

ОТНОСИТЕЛЬНО МАКРОСЕЙСМИКИ¹

Академик АН АрмССР, проф., докт. техн. наук **А. Г. НАЗАРОВ**²

Реферат. В статье рассматриваются проблемы макросейсмического поля в связи с отказом от сейсмической шкалы.

Дана схема развития и последовательного уточнения теоретических, экспериментальных и полевых наблюдений от одного разрушительного землетрясения к другому. Приведено расширенное определение сейсмического поля, а также указано на необходимость разработки шкалы повреждений сооружений при землетрясениях для массовых обследований и высказаны общие соображения об обработке и интерпретировании полученных данных. В заключение указывается на необходимость более тщательного изучения последствий землетрясений во избежание огромной потери информации.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Мы достаточно подробно останавливались на невозможности исчерпывающей оценки на научной основе интенсивности землетрясения по сейсмической шкале, построенной по данным макросейсмики (Назаров и др., 1966; Назаров, Дарбинян, 1974). Это не означает, однако, что макросейсмические наблюдения, макросейсмические данные не нужны. Наоборот, роль этих данных, освобожденных от не свойственной для них функции—быть мерой сейсмической интенсивности, должна в значительной степени возрасти.

Действительно, основными методами исследования вопросов теории сейсмостойкости являются: 1) полевое обследование последствий землетрясения; 2) испытание зданий и сооружений в натуре и элементов их конструкций в лабораторных условиях, в том числе и на физических моделях; 3) теоретические исследования.

Центральную роль играют полевые обследования, так как только на их основе можно получить фактический макросейсмический материал, подлежащий дальнейшему изучению, обработке и обобщению.

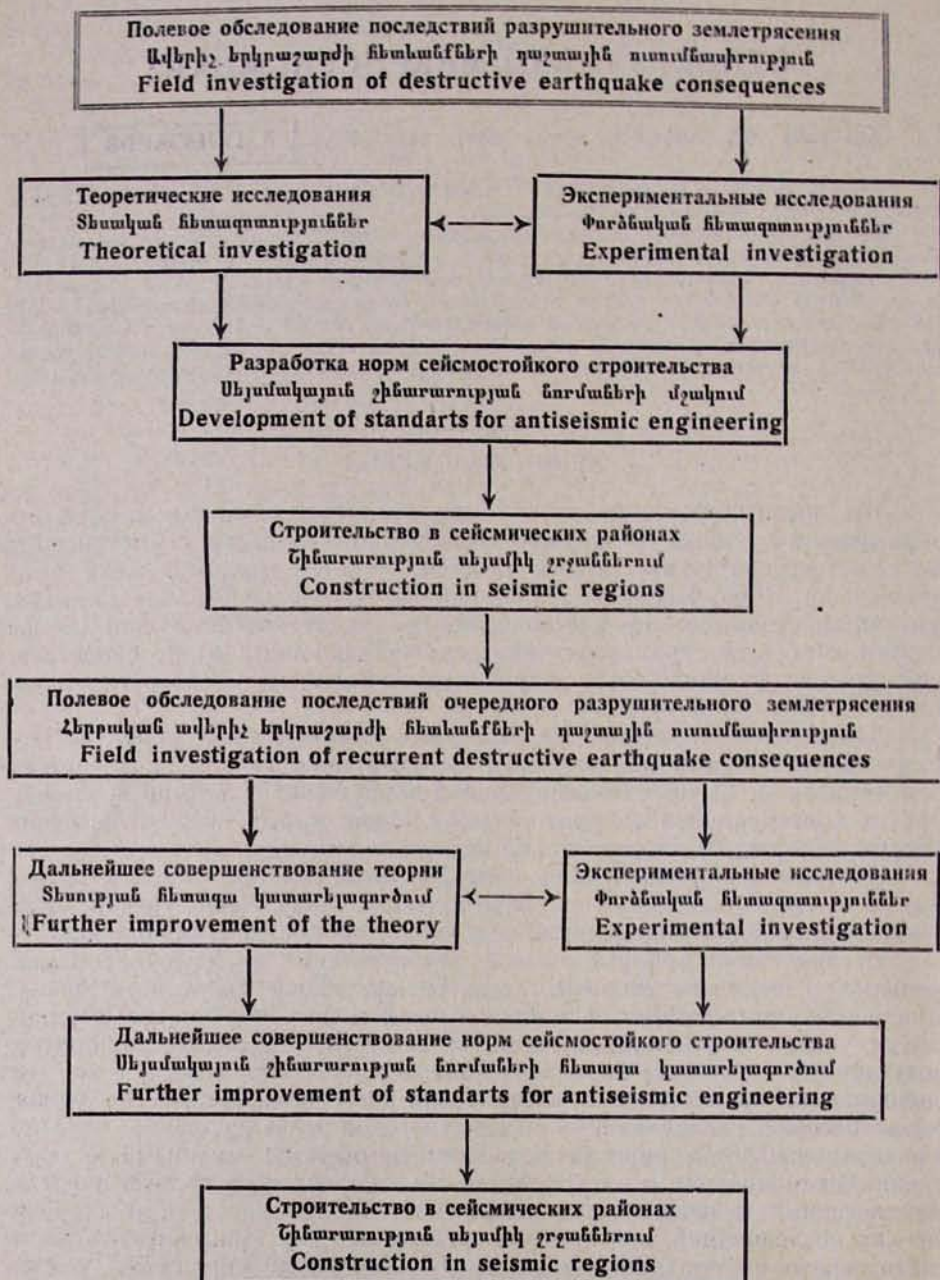
Исследования лабораторные и теоретические являются вспомогательными, но очень важными факторами, сильно способствующими анализу полевых данных, и в значительной мере ускоряют процесс развития учения о сейсмостойкости. По существу на основе лабораторных данных в том или ином масштабе осуществляется физическое моделирование воздействия землетрясений на сооружения, а на основе теоретических исследований—математическое моделирование. Но при проведении лабораторных исследований неминуемы всякого рода упрощения, схематизации и идеализации, обусловленные, в первую очередь, техническими возможностями испытаний. То же касается и теоретических исследований, связанных с возможностями применяемого математического аппарата и потому требующих *своих* упрощений, схематизаций и идеализаций.

¹ Макросейсмическими называются проявления землетрясения, имеющие крупный масштаб, которые можно наблюдать в поле без приборов (Рихтер, 1963).

² Академик-секретарь Отделения наук о Земле АН АрмССР.

Поэтому к окончательному выводу можно прийти лишь на основе макросейсмических данных, полученных при полевых обследованиях.

В развитии теории и практики сейсмостойкого строительства установилась цикличность, схема которой в общих чертах приведена на рисунке.



и так далее. *և այլն* and so on;

Разрушительные землетрясения в каждом данном пункте крайне редки, поэтому применительно к каждому пункту в отдельности приведенная схема практически не годна. Чем больше область, в которой происходят землетрясения, тем чаще они наблюдаются, тем лучше реализуется приведенная здесь схема в смысле сокращения длительности цикла. Ясно, что в рассматриваемой области должны действовать единые нормы сейсмостойкого строительства.

Эта схема достаточно хорошо действует, например, на территориях СССР, США и Японии. Каждая из этих стран имеет свои нормы сейсмостойкости, постепенно совершенствующиеся. Однако многие крупные проявления землетрясений представляют интерес в глобальном масштабе. В частности, при составлении наших норм используются прямые данные о разрушительных землетрясениях, полученные в США, Японии и других странах.

Из этой схемы следует также, что детерминированные представления о разрушениях сооружений могут быть лишь приближенными и что надежнее опираться на статистические методы исследований.

Таким путем наши теоретические представления и практические разработки все больше уточняются. Конечно, наибольшей обобщающей силой обладает теоретическое, в основном математическое, моделирование, позволяющее в компактной форме разрабатывать расчетные формулы, алгоритмы, которые вбирают в себя всю квинтэссенцию результатов полевых и лабораторных исследований. Дальнейшее их уточнение возможно лишь на основе исследований, схематически показанных на рисунке.

К объективной оценке поведения сооружений при землетрясении могут привести только макросейсмические данные. Это основной путь в апробации норм сейсмостойкого строительства и дальнейшего его совершенствования. Сбор данных об остаточных деформациях поверхности Земли имеет большое практическое значение также с точки зрения геологии, инженерной геологии, сейсмологии и инженерной сейсмологии. Ценны даже данные о поведении предметов домашнего обихода. Результаты их статистической обработки позволяют дать дополнительные практические рекомендации для обеспечения сохранности этих предметов.

МАКРОСЕЙСМИЧЕСКОЕ ПОЛЕ В РАСШИРЕННОМ ПОНИМАНИИ

Понятие о макросейсмическом поле рассмотрено Н. В. Шебалиным (Сейсмическая шкала, 1975; Шебалин, 1969). В сейсмической литературе широко пользуются предложенным им уравнением макросейсмического поля, связывающим интенсивность землетрясения в баллах с магнитудой землетрясения, глубиной его очага и расстоянием от эпицентра землетрясения до рассматриваемой площадки на земной поверхности.

Под интенсивностью землетрясения им понимается обобщенная мера результатов воздействия землетрясения на поверхность Земли, т. е. интенсивность определяется поведением всей совокупности объектов на поверхности Земли, а точность ее определения зависит от размеров и представительности выборки объектов, используемых для этой цели. Интенсивность землетрясения измеряется в баллах по сейсмической шкале.

Такой же точки зрения придерживаются Н. Н. Онофрах и А. А. Роман (1979). Ими сформулировано следующее определение: «Макросейсмическим полем называется совокупность реакций объектов и субъектов на сейсмические волны, возбужденные землетрясением». Да-

лее они делают существенную оговорку. Подлежащий интерпретаций экспериментальный материал состоит из поля сейсмических волн, зарегистрированных экспериментально в отдельных точках земной поверхности, и макросейсмического поля, которое фиксируется всеми объектами на поверхности (и самой поверхностью) в окрестностях эпицентра.

Здесь мы приводим нашу попытку определения макросейсмического поля.

Под макросейсмическим полем понимаем множество событий в земной коре, в атмосфере и ионосфере, вызванных подготовкой землетрясения и самим землетрясением с данными параметрами очага: координаты эпицентра φ_0 , λ_0 , глубина очага h , тип землетрясения, сейсмический момент, магнитуда, азимут положения разлома и пр.

Важной характеристикой макросейсмического поля является вектор смещения Земли как деформируемой среды. В дальнейшем примы следующие обозначения: φ —широта, λ —долгота, z —координата по нормали к поверхности Земли, t —время, отсчитываемое с начала землетрясения в очаге. Подготовка землетрясения происходит при $t < 0$ и может длиться годами и десятилетиями. За положительное направление оси z принято направление к центру Земли.

Вектор $\bar{u} = f(\varphi, \lambda, z = 0, t) \equiv \bar{f}(\varphi, \lambda, t)$ является мерой интенсивности землетрясения на поверхности Земли на данной площадке, определяемой координатами φ, λ . Каждое событие, вызванное землетрясением, является функцией $F[f(\varphi, \lambda, z, t), a_1, a_2 \dots a_n]$, где a_i —некоторые параметры, большей частью сложной природы.

Множество событий, связанных с землетрясением, подразделяется на три подмножества:

1) события, предшествующие землетрясению (подготовка землетрясения, предвестники, форшоки, свечение неба и пр.);

2) события, возникающие и исчезающие вместе с возникновением и прекращением землетрясения (преходящие события, например, упругие составляющие колебания почвы, упругие составляющие смещения и реакции сооружения, звон колокола, дребезжание стекол и посуды, паника и пр.);

3) события, возникающие во время землетрясения и в какой-то форме продолжающие существовать после него (остаточные события, например, остаточные деформации Земли, остаточные деформации в сооружениях, афтершоки, травмы, разбитые или опрокинутые предметы, записи измерительной техники и пр.).

Таким образом, к макросейсмике мы относим не только наблюдения качественного порядка, как это обычно принято, но и всю совокупность инструментальных данных.

Кроме координат φ, λ, z при описании макросейсмического поля и его исследовании целесообразно пользоваться индивидуальной системой координат для данного поля R, α, z , где R —расстояние рассматриваемого события до эпицентра землетрясения по дуге большого круга, α —его азимут. Эта полярная система координат устанавливается приближенно из-за трудности определения положения его полюса (эпицентра).

При сборе информации о событиях, вызванных землетрясением, нельзя опираться на сейсмические шкалы, эмпирические формулы, установленные для макросейсмического поля, на различные оценки и толкования событий, так как они могут привести к потере информации или к ее искажению.

Должны быть зафиксированы факты и только факты. События и их интерпретации должны быть строго отделены. Информация, по идее, может быть только одна, в то время как интерпретации на ее основе могут строиться по-разному, в зависимости от индивидуальных особенностей исследователя, его взглядов и накопленного им личного опыта. Различные интерпретации одного и того же поля, конечно, осуществленные на профессиональном уровне и приводящие к совокупности экспертных оценок, полезны, так как на основе их анализа и обобщения могут быть получены результаты, более приближающиеся к действительности. Макросейсмическое поле полностью включает в себя очаг землетрясения и всю зону его формирования. Границы макросейсмического поля определяются чувствительностью используемой аппаратуры, так как даже отдаленные от очага землетрясения записи, как показала практика, могут дать ценные сведения по данному полю.

При описании макросейсмического поля следует пользоваться системой карт различных масштабов и назначений. Важно отметить на картах геологически однородные участки, положения разломов, однородные участки в инженерно-геологическом понимании, остаточные деформации земной поверхности, геофизические и геохимические поля, состояние атмосферы и ионосферы, расположение измерительной техники и пр.

События следует расчленить на однородные группы. Они должны рассматриваться как компоненты случайного вектора событий в макросейсмическом поле.

Для каждой такой компоненты необходимо составить карту. Проблема разбивки событий на однородные группы должна быть тщательно разработана. Надо учесть, что чем крупнее группировки, тем больше потеря информации, чем мельче группировки, тем больше объем работы и большую роль играют случайности. Поэтому проблеме подбора оптимальных группировок, удобных для последующих информационно-статистических обработок, должно быть уделено серьезное внимание. Необходимо специальное тщательное обследование и описание уникальных событий. Для крупных форшоков и афтершоков следует строить отдельные макросейсмические поля. Материалы макросейсмического поля должны храниться особо тщательно. Новые геолого-геофизические данные независимо от даты их получения должны добавляться к основному материалу.

Как указывалось выше, множество событий, связанных с макросейсмическими проявлениями, можно подразделить на три четко выраженных подмножества: 1) события, предшествующие землетрясению; 2) события, сопутствующие землетрясению; 3) остаточные события. Причем некоторые события могут входить в обе и даже во все три группы, как например, свечение неба.

Первое подмножество событий представляет наибольший интерес с сейсмопрогностической точки зрения, поэтому его можно назвать макросейсмическим сейсмопрогностическим полем или сокращенно сейсмопрогностическим полем. Как известно, это поле охватывает огромное количество событий на обширной территории, связанных с различными этапами формирования сейсмического очага до его полного созревания к моменту землетрясения. Это поле доставляет материалы для долгосрочного, среднесрочного, краткосрочного и оперативного прогнозов по классификации И. Л. Нерсесова.

В настоящей работе мы не будем останавливаться на проблемах, связанных с сейсмопрогностическим полем. Далее речь пойдет исключительно о втором и третьем подмножествах событий—сопутствующих

или остаточных, которые условимся для краткости попросту называть макросейсмическим полем.

Из приведенной выше характеристики макросейсмического поля следует, что макросейсмические события, которые можно наблюдать в поле без приборов, занимают лишь относительно небольшую площадь, окружающую эпицентральною область. При развиваемой здесь точке зрения граница макросейсмического поля определяется чувствительностью приборов, регистрирующих то или иное событие. Таким образом, для землетрясения, скажем, магнитуды 7—8 макросейсмическое поле занимает весь земной шар.

Необходимость такого расширения понятия макросейсмического поля объясняется тем, что можно получить ценные сведения о сейсмическом очаге сильного землетрясения и на очень удаленных расстояниях, где не только невозможно наблюдать поле без помощи приборов, а даже, наоборот, требуются приборы большой разрешающей силы.

Вторым важным расширением понятия о макросейсмическом поле является как рассмотрение и изучение его описательной части, так и инструментальная фиксация последствий сильных землетрясений.

При современном уровне развития науки трактовка макросейсмичности как совокупности описательных данных давно уже устарела. Такое требование или такое понимание неизбежно приведет к искусственному снижению уровня научных исследований в области макросейсмичности—дисциплины, изучающей проявления сильных землетрясений. Здесь в основном должны заниматься проблемой фиксации остаточных деформаций сооружений и поверхности Земли как представляющей наибольший интерес с прикладной точки зрения.

Для четкого выяснения существа дела необходимо макросейсмические (включая инструментальные) данные привязывать к основной системе параметров очага землетрясения, а также к азимуту и эпицентральному расстоянию изучаемого объекта от очага землетрясения.

Вряд ли можно считать, что эти параметры землетрясения достаточно совершенны. Они отражают современный уровень наших знаний. В будущем, возможно, будут предложены более совершенные параметры, тогда интересующие нас макросейсмические данные будут привязываться к новым, более совершенным параметрам.

Об этом мы упоминали еще в 1966 г. (Назаров и др., 1966). В настоящее время мы располагаем большим парком измерительной техники для фиксации сильных землетрясений и динамических характеристик зданий.

Развивается инженерно-сейсмологическая служба для записи акселерограмм сильных землетрясений и фиксации динамических характеристик сооружений. В перспективе всевозможная инструментальная характеристика поведения грунтов и сооружений все более будет расширяться. Нет сомнения, что качественные характеристики сейсмических событий неизбежно будут переплетаться с их количественными характеристиками и их разделение при сильных сейсмических движениях вредно и бессмысленно.

Поэтому мы нашли необходимым в значительной мере расширить понятие о макросейсмическом поле.

О ШКАЛАХ ПОВРЕЖДЕНИЙ СООРУЖЕНИЙ ПРИ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ

Отказ от оценки интенсивности землетрясений по макросейсмическим данным на основе сейсмических шкал имеет огромное принци-

иальное значение для развития макросейсмики как самостоятельной дисциплины, располагающей своей методикой, своими средствами исследований и своими целевыми установками.

Обследования должны быть по меньшей мере двух родов.

1. Детальное, всестороннее обследование единичных сооружений, представляющих особый интерес с той или иной точки зрения. К такому, в первую очередь, относятся сейсмометрические станции, представляющие собою сооружения, снабженные разнообразной сейсмонизмерительной техникой для определения смещений, скоростей, ускорений, углов поворота, относительных деформаций и пр. Должны тщательно фиксироваться повреждения сооружений в целом, а также их элементов.

Эти фактические материалы макросейсмического поля впоследствии должны быть подвергнуты анализу в поисках подходящих интерпретаций для разработки практических методов расчета и проектирования сооружений на сейсмостойкость.

2. Массовое обследование сооружений, в основном зданий, сгруппированных по типу конструкций и этажности, по упрощенной программе и методике.

Предлагается примерно следующая минимальная программа такого года обследования: 1) тип здания, этажность; 2) год постройки; 3) примененные нормы строительства; 4) упрощенная оценка качества строительства; 5) упрощенная оценка качества основания; 6) оценка интенсивности повреждений зданий в баллах. Остановимся на последнем вопросе несколько подробнее.

Оценка интенсивности землетрясения в баллах по степени повреждения зданий, как показывает анализ, приводит к смешению различных понятий и путанице во взглядах (Рихтер, 1963; Назаров, Дарбинян, 1974). Но мы полагаем весьма ценным ввести в рассмотрение шкалу интенсивности повреждений зданий в баллах при массовых обследованиях последствий землетрясений (Рихтер, 1963).

Такого рода шкалу можно получить из любой сейсмической шкалы, содержащей степени повреждения зданий, которые и могут быть приняты за баллы повреждений (см., например, MSK-64; проект шкалы и системы измерения сейсмической интенсивности в баллах, одобренный бюро МСССС 16 ноября 1973 г.; проект шкалы для определения интенсивности землетрясений С. В. Медведева, И. А. Ершова, Е. В. Попова; проект шкалы и системы измерения сейсмической балльности ИСМиС АН ГССР (Ш. Г. Напетваридзе); проект шкалы сейсмической интенсивности Н. В. Шебалина; проект шкалы для повреждения зданий с антисейсмическими мероприятиями Б. К. Карапетяна; предложения В. С. Павлыка по классификации повреждений современных зданий при расчетных сейсмических воздействиях; определение балльности землетрясений по признакам повреждений и разрушений подземных трубопроводов, предложенное Т. Р. Рашидовым (Сейсмическая шкала, 1975)).

Н. Амбрезис предложил следующую градацию степеней повреждения зданий при обследовании последствий землетрясения в Скопье (Ambraseys, 1965): 1-я степень—обрушено, 2-я степень—невосстановимо, 3-я степень—восстановимо, 4-я степень—легко повреждено, 5-я степень—без ущерба. Такого типа классификация удобна для строительного-восстановительных работ (см. также шкалу ИСМиС, Ш. Г. Напетваридзе (Сейсмическая шкала, 1975)).

Приведем макет шестибальной шкалы повреждений зданий при землетрясениях на основе MSK-64 с добавлением нулевой степени по-

вреждений (предложение С. В. Медведева, И. А. Ершова, Е. В. Попова и Н. В. Шебалина (Сейсмическая шкала, 1975)), которая не имеет ничего общего со шкалой интенсивности землетрясений в баллах.

Шкала повреждений зданий в баллах

Балл	Степень повреждения	Краткая характеристика повреждений
0	Нет повреждений	
1	Легкие повреждения	Тонкие трещины в штукатурке и отслаивание небольших кусков штукатурки
2	Умеренные повреждения	Небольшие трещины в стенах
3	Тяжелые повреждения	Большие и глубокие трещины в стенах, падение дымовых труб
4	Разрушения	Сквозные трещины и проломы в стенах, обрушения частей зданий, разрушение связей между отдельными частями зданий, обрушение внутренних стен и стен заполнения каркаса
5	Обвалы	Полное разрушение зданий.

Для многоэтажных зданий возможна оценка интенсивности повреждений в баллах для каждого этажа в отдельности. Для этого удобна, например, следующая символика. Римские цифры означают номер этажа, а арабские—баллы повреждений. Например, для трехэтажного здания символ I 2 II 3 III 3 означает, что в первом этаже имеют место умеренные повреждения, а во втором и третьем—тяжелые. Возможна детализация степеней повреждения зданий и в плане.

Полученные баллы повреждений зданий подвергаются статистической обработке в зависимости от поставленной задачи. Можно предвидеть огромное многообразие проблем, связанных с установлением различных корреляционных связей, применением методов теории информации (Сейсмическая шкала, 1975). Для этой цели должны быть выписаны основные сейсмические параметры исследуемого пункта: магнитуда землетрясения, сейсмический момент, координаты очага землетрясения.

О ФИКСАЦИИ ОСТАТОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ И ДРУГИХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ, ВОЗНИКШИХ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИИ

В настоящее время накопилось довольно большое количество описаний остаточных деформаций и сопровождающих их явлений, вызванных землетрясением. Имеются и попытки их классификации (В. П. Солоненко, Н. Н. Леонов (Сейсмическая шкала, 1975)). Осуществление оценки балльности землетрясений по такого рода проявлениям на основе сейсмических шкал вряд ли может привести к удовлетворительным результатам (Сейсмическая шкала, 1975).

К значительно более устойчивым результатам можно прийти, если привязывать подобного рода явления к параметрам сейсмического очага, в первую очередь к магнитуде, а также к координатам земной поверхности. Для этой цели следует наносить наблюдаемые остаточные деформации на систему карт различных масштабов в зависимости от детальности обследования.

ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Каждое разрушительное землетрясение наносит огромный ущерб народному хозяйству, исчисляемый во много сотен миллионов рублей. Вместе с тем при современной постановке обследовательских работ в области макросейсмического поля имеет место огромная потеря ценнейшей информации. Поэтому не следует экономить средства и время на изучение последствий землетрясений. Такого рода затраты окупятся с лихвой. Большое внимание должно быть уделено сбору геологических, геофизических, инженерно-геологических и гидрогеологических данных как в зоне очага землетрясения, так и вдоль сейсмического луча от очага землетрясения до его выхода на дневную поверхность.

Необходимо организовать тщательно продуманную систему передвижных лабораторий для всестороннего изучения последствий землетрясения. Они должны быть снабжены оборудованием для исследования в полевых условиях конструкций и их фрагментов, для исследований инженерно-геологической и инженерно-геофизической обстановки в зоне разрушений.

Следовало бы организовать банк мировых данных по макросейсмическим полям в международном плане, хотя это и очень трудная задача.

До настоящего времени недостаточное внимание уделяется проблеме сейсмостойкости оборудования, в особенности технологически опасных предприятий (атомные станции, некоторые химические заводы и пр.). Здесь требуется большая исследовательская работа, и макросейсмические данные в этом направлении должны сыграть большую роль.

В заключение рекомендуем время от времени перелистывать книгу Ч. Ф. Рихтера «Элементарная сейсмология» (1963). Несмотря на скромность ее названия это мудрая книга, которая может предостеречь от грубых ошибок при изучении макросейсмического поля.

ՄԱԿՐՈՍԵՅՍՄԻԿԱՅԻ ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ

ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս, պրոֆ., տեխն. գիտ. դոկտոր ԱՐՄԵՆ ՆԱԶԱՐՈՎ²

Խեֆերառ—Հոգվածում դիտարկվում են սեյսմիկ սանդղակից հրաժարվելու հետ կապված մակրոսեյսմիկ դաշտի պրոբլեմներ:

Տրված է կործանիչ մի երկրաշարժից մյուսին անցման տեսական դրույթների, փորձնական տվյալների ու դաշտային դիտումների զարգացման և հաջորդական ճշտման սխեմա (նկար)³։ Բերված է մակրոսեյսմիկ դաշտի ընդլայնված բնորոշումը։ Ցույց է տրված երկրաշարժի մասսայական հետազոտությունների ժամանակ կառուցվածքների վնասվածքների սանդղակի մշակման անհրաժեշտությունը, բերված են նրանց մշակման և մեկնաբանման համար ընդհանուր դադափարներ։ Վերջում ցույց է տրվում երկրաշարժերի հետևանքների առավել մանրակրկիտ ուսումնասիրման անհրաժեշտությունը ինֆորմացիայի հսկայական կորստից խուսափելու համար:

¹ Մակրոսեյսմիկ կոլվում են այն երկրաշարժները, որոնք ունեն խոշոր մասշտաբներ և դաշտային կարելի է դիտել առանց սարքերի (Назаров и др., 1966)

² ՀՍՍՀ ԳԱ «Ֆիտությունների երկրի մասին» բաժանմունքի ակադեմիկոս— քարտուղար:

³ Նկարը տե՛ս էջ 4:

CONCERNING THE MACROSEISMICS¹ARMEN NAZAROV, Prof., Dr. Sc. (Eng.), Mem. Armen. Ac. Sc.²

Synopsis. Problems of the macroseismic field connected with the refusal of the seismic scale are considered. A scheme of development and precise definition of theoretical concepts, experimental data and field observations from one destructive earthquake to another is given (Figure)³. The extended definition of the macroseismic field is presented, the necessity to work out the buildings damage scale by the over-all examination of the earthquake results is pointed out, and general considerations of their treatment and interpretation are given. In conclusion the necessity of thoroughful study of the earthquake consequences, for avoiding vast information loss is marked.

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ—ЛИТЕРАТУРА—REFERENCES

- Назаров А. Г., Дарбинян С. С. 1974. Основы количественного определения интенсивности сильных землетрясений. Ереван, Изд. АН АрмССР.
- Назаров А. Г., Карапетян Б. К., Карапетян Н. К. 1966. Об организации инструментальных макросейсмических наблюдений в СССР. Инженерная сейсмология, Душанбе, Изд. Дониш, № 3—4, с. 3—6.
- Онофреш Н. Н., Роман А. А. 1979. Количественная интерпретация макросейсмического поля. Кишинев, Штиинца.
- Рихтер Ч. Ф. 1963. Элементарная сейсмология. М., ИЛ.
- Сейсмическая шкала и методы измерения сейсмической интенсивности. 1975. Наука, М.
- Шебалян Н. В. 1969. Макросейсмическое поле и очаг сильного землетрясения. Докт. дис., АН СССР, ИФЗ, М.
- Ambraseys N. 1968. An engineering seismology study of the Skopje earthquake of July 26, 1963. The Skopje earthquake UNESCO, Paris, p. 61.

¹ Macro seismic are those large scale manifestations of earthquakes which can be observed without instruments (Назаров и др., 1966).

² Academician Secretary of the Department of Earth's Sciences, Armentian Ac. Sc.

³ Figure see p. 4.