепаша», данные сейсморазведочных (КМПВ, МОВ), электро-разведочных (МТЗ, МТП) работ т. д.

3. Сейсмологические материалы: сбор и систематизация сведений о эпицентрах сильных, слабых и местных землетрясений, происшедших в прошлом на исследуемой территории (описание, координаты, интенсивность, глубина очага, класс, точность и т. д.), а также установка сети временных сейсмических станций с целью уточнения сейсмичности района, особенностей сейсмического режима и параметров местных землетрясений.

Макросейсмические и палеосейсмологические исследования (в районах с сейсмической опасностью 8 баллов и выше) для получения дополнительных сведений о наиболее сильных землетрясениях и их проявлении на поверхности.

4. Материалы, характеризующие геодинамическую активность исследуемой территории: данные о изменении гравитационного, магнитного и радиоактивного полей во времени, скорости современных вертикальных движений, тепловой поток и т. д. В случае отсутствия этих данных, целесообразно создание локального геодинамического полигона.

Исходя из необходимой совокупности признаков районирования гравитационного и магнитного полей (интенсивность, простираание, протяженность осей корреляции аномалий и др.), на основе результатов количественной интерпретации по выбранным геолого-геофизическим профилям (пересчеты в верхнее и нижнее полупространство, вычисление верхних и нижних кромок аномалиеобразующих тел, построение гравитационных моделей верхней части земной коры и т. д.),

а также широко используя геологические данные (скважины) и результаты исследований со станциями «Земля» и «Черепиха», для рассматриваемой территории составляется схема распределения структурных элементов земной коры. При составлении схемы главное внимание уделяется выявлению основных блоков земной коры и разграничивающих их относительно ослабленных зон—разломов земной коры различной глубины заложения.

Производится сравнительный анализ выделенных блоков по геофизическим полям, поверхности залегания кристаллического фундамента и более глубоким горизонтам, проявлению интрузивного и эффузивного магматизма и т. д. Аналогично анализируются и зоны выделенных глубинных разломов и, в особенности, «узлы» их пересечений—потенциально динамически активные участки земной коры.

Параллельно с вышеуказанными работами на этом этапе исследований составляются мелко- и среднемасштабные карты эпицентров сильных, слабых и местных землетрясений. В отдельных случаях, в результате детальных макросейсмических исследований становится возможным уточнять интенсивность, координаты и др. параметры прошлых землетрясений. Одновременно для исследуемой территории составляются карты активности и сотрясаемости, строятся графики повторяемости землетрясений, определяются теоретические изосейсты и т. д.

II. *Выделение сейсмических зон, сейсмогенных блоков, «узлов» и линейных зон.* К настоящему времени имеются различные схемы сейсмического районирования территории Армянской ССР, которые составлены в основном по сейсмостатистическим и сейсмогеологическим данным. Последняя по времени из опубликованных схем принадлежит А. А. Габриеляну и др. [4], в которой авторы синтезируют как свои, так и представления других исследователей по вопросу СР территории республики. Отметим, что все исследователи сходятся в основном—в зональном распределении крупных сейсмических зон, имеющих северо-запад-юго-восточное (кавказское) простирание. Обращает на себя внимание и то обстоятельство, что до сих пор очень мало уделялось внимания выявлению локальных сейсмических областей, что имеет чрезвычайно важное значение при определении исходной балльности районов строительства особо важных народнохозяйственных объектов.

При ДСР на территории республики, помимо выделения сейсмоопасных зон, определения силы и частоты повторения землетрясений, установления взаимосвязи между сейсмичностью и геофизическими полями существенное значение имеет выявление соотношений сейсмических проявлений с особенностями строения верхней части земной коры районированных территорий, т. к. они могут явиться основанием для прогноза новых вероятных сейсмогенных зон и их узлов. Правомерность исследования соотношения распределения эпицентров землетрясений именно со строением верхней части земной коры аргументируется тем, что наиболее частные глубины очагов землетрясений на территории Армянской ССР характеризуются величиной порядка 5÷10 и 25÷30 км, а подавляющее большинство их имеет глубину очага 5÷15 км [8].

Комплексный анализ результатов изучения блокового строения и сейсмичности (их сопоставление) позволяет в пределах исследуемой территории выделять: а) активные и менее активные в сейсмическом отношении блоки; б) сейсмогенные разломы (линейные зоны) и в) наиболее вероятные сейсмогенные «узлы» (пересечение разломов), с проявившейся сейсмичностью и вероятные сейсмогенные «узлы», в которых пока еще не известны очаги сильных землетрясений.

Исходя из точности определения координат эпицентров землетрясений по макросейсмическим данным (5+8 км) и масштаба составленных карт блокового строения, на данном этапе исследования можно лишь в первом приближении характеризовать приуроченность очагов землетрясений к зонам разломов различной глубины заложения. Более определенно можно рассматривать приуроченность эпицентров сильных землетрясений к «узлам» пересечения разломов. На современной стадии геофизической изученности контуры этих «узлов» не могут быть очерчены с высокой точностью, учитывая точность определения координат эпицентров.

При выделении сейсмогенных блоков, линейных зон и «узлов» важное значение имеет также изучение следующих вопросов: соотношение сильных и слабых землетрясений, наблюдающаяся анизотропия сейсмичности вдоль простирающихся протяженных зон глубинных разломов, образование «узлов» системами ортогональных или диагональных разломов и т. д.

III. Определение исходной балльности на примере Мармарикского водохранилища. Территория Мармарикского водохранилища находится в среднем течении притока р. Раздан. В геологическом строении рассматриваемой области принимают участие различные породы от докембрия до четвертичного периода: протерозойские метаморфические сланцы, порфириды мелового возраста, вулканогенно-осадочные образования среднего эоцена, андезиты, андезито-базальты плиоцена и четвертичного периода, а также современные аллювиально-делювиальные отложения. Из интрузивных образований широкое развитие имеют гнейсовидные граниты палеозоя, гранодиориты, щелочные и нефелиновые сиениты среднего эоцена [5]. В тектоническом отношении исследуемая территория входит в основном в Анкавано-Зангезурскую мегантиклинальную зону, охватывая на северо-востоке и юго-западе отрезки Присеванской и Еревано-Ордубадской мегасинклинальных зон [5].

На фоне результатов, полученных по геологическим, геофизическим и сейсмологическим данным, выделяется Меградзорская блоково-складчатая структура общей площадью 800 кв. км (40×20 км), ограниченная глубинными разломами, в вершинах которых выделяются «узлы» их пересечения (рис. 1). Последние являются потенциальными очаговыми зонами с различной вероятностью интенсивности. Естественно поэтому несколько детальнее рассмотреть внутриблоковое строение Меградзорской блоково-складчатой структуры, учитывая местоположение Мармарикского водохранилища.

При оценке сейсмической опасности территории Мармарикского водохранилища следует учесть по меньшей мере два вопроса: а) каков будет сейсмический эффект, когда проявятся сейсмогенные и вершинные «узлы» (Апаранский, Лермонтовский и Лчашенский); б) имеются ли в пределах этого блока потенциальные сейсмогенные участки земной коры, имея в виду, что именно в пределах этого блока проявился 7—8-балльное Цахкадзорское землетрясение 1827 г.¹

Для ответа на первый вопрос, т. е. потенциальной сейсмоопасности в результате возникновения землетрясений в пределах привершинных «узлов», мы можем воспользоваться лишь аналогией, с одной стороны,

¹ Одним из существенных вопросов в оценке сейсмической активности Меградзорского блока является вопрос о местоположении эпицентра Цахкадзорского землетрясения, точность определения координат которого варьирует в пределах 8—10 км. Отсюда следует, что оно в равной степени вероятности может быть приурочено как к зонам глубинных разломов кавказского и антикавказского простираний, так и наиболее близко расположенным «узлам» их пересечений (Фонтанский, Лчашенский).

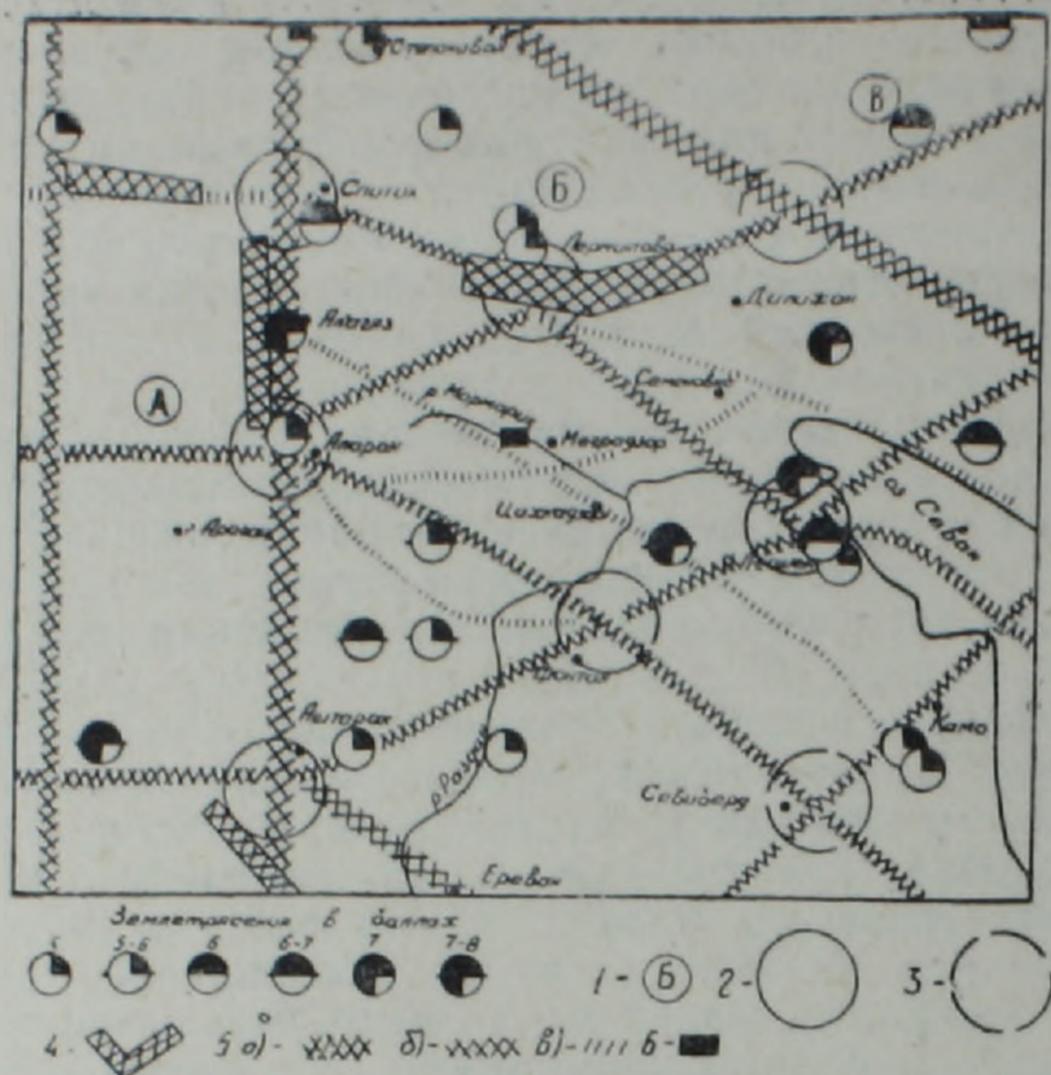


Рис. 1. Схема сеймотектонической обстановки района Мармарикского водохранилища. 1. Мегарегиональные блоки: А—Касах-Ахурянский, Б—Центрально-Армянский, В—Алаверди-Иджеванский. 2. Наиболее вероятные сейсмогенные «узлы». 3. Вероятные сейсмогенные «узлы». 4. Области, характеризующиеся анизотропией скоростей упругих волн по данным станции «Земля». 5. Разломы: а) 1-го порядка; б) II-го порядка; в) поверхностные. 6. Площадка Мармарикского водохранилища.

с землетрясениями, уже проявившимися до настоящего времени в этих узлах, а с другой стороны, ближайшими по местонахождению наиболее вероятными сейсмогенными узлами. Исходя из этого, весьма вероятно, что в пределах привершинных узлов могут проявляться землетрясения, по меньшей мере, аналогичные тем, которые уже проявились в пределах рассматриваемого блока.

Кроме того, для площадки Мармарикского водохранилища по методу теоретических изосейст [12] были вычислены приближенные эффекты (в баллах) от 8 землетрясений ($M \geq 5$), проявившихся в радиусе 50 км вокруг площадки. Полученные величины средней балльности на площадке составили 4—6 баллов. Результат, конечно, приближенный, т. к. не полностью учитываются сейсмогеологические факторы.

В отношении строения Меградзорского блока отметим, что наиболее важные результаты были получены при комплексном анализе крупномасштабных геолого-геофизических данных [2,3]. В результате были выявлены два региональных разлома по линиям Апаран-Семеновка и Арагац-Цахкадзор-Камо. Последний, в литературе известен под названием Мармарикского разлома [5]. Пространственное расположение этих разломов показано на рис. 2.

О многократной активизации этих разломов, в пределах Меградзорского блока, свидетельствуют наличие многочисленных выходов интрузий самого различного состава и возраста (от гнейсовидных гранитов палеозоя до нефелиновых сиенитов эоцена). С другой стороны, по весьма ограниченному данным скоростей современных вертикальных

движений земной поверхности методом повторного высокоточного нивелирования вдоль автомобильной дороги Цовагюх-Фонтан являются существенные изменения в амплитудах скоростей по обе стороны от Мармарикского разлома ($+1,7 \div +0,1$ мм/год).

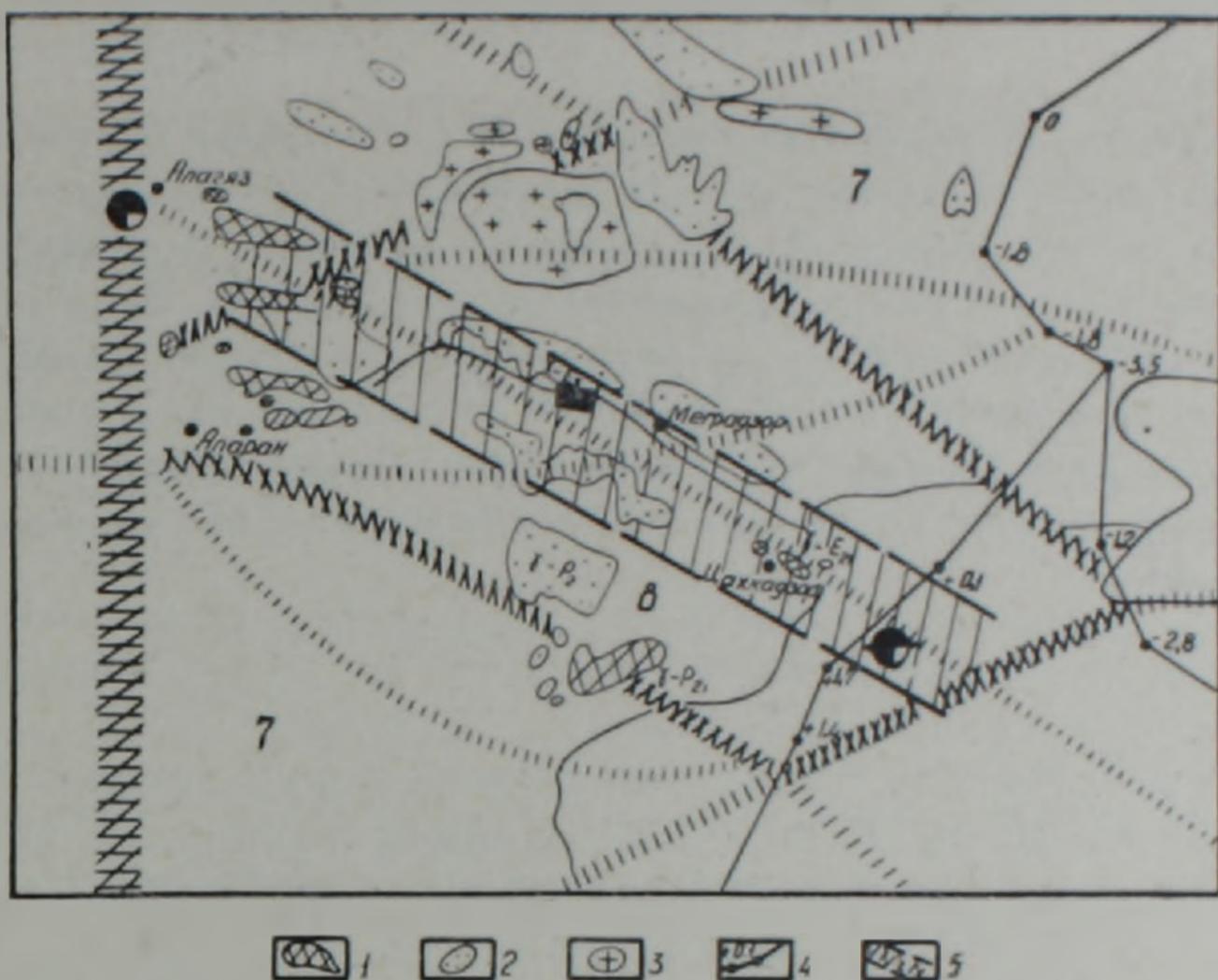


Рис. 2. Схема внутреннего строения Меградзорского блока. 1. Гнейсовые граниты. 2. Габбро-диориты. 3. Нефелиновые и щелочные сиениты. 4. Линии высокоточного нивелирования. 5. Меградзорская линейная сейсмогенная зона.

Учитывая следующие обстоятельства: а) на северо-западном продолжении зоны Мармарикского разлома, в районе с. Арагац, расположен эпицентр 7—8-балльного землетрясения, а на юго-восточном продолжении, в районе г. Камо — эпицентры 5—6-балльных землетрясений; б) вдоль этого разлома внедрялись в основном интрузии кислого (гранитного) состава; в) глубина проявившихся землетрясений колеблется в интервале $10 \div 15$ км, т. е. они расположены в «гранитном» слое; г) современную активность разлома по данным скоростей современных вертикальных движений, а также наличие многочисленных оползней и обвалов вдоль р. Мармарик, можно с достаточным основанием отнести зону Мармарикского разлома к динамически активному участку земной коры.

Таким образом, можно заключить, что в пределах Меградзорского блока, помимо привершинных сейсмогенных «узлов», вдоль р. Мармарик выявляется линейная сейсмогенная зона длиной около 40 км и шириной 5—6 км, в пределах которого и расположена площадка Мармарикского водохранилища. Ширина этой зоны была принята равной радиусам первых максимальных изосейст Цахкадзорского и Арагацкого землетрясений. Учитывая интенсивность проявившихся землетрясений как в пределах Меградзорского блока, так и в ближайших его пограничных зонах, особенности его внутреннего строения (без учета грунтовых, гидрогеологических и др. условий) максимальную интенсивность ожидаемых землетрясений на территории Мармарикского водохранилища следует принять равной 8 баллам.

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ՔԱՂԱՔՆԵՐԻ ԵՎ ՋՐԱՄԲԱՐՆԵՐԻ ԲՆԱՏԱՐԱԾՔՆԵՐԻ
ՄԱՆՐԱԿՐԿԻՏ ՍԵՅՍՄԻԿ ՇՐՋԱՆԱՑՄԱՆ ՄԵԹՈԴԻԿԱՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հոդվածում ամփոփված են Հայկական ՍՍՀ քաղաքների և ջրամբարների տարածքներում մանրակրկիտ սեյսմիկ շրջանցման (ՄՍՇ) ասպարեզում ելակետային սեյսմիկ բալայնոսթյան ճշգրտման նպատակով հեղինակների կողմից կատարված բազմամյա աշխատանքների արդյունքները: Ցույց է տրված, որ ՄՍՇ ընթացքում համալիր երկրաբանա-երկրաֆիզիկական սեյսմաբանական հետազոտությունների նշանակությունն անհամեմատ աճում է ընդհանուր տիպի սեյսմաշրջանացման հետ բաղդատելիս: Որպես օրինակ բերված են Մարմարիկի ջրամբարի բնատարածքում կատարված ՄՍՇ աշխատանքների արդյունքները:

S. S. SIMONIAN, A. G. BABADJANIAN, S. S. KARAPETIAN
THE METHODS OF DETAILED SEISMIC ZONING OF THE
ARMENIAN SSR TOWNS AND RESERVOIRS TERRITORIES

A b s t r a c t

The authors experience of many years investigations in the sphere of detailed seismic zoning (DSZ) of the Armenian SSR towns and reservoirs territories is summarized in this paper. It is shown that during DSZ the significance of complex geological-geophysical and seismological investigations increases immeasurably in comparison with the common type seismic zoning. The DSZ of Marmarik reservoir territory is brought as an example.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Асланян А. Т., Аракелян Ф. О., Агамалян К. А., Баграмян А. Х. и др. Анализ сейсмических условий района Армянской атомной электростанции (Арагатская долина).—Изв. АН АрмССР. Науки о Земле, 1982, № 5, с. 3—17.
2. Бабаджанян А. Г. Некоторые данные о разломной тектонике бассейна оз. Севан по геофизическим и геодезическим исследованиям.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1977, № 6, с. 18—25.
3. Бабаджанян А. Г., Оганесян С. М., Оганесян Л. Б. Возможности гравиметрии при изучении строения земной коры на территории Армянской ССР. В кн.: Геологическое истолкование геофизических полей. Киев: Наукова думка, 1983, с. 10—16.
4. Габриелян А. А., Саркисян О. А., Симонян Г. П. Сейсмоструктурная Армянской ССР. Ереван: Изд. ЕГУ., 1981. 284 с.
5. Геология СССР. Том 43. Армянская ССР. М.: Недра, 1970. 464 с.
6. Губин И. Е. О детальном сейсмическом районировании. В кн.: Детальное сейсмическое районирование. М.: Наука, 1980, с. 5—26.
7. Детальное сейсмическое районирование. М.: Наука, 1980. 176 с.
8. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР. М.: Наука, 1977. 535 с.
9. Оганисян Ш. С., Оганесян А. О., Бабаджанян А. Г. Опыт выделения активных зон глубинных разломов на Зангезурском геодинамическом полигоне. В кн.: Современные движения земной коры на геодинамических полигонах. М.: Изд. Радио и связь, 1981, с. 99—103.

10. *Пирузян С. А.* Опыт детального сейсмического районирования территории Большого Ереванского района. Ереван: Айастан, 1969. 91 с.
11. *Пирузян С. А., Бабаджанян А. Г., Донабедов А. Т., Оганесян Л. Б.* Блсковое строение территории Армянской АЭС и сопредельных районов в связи с сейсмическим районированием.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, № 6, 1978, с. 69—78.
12. *Шебалин В. Н.* Методы использования инженерно-сейсмологических данных при сейсмическом районировании. В кн.: Сейсмическое районирование СССР. Ч. II, гл. 6 М.: Наука, 1968.

Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, XXXIX, № 2, 63—68, 1986

УДК:699.841

Р. С. МИНАСЯН

ВЛИЯНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН НА НАПРЯЖЕНИЕ СТЕН КРУПНОПАНЕЛЬНОГО ЗДАНИЯ

В статье рассматриваются закономерности распределения динамических напряжений в связях несущих стен крупнопанельного здания при действии сейсмических волн.

Показано, что наиболее уязвимым местом при действии сейсмических сил являются стыковые соединения. Разрушение стыковых соединений связано в основном с неоднородностями напряжений, вызванными интерференцией двух или большего числа распределенных волн напряжений.

Рассматривается случай определения динамических срезающих сил в связях сдвига от горизонтальных волн, так как их воздействие является наиболее опасным.

Выясняется, что максимальные срезающие напряжения при сейсмическом ударе и толчке возрастают сравнительно с статическими в среднем на 43—67%.

Цель исследований—на основании последних достижений инженерной сейсмологии выявить основные закономерности распределения динамических напряжений в связях несущих стен крупнопанельного здания, которые несомненно помогут правильно проектировать и конструировать стыковые соединения.

Сейсмические волны являются особенно опасными для крупнопанельных зданий, которые осуществлены из сборных крупногабаритных составных элементов. Здесь прочность и жесткость зданий в основном обеспечиваются стыковыми соединениями и несущими элементами. Но наиболее уязвимым местом сейсмостойкого строительства крупнопанельных зданий являются стыковые соединения, и поэтому при проектировании зданий главное внимание уделяется конструктивным решениям этих элементов. Опыт показывает, что во многих случаях эти элементы стены страдают больше. Это объясняется тем, что волны напряжения вызывают смещение одной части стены относительно другой, вследствие чего в вертикальных и горизонтальных стыковых соединениях возникают значительные сдвигающие и нормальные динамические напряжения, и если они достигают определенного значения, то наступает разрушение. Конечно, действительный механизм разрушения значительно сложнее, чем тот, который описывается в динамической одномерной теории.

Анализ воздействия землетрясения на здание весьма сложен, так как оно при этом деформируется, находясь в условиях сложного напряженного состояния, и установление истинной картины распределения напряжений по высоте здания и стыков при землетрясении является важной задачей сейсмостойкого строительства.

В большинстве случаев разрушение стыковых соединений связано с неоднородностями напряжений, вызываемыми интерференцией двух