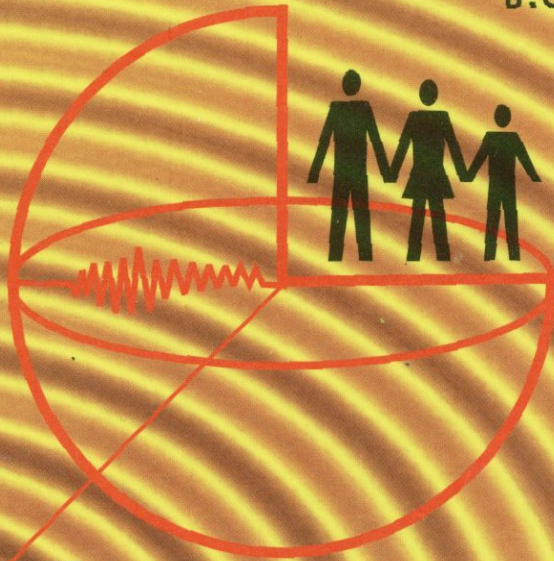


С.Ю. БАЛАСАНЯН  
С.Н. НАЗАРЕТЯН  
В.С. АМИРБЕКЯН



# **СЕЙСМИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА И ЕЕ ОРГАНИЗАЦИЯ**

ГОМРИ  
ЭЛЬДОРАДО  
2004

С. Ю. БАЛАСАНЯН С. Н. НАЗАРЕТЯН  
В. С. АМИРБЕКЯН

ՀԱՅԿԵՍ  
ԲԵՐԿ 50 51  
203

# СЕЙСМИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА И ЕЕ ОРГАНИЗАЦИЯ

Учебное пособие  
(под редакцией проф. С.Ю. Баласяняна)

5708

ГЮМРИ  
ЭЛЬДОРАДО  
2004 г.



Главный редактор  
доктор технических наук, профессор С. Ю. Баласаян

Рецензенты:

академик НАН РА Б.К. Карапетян;

заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации, доктор технических наук, профессор, лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники за 1999 год, генерал-майор М.А. Шахрамьян;

доктор геолого-минералогических наук, профессор С.В. Бадалян

Учебное пособие рекомендовано к печати:

научно-техническим советом НССЗ при Правительстве РА и

решением президиума Армянской Ассоциации Сейсмологии и Физики Земли

Редактор Н.А. Гончар

Б 202

*Сейсмическая защита и ее организация*

*С. Ю. Баласаян С.Н. Назаретян, В.С. Амирбемян*

*Гюмри «Эльдорадо» 2004г. 436 стр.*

Настоящее учебное пособие является первой в своем роде работой, посвященной сейсмической защите общества и государства как неотъемлемой части национальной безопасности страны, расположенной в сейсмоактивной зоне. Сейсмическая защита рассмотрена как совокупность правовых, социальных, экономических, образовательных, организационных, научных, инженерно-технических и других специальных действий, направленных на обеспечение сейсмической безопасности и устойчивого развития общества и государства.

В пособии широко используется опыт различных стран в обсуждаемых вопросах, а также опыт Армении, перенесшей катастрофическое Спитакское землетрясение 1988г. и приступившей в 1991г. к созданию государственной системы сейсмической защиты, базирующейся на трех главных элементах: организации Национальной службы сейсмической защиты при Правительстве РА как органа госуправления, разработке и принятии двух долгосрочных государственных программ по снижению сейсмического риска Армении и Закона РА о сейсмической защите.

Книга предусмотрена для местных органов самоуправления, работников городских и ведомственных служб, учеников старших классов, студентов и аспирантов. Она может быть полезна также и для преподавателей школ и ВУЗ-ов, руководителей учреждений различного профиля и вообще для широких слоев населения.

Б 180320000  
0127(01)2004

ББК 26.21 я7

ISBN 99930-903-8-7

## Предисловие от авторов

Как отмечают ведущие эксперты мира, в XXI-ом веке, с ростом урбанизации территорий и численности населения на Земле, природные и техногенные катастрофы будут приобретать все более частый, разрушительный и масштабный характер. Особенно трагически это проявится при сильных землетрясениях.

Подобную угрожающую динамику роста масштаба сейсмических катастроф можно проследить и на примере Армении. В 1926г. землетрясение, происшедшее в Армении с эпицентром в районе г. Ленинакан, унесло около 1000 жизней, в городе были разрушены многие дома и сооружения. Спустя 62 года, в 1988г. более сильное землетрясение, повторившееся практически в том же районе, привело к гибели 25000 человек, во всех городах и селах северной Армении имели место разрушения – от тотальных (Спитак) до сильных (Ленинакан) и частичных (Кировакан, Степанаван и др.).

Исходя из вышеизложенного у людей часто возникает вопрос: *возможна ли вообще защита от сейсмических катастроф?*

Наш ответ, основанный на мировой практике, однозначен: *да, возможно.*

В 1906 г., после сильного землетрясения в районе Сан-Франциско, которое практически стерло с лица земли этот город, правительство США приступило к широкомасштабной программе по снижению опасности следующей сейсмической катастрофы. В результате, спустя 82 года, в 1989 г., землетрясение Лома-Приеты, происшедшее в том же регионе и по силе превышающее Спитакское землетрясение 1988 года, привело к гибели 62 человек. Таким образом, в США последовательно проводящаяся политика снижения сейсмического риска привела к тому, что страна от крупномасштабных потерь при землетрясении Сан-Франциско (1906г.) перешла на уровень минимальных потерь при землетрясении Лома-Приеты (1989г.). В то же время, в Армении, при отсутствии какой-либо политики и деятельности, направленной на снижение опасности сейсмических катастроф, после Ленинаканского землетрясения 1926г. количество жертв и разрушений возросло в несколько десятков раз при Спитакском землетрясении 1988г.

Этот пример ярко иллюстрирует разницу между потерями от сильных землетрясений в стране, где разработана и действует государственная политика снижения сейсмического риска – США, и в стране, где ничего не было предпринято для обеспечения безопасности людей – Армения.

Представленное учебное пособие является переработанным и дополненным переводом с армянского на русский язык первой в Армении, а возможно и вообще в международной практике, книги «Сейсмическая защита и ее организация».

Идея написания данного учебника возникла в связи с разработанной и реализуемой в Армении с 1991г. политикой снижения сейсмического риска, принятыми в Армении государственными программами и законом о сейсмической защите, где повышение информированности населения является ключевым фактором для обеспечения сейсмической защиты общества и государства.

Во-первых, общество должно быть осведомленным, что *страна расположена в зоне высокой сейсмической опасности и риска*. Этот факт должен быть положен в основу государственной политики как важнейшее условие устойчивого развития государства.

Во-вторых – *сильные землетрясения всегда были и будут*, согласно закону повторяемости землетрясений. А это значит, чем больше времени проходит от предыдущего землетрясения, тем ближе мы подходим к следующему сильному землетрясению.

В-третьих – *сильное землетрясение длится всего несколько десятков секунд*. Это означает, что государство не может предпринять ничего широкомасштабного за это время и потому его действия должны носить долгосрочный предупреждающий характер – до землетрясения. Эти действия должны быть направлены на поэтапное снижение сейсмического риска, для исключения вероятности сейсмической катастрофы.

В-четвертых – общество должно знать, что *эффективная система сейсмической защиты возможна даже при ограниченных материальных ресурсах*. В этом направлении беспрецедентно быстро продвигалась Армения в период с 1991-2002 г. Армянский опыт по созданию уникальной системы сейсмической защиты сегодня используют даже такие страны, как Япония и Китай, а ООН рекомендовал армянскую систему сейсмической защиты и орган государственного управления НССЗ при Правительстве РА как модель XXI века, в особенности для развивающихся стран.

В основу написания учебного пособия положен мировой опыт и опыт Армении 1991-2002гг. по созданию системы сейсмической защиты, в котором авторы играли лидирующую роль. Другим важным источником информации стали уроки катастрофического Спитакского землетрясения 1988 года, которое было пережито авторами по-разному. С. Н. Назаретян испытал разрушительные толчки Спитакского землетрясения на себе, и как очевидец-житель г. Ленинакана, и как ученый – в 1988г. зам. директора по науке Института геофизики и инженерной сейсмологии (ИГИС) АН Арм. ССР. В. С. Амирбекян встретил Спитакское землетрясение в г. Ереване, расположенном на расстоянии 75км от эпицентра, где толчки землетрясения ощущались в 6 баллов по шкале MSK-64. Он принимал участие в восстановительных работах зоны бедствия с первого же дня после землетрясения в г. Ленинакан, как руководитель государственного учреждения, а с 1991 года как зампред Совмина РА. С. Ю. Баласанян в момент землетрясения находился вне Армении. Он пережил Спитакскую трагедию как уроженец Армении, проживавший с 1976 по 1991гг. в Забайкалье, и как ученый, разработавший концепцию, стратегию и программу

снижения сейсмического риска в Армении, принятые соответствующим постановлением Правительства РА в период с 1991-1999гг.

Наконец, большую роль в стиле изложения материала сыграли научно-популярные книги таких ведущих сейсмологов и инженеров в области сейсмостойкого строительства, как Б. Болт (США) – автор общедоступного очерка “Землетрясения”, Дж. Эйби (Новая Зеландия) – автор книги “Землетрясения”, Дж. Гир и Х. Шах (США) – авторы книги “Зыбкая твердь” и другие.

Армянский вариант учебника вышел в свет в 2002 году при финансовой поддержке Фонда содействия Института Открытого Общества. Его основное содержание докладывалось на различных мероприятиях, в том числе на международном совещании «Общие подходы к оценке сейсмической опасности и риска; процессы принятия решений в управлении сейсмическим риском» (25-27 октября, 2002г., Армения). Это совещание, в работе которого участвовали специалисты из 12 стран, приняло решение о необходимости перевода учебника «Сейсмическая защита и его организация» на русский и английский языки.

Настоящий, русский, вариант учебника отличается от армянского существенным дополнением первых двух глав, относящихся к общим сведениям о землетрясениях и сейсмичности Земли, сейсмической опасности и риску.

Авторы сочли целесообразным оставить в приложении учебника «Правила поведения людей до, во время и после землетрясения для условий Армении», «Схематический вариант долгосрочной государственной программы по снижению сейсмического риска в Армении» и «Закон о сейсмической защите Республики Армения», считая, что эти приложения могут быть полезны для использования опыта Армении в других странах.

Мы глубоко ценим понимание и поддержку руководства страны в 1991 году по созданию органа госуправления - Национальной службы сейсмической защиты при Правительстве РА и системы сейсмической защиты Армении как одного из важнейших элементов национальной безопасности государства.

Авторы благодарны сотням специалистов Армении, работавшим в области геофизики, сейсмологии, геологии, механики, физики, сейсмостойкого строительства, прикладной математики, коммуникаций и связи, приборостроения, психологии, медицины и других сферах, непосредственно связанных с задачами сейсмической защиты, объединившим свои усилия в НССЗ при Правительстве РА для снижения опасности сейсмических катастроф в Армении.

Особую благодарность мы хотим выразить А.С. Аванесяну, З.М. Хлгатыну, Р.А. Арутюняну, С.С. Маркаряню за участие в подготовке отдельных параграфов учебника, а также С.Ш. Асатряню, за бескорыстную помощь в техническом редактировании текста.

Мы искренне признательны Б.Н. Арутюняну за предоставление отличных условий для работы и всяческую поддержку при подготовке учебника. Мы благодарны сотрудникам Армянской ассоциации сейсмологии и физики Земли: А.А. Меликсетяну, Ю.С. Баласаняну, М.Г. Тер-Ананян, Л.Р. Манучарян за огромную кропотливую работу по оформлению учебника. Авторы примут с глубокой благодарностью все замечания и предложения, направленные на улучшение изложенного материала.

Отдельные главы и параграфы написаны:

доктором тех. наук, профессором С. Ю. Баласаняном – введение, главы 1 и 2, заключение, приложения, аннотация, терминологический словарь, отредактирован весь текст учебника; глава 3 (совместно с С.Н. Назаретяном);

доктором геол.–мин. наук, профессором и академиком Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности С. Н. Назаретяном – главы 4, 5; параграф 1.6 и глава 3 (совместно с С.Ю. Баласаняном);

кандидатом физ.-мат. наук, доцентом, член-корр. Инженерной Академии Армении В.С. Амирбекияном – отдельные параграфы во всех главах.

*Настоящее издание доработанного учебника осуществлено при финансовой поддержке фонда «Евразия» за счет средств, предоставленных Агентством по международному развитию США. Точка зрения, отраженная в данном учебнике, может не совпадать с точкой зрения Агентства или фонда «Евразия».*

## Введение

Природа испокон веков напоминает людям о своем могуществе и о том, что человек – это всего лишь ее часть, которая должна жить в согласии со всем остальным миром.

Одно из грозных и весьма опасных явлений, с которым сталкиваются многие люди, это землетрясение. Таким образом, землетрясения – важная составляющая часть окружающей нас среды. По мнению известного ученого Дж. А. Эйби, ни один район земного шара нельзя считать полностью сейсмически пассивным.

Изучением землетрясений занимается молодая наука – сейсмология. Сейсмология, в свою очередь, это часть более широкой науки – геофизики, возникшей как связующее звено на стыке двух более старых наук – геологии и физики. Геология занимается всесторонним описательным изучением Земли. Физика изучает материю во всех ее формах. В сферу действия геофизики попадают разделы геологии, связанные с физическими измерениями и анализом, и разделы физики, изучающие Землю и ее атмосферу.

В отличие от многих других явлений изучение землетрясений имеет два аспекта – научный и социальный. Научным, как мы уже говорили, занимается сейсмология. А социальным – сейсмическая защита. Понятие «сейсмическая защита», которое сегодня широко принято в международной практике, впервые было введено С.Ю. Баласаняном в 1991 г. после катастрофического Спитакского землетрясения. Сейсмическая защита – это совокупность политических, правовых, социальных, экономических, образовательных, организационных, научных, инженерно-технических и других специальных действий, направленных на обеспечение безопасности и устойчивого развития общества и государства.

Таким образом, сейсмология изучает землетрясение как природное явление, а сейсмическая защита – как угрозу обществу и государству.

*Представленная книга, первая в своем роде, посвящена вопросам сейсмической защиты и направлена на повышение осведомленности населения в области сейсмической опасности и риска, а также того, как защититься от землетрясений.*

«Вначале я почувствовал резкий удар и на секунду потерял равновесие. После этого почувствовал движение почвы, а потом – второй, более сильный удар. После нескольких секунд тряски начались покачивания и колыхания, словно в лодке на волнах, покачивание длилось, пока не кончилось землетрясение. Все это время раздавался гул», – так описывают американские ученые Дж. Гир и Х. Шах подлинными ощущения, испытываемые человеком при землетрясении умеренной силы.

В 1835 г. свидетель сильного землетрясения в районе Чили Чарльз Дарвин писал: «Жестокое землетрясение в одно мгновение разрушает давно сложившиеся представления: сама Земля, это воплощение всего твердого, качалась под нашими

ногами, как легкая корка на воде».

Описания очевидцев, особенно сильных землетрясений, имеют много сходных черт и в то же время сильно зависят от местонахождения человека во время землетрясения и его индивидуальных особенностей: характера, места проживания, рода деятельности, опыта встреч с землетрясениями, потерями, которые он понес, состояния, в котором находился до землетрясения, и, даже, национальности. В Армении нами записаны сотни различных ощущений людей, находившихся на одном и том же и разных расстояниях от эпицентра катастрофического Спитакского землетрясения 1988 года.

Вероятность того, что вам когда-нибудь придется испытать на себе землетрясение и в самом деле довольно велика. С большинством людей это случается несколько раз в их жизни, и для многих встреча с землетрясением является достаточно серьезным испытанием. В среднем на Земле 1 человек из каждых 8000 погибает при землетрясении, и вдесятеро больше за свою жизнь так или иначе страдают от землетрясения. Армения, в отличие от других стран, полностью расположена в зоне высокой сейсмической опасности, и, следовательно, разрушительные землетрясения переживает каждое поколение.

Что может случиться с вами во время землетрясения зависит от того, насколько далеко вы находитесь от очага землетрясения, от продолжительности сотрясений, от качества конструкций здания, в котором вы находитесь, от свойств фундамента и грунта под этим зданием, от ваших знаний, что нужно делать при землетрясении в зависимости от того, где вы находитесь, от действий муниципальных служб и органов госуправления, а также от многих других факторов, о которых вы узнаете из следующих разделов этой книги.

В развитых странах, таких как США, большинство людей живет в деревянных щитовых домах или в современных многоэтажных зданиях, построенных с учетом строгих норм сейсмостойкого строительства. В связи с этим, наиболее безопасным местом при землетрясении является ваш дом, крепкий и надежный. А наиболее безопасное время – ночь, когда вы в самом надежном месте – у себя дома, где нет тяжелых механизмов, оборудования, обстановки или автомашин, способных обрушиться на вас или задавить.

В развивающихся странах преобладают дома из местных материалов построенные в сельских местностях самими жителями, без всяких инженерных норм, а в городах – инженерами, без адекватных норм сейсмостойкого строительства. В этом случае самым ненадежным местом является ваш дом, а самое опасное время – ночное.

В 1976 г. в Гватемале произошло сильное землетрясение в 3 часа ночи – погибло 23 тыс. человек. В том же 1976 году землетрясение в Китае в 3 часа 42 минуты ночи погубило 242 тыс. человек, сравнив с землей город Таншань. В отличие от этого, никто не погиб в своем доме во время землетрясения в Сан-Фернандо (1971, Калифорния, США), которое произошло в 6 часов утра. Многие дома были серьезно повреждены, но не рухнули, защитив тем самым своих жителей.

У читателя может возникнуть распространённое впечатление, что в деле сейсмической защиты главным являются хорошие здания и сооружения. Это

действительно так, но это только видимая вершина айсберга системы сейсмической защиты. Это то следствие, к которому должна привести правильная государственная политика в этой сфере. Никто не начнет хорошо строить, если проблема сейсмической защиты вне государственной политики и вне пристального внимания всего общества.

Главная проблема заключается в противоречии между временем деятельности политика на государственном посту (обычно до 5 лет) и долгосрочным процессом создания системы сейсмической защиты, (десятки лет), следствием которого являются надежные здания и сооружения. За 5 лет пребывания на ответственном посту многие политики предпочитают решать оперативные задачи, видимые для избирателей. А создание системы сейсмической защиты – это невидимый для плохо осведомленного, утомленного повседневными заботами человека, длительный процесс, особенно для экономически слабой, развивающейся страны. И здесь выход, на наш взгляд, один – повышение осведомленности общества о неизбежности следующего сильного землетрясения и о необходимости длительных по времени, хорошо продуманных, заблаговременных действий, направленных на предотвращение массовых жертв и разрушений, так как только осведомленное общество способно активно воздействовать на формирование государственной политики в области снижения опасности сейсмических катастроф и ее ежедневную последовательную реализацию на протяжении десятилетий.

После Спитакского землетрясения, начиная с 1991 г., по инициативе и под руководством проф. С.Ю. Баласаняна, в Армении начался процесс создания государственной системы сейсмической защиты: в 1991 г. была разработана и утверждена концепция сейсмической защиты Армении, в том же 1991 г. была создана Национальная служба сейсмической защиты (НССЗ) при Правительстве РА, как орган госуправления, ответственный за разработку государственной политики в сфере сейсмической защиты и ее реализацию, путем координации действий всех министерств и ведомств, общественных и частных организаций. В 1999 г. были разработаны и утверждены две долгосрочные государственные программы по снижению сейсмического риска на территории Армении и г. Еревана (постановление Правительства РА, № 499 от 10 июня 1999г. и № 392 от 7 июня 1999г.); в 2002 г. был разработан проект закона о сейсмической защите РА, принятый Парламентом РА в июне 2002 года.

В 1998 году НССЗ при Правительстве РА была признана лучшей в Европе и мировым финалистом в области предотвращения катастроф в рамках самой престижной мировой премии ООН-Сасакава. Армянская система сейсмической защиты была признана ООН передовой моделью XXI века и рекомендована к широкому использованию, особенно в развивающихся странах с ограниченными экономическими ресурсами.

Идея объединенного поли- и интердисциплинарного подхода к проблеме защиты населения от сильных землетрясений, реализованная в Армении в период с 1991-2002 гг., привлекла внимание и стала поэтапно использоваться даже в таких странах, как Япония и Китай.

## Глава 1.

# Общие сведения о землетрясениях и сейсмичности Земли

В главе 1 рассмотрены основы сейсмологии, как науки о землетрясениях, одновременно являющиеся и основой понимания землетрясений, как угрозы людям, что необходимо для введения в область знаний называемую *сейсмической защитой*.

### 1.1 Землетрясение – как угроза

Ежедневно в мире происходят сотни катастроф природного и техногенного характера, от них гибнут и получают ранения сотни тысяч людей. Миллионы находятся в состоянии стресса, несут огромный материальный и моральный ущерб. Государства испытывают социальные потрясения и несут огромные финансово-экономические убытки, которые особенно разрушительны для развивающихся стран.

Среди других сейсмические катастрофы занимают особое место. По данным ООН (Living with risk, 2002), они составляют около 51% от общего числа природных катаклизмов и доминируют в ряду всех видов катастроф (рис. 1.1(1)). При этом масштабы катастроф и их частота прямо связаны с численностью населения и степенью экономической развитости государства. Именно в силу этого развивающиеся страны, такие как Армения, – наиболее уязвимая часть мирового сообщества, а Азия – наиболее уязвимый континент (рис. 1.1(2)). Вторая особенность – сильные землетрясения периодически повторяются в одних и тех же местах, и следовательно, каждый день, отделяющий нас от прошлого землетрясения, приближает к следующему сильному землетрясению. Третья особенность – сильное землетрясение длится около минуты и за это время трудно предпринять какие-либо широкомасштабные контрмеры (таблица 1.1(1)). Именно поэтому количество жертв при землетрясении, особенно среди неосведомленного и неподготовленного населения, достигает максимальных величин (таблица 1.1(2)). Исходя из этого, все меры по защите населения должны быть предприняты государством до землетрясения и должны быть направлены на предотвращение катастрофы. Четвертая особенность – землетрясения представляют собой комплексную опасность, которая способна спровоцировать многие из других видов природных и техногенных катастроф. В таблице 1.1(3) приведены виды опасностей, которые могут быть вызваны землетрясением.



Рис. 1.1(1) Процентное соотношение видов 4.5 млн. природных катастроф, происшедших в XX веке. (Living with risk, 2002)

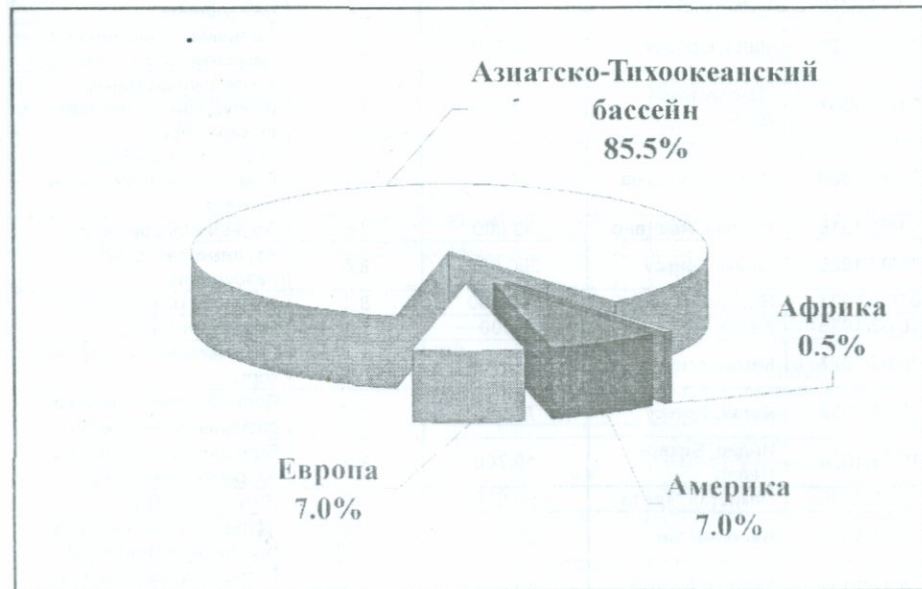


Рис. 1.1(2) Распределение 4.5 млн. природных катастроф XX века по континентам. (Living with risk, 2002)

**Таблица 1.1(1)** Ежегодное количество землетрясений на Земле и некоторые другие статистические данные (по данным Геологической службы США, 2001)

Магнитуда	Среднее годовое число землетрясений	Длительность сильных колебаний (в сек)	Радиус зоны сильных колебаний (в км)
8,5-8,9	0,3	30-90	80-160
8,0-8,4	1		
7,5-7,9	3	20-50	50-120
7,0-7,4	15		
6,5-6,9	55		
6,0-6,4	200	10-30	20-80
5,0-5,9	900		
4,0-4,9	8000	до-5	0-15

**Таблица 1.1(2)** Землетрясения XX века с количеством жертв более 5000 человек (по данным Национального центра информации о землетрясениях США)

Время	Место	Количество жертв	Магнитуда	Дополнительные сведения
1	2	3	4	5
16/02/1902	Узбекистан	4,800	6.4	Большие разрушения
04/04/1905	Индия, Кангра	19,000	7.5	Крупномасштабные разрушения
17/08/1906	Чили, Сантьяго	20,000	8.1	Большие разрушения и разрывы земной коры
21/10/1907	Центральная Азия	12,000	7.2	Крупномасштабные разрушения и разрывы земной коры
28/12/1908	Италия, Месина	100,000	7.5	Крупномасштабные разрушения в Месине и цунами
13/01/1915	Италия, Авецано	30,000	7.5	Большие разрушения
16/02/1920	Китай, Ганьсу	200,000	8.6	Крупные разломы, разрушения
01/09/1923	Япония, Токио	143,000	8.2	Большой пожар Токио
16/03/1925	Китай, Юннань	5,000	7.1	Разрушен Талиф
22/05/1927	Китай, Ксинин	200,000	7.9	Крупные разломы земной коры
25/12/1932	Китай, Ганьсу	70,000	7.7	Большие разрушения и разрывы земной коры
15/01/1934	Индия, Бихар-Непал	10,700	8.3	Большие разрушения и разрывы земной коры
30/05/1935	Пакистан, Квета	60,000	7.6	Разрушена Квета
25/01/1939	Чили, Чилан	28,000	7.8	Большие разрушения и разрывы земной коры
26/12/1939	Турция, Ерзнка	30,000	7.8	Большие разрушения и разрывы земной коры
23/01/1948	Япония, Фукуи	5,400	7.3	Большие разрушения и разрывы земной коры

3	4	5
>40,000	7.3	Разрушен Ашхабад
>25,000	7.5	Большие разрушения в эпицентральной зоне
6,000	6.8	Большие разрушения
15,000	5.9	Мелкие разрушения
5000	8.5	Цунами, вулканическая активность
12,230	7.3	Большие разрушения и разрывы земной коры
20,000	7.1	Большие разрушения и разрывы земной коры
10,000	7.3	Большие разрушения и разрывы земной коры
66,000	7.6	Крупные разрушения скал, наводнения, разрушения
5,000	7.1	Большие разрушения и разрывы земной коры
5,000	6.2	Большие разрушения и разрывы земной коры
23,000	7.5	Большие разрушения и разрывы земной коры
9,000	7.1	Большие разрушения и разрывы земной коры
242,000 (по официальным данным)	7.8	По другим данным число жертв превышает 655,000
8,000	7.8	Большие разрушения и разрывы земной коры
5,000	7.1	Большие разрушения и разрывы земной коры
15,000	7.2	Большие разрушения и разрывы земной коры
9,500 (по официальным данным)	8.1	По другим данным число жертв превышает 30,000
25,000	7.0	Широкомасштабные разрушения в эпицентральной зоне
50,000	7.7	Большие разрушения и разрывы земной коры
9,748	6.3	Большие разрушения и разрывы земной коры
5,502	6.9	Пожары, вызванные землетрясением, сгорели старинные деревянные постройки
>4,500	6.1	Большие разрушения и разрывы земной коры
5,000	6.9	Большие разрушения и разрывы земной коры
17,000	7.4	Большие разрушения и разрывы земной коры

Таблица 1.1(3) Основные виды опасных последствий землетрясений (Гур и Шах, 1988)

*Природные*

Сотрясения грунта  
Нарушения грунта (трещины и смещения)  
Оползни, лавины, сели  
Разжижение грунта  
Оседание грунта  
Цунами  
Сейши

*Связанные с человеческой деятельностью*

Разрушения или обрушения зданий, мостов и других сооружений  
Наводнения при прорывах плотин и водоводов  
Пожары при повреждениях нефтехранилищ и разрывах газопроводов  
Падение и опрокидывание предметов внутри и вне зданий  
Повреждение транспортных средств, коммуникаций, линий энерго- и водоснабжения, а также канализационных труб  
Радиоактивные утечки из ядерных реакторов

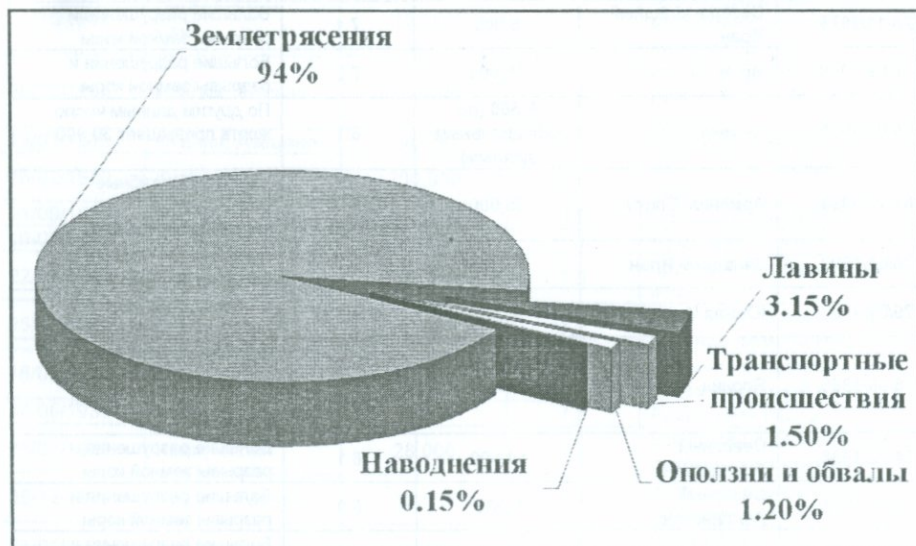


Рис. 1.1(3) Потери Армении от различных видов катастроф. (Balassanian, 1999)

Так, в Перу 31 мая 1970 г. произошло сильное землетрясение, очаг которого находился в Тихом океане, в 25 км от побережья, недалеко от города Чимботе. Высоко на склоне горы Уаскаран, примерно в 130 км от очага землетрясения, сотрясения расшатали скалы и лед, образовав гигантский оползень, а точнее, каменно-ледяную лавину. Несясь вниз по склону, набирая скорость и увеличивая свою массу, лавина быстро приобрела гигантские размеры. Она промчалась со скоростью более 200 км/ч вниз по долине, забивая ее обломками скал, льдом и грязью и частично разрушив городок Ранранхирка, расположенный на расстоянии 12 км от горы. Часть лавины свернула в сторону, перевалила через высокий гребень и с ревом пронеслась через городок Юнчай. Городок был полностью уничтожен; лишь немногие его жители смогли спастись на высоких местах. Высота лавины превышала 30 м. Только в двух указанных городах погибло более 18 тыс. человек, а в целом от одной этой лавины – 25 тыс. Многочисленные оползни, вызванные землетрясением, довели общую цифру потерь – до 67 тыс. погибших и 800 тыс. оставшихся без крова.

Армения – страна, расположенная в зоне действия многих природных и техногенных опасностей. Проведенный анализ различных видов катастроф на территории Армении показывает, что 94% потерь от всех видов катастроф связаны с сильными землетрясениями (рис. 1.1(3)). Достаточно отметить, что практически все исторические столицы Армении разрушались сильными землетрясениями, в том числе и сегодняшняя столица Ереван, обращенный в руины в 1679 г. при Гарнийском землетрясении.

Чтобы представить трагические масштабы прошлых сейсмических катастроф Армении, достаточно вспомнить, что при Двинском землетрясении 893 г. погибло около 120 тыс. человек (это 4% всего населения современной Армении). Современное поколение пережило Спитакскую трагедию 1988 г., когда погибло 25 тыс. человек и около 500 тыс. осталось без крова. Спитакская трагедия, по данным Азиатского центра по снижению опасности катастроф (ADRC, 2000), является самой большой катастрофой XX века по численности жертв на душу населения.

В 1994 г. под руководством С. Ю. Баласаняна была выполнена первая в Армении работа по сейсмическому риску (Balassanian, Manukyan, 1994). В ней показано, что при повторении такого землетрясения, как Гарнийское землетрясение 1679 г., согласно закону повторяемости землетрясений, количество жертв в Ереване может достичь 300 тыс. человек! Учитывая, что в Ереване проживает почти 50% населения республики и сосредоточены, как в столице, все органы государственного управления, нетрудно представить, что следующее сильное сейсмическое событие может вылиться в национальную катастрофу.

Другой опасной особенностью Армении является то, что даже слабые землетрясения, которые не должны, согласно мировой статистике, приводить к потерям, в Армении могут вызвать массовые повреждения зданий и сооружений. Так произошло, к примеру, при Ноемберянском землетрясении 1997 года. В результате, государство, и так находящееся в тяжелом экономическом положении, понесло ущерб более чем в 33 млн. долларов США, а население, эвакуированное из поврежденных жилых домов, вернулось обратно, залатав трещины в домах, надеясь на то, что больше землетрясений не будет..., вопреки неумолимому закону повторяемости землетрясений.

## Ранние представления

Люди всегда испытывали страх перед землетрясениями. На каждом этапе развития человеческого общества выдвигались свои объяснения этому грозному природному явлению. К примеру, согласно древней японской легенде, Японские острова держатся на спине огромного сома, движения которого заставляют Землю содрогаться. В некоторых странах Азии сотрясения Земли связывались с прыжками гигантской лягушки, в Индии – с движениями гигантского крота, в Китае – с подпиранием землёй быком. Индейцы Северной Америки говорили, что Землю несет на себе гигантская черепаха и Земля вздрагивает каждый раз, когда черепаха переваливается с лапы на лапу. В эпоху древней Греции большое воздействие на представления о «подземном мире» оказали извержения вулканов в Средиземном и Эгейском морях. Тогда родились легенды об огромных подземных пещерах, в которых дуют свирепые ветры, перемещаются массы сернистых газов, нередко вызывая неистовые сотрясения почвы.

Землетрясение часто рассматривали как наказание, ниспосланное рассерженными богами. В греческой мифологии землетрясение вызывает разъяренный Посейдон, владыка морей. Нептун, его аналог в римских мифах, мог не только вселять страх в людей, вызывая землетрясение, но и посылать на Землю потопы, а на берега огромные волны.

В Европе XVIII века духовенство пыталось привить людям моралистический взгляд на землетрясения. Вот что писала одна из лондонских газет в 1752: «Землетрясения обычно случаются в больших городах. Карающий бич направлен туда, где есть жители, т.е. цель для предостережения, а не на голые утесы и необитаемые берега».

Широкоизвестное из многих описаний Лиссабонское землетрясение 1755 г. произошло в знаменательный день – День Всех Святых. Серия сильных толчков, гигантские морские волны, вызванные землетрясением и обрушившиеся на набережную, застали людей молящимися в церквях. На глазах у сотен тысяч жителей города рушились дома и полыхал огонь, гибли люди. «Наказание за грехи» – так комментировали верующие разразившуюся катастрофу.

На рис. 1.1(4) приведена известная гравюра Давида Герлибергера 1756г., изображающая Лиссабон до (рис. 1.1(4а)) и после (рис. 1.1(4б)) землетрясения 1755г.

Другой уникальный случай произошел 31 мая 1970 г. во время разрушительного перуанского землетрясения, когда сильный подземный толчок превратил в руины г. Юнчай, над которым осталась возвышаться статуя Христа (рис. 1.1(5)).

Невольно вспоминаются слова из Библии «... а теперь пришло время собирать камни», – как расплата за беспечность, безответственность, безнравственность, пренебрежение законами мироустройства.

## Строение Земли

В XIX веке, с развитием сейсмологии – науки о землетрясениях, стало возможным получить достаточно точные представления о строении нашей



A. Zar Schloß.  
B. Königl. Palast.  
C. Patrial Kirche.

Perpectivische und  
D. Erntz on Belast.  
E. alte Patrial Kirch.  
F. Dominicaner Kloster.

Exacte Abbildung der  
G. Carmeliter.  
H. J. C. Dreifaltigkeit.  
I. S. Vincenz.

Mächtig = und  
K. S. Anton.  
L. S. Roque.

Prächtigen Stadt LISABON.  
N. W. Frauen v. Loreto.  
O. der Wegnach Belem.

Q. Pack Käufer.  
R. Prof. Klaus doer EP. Sec. Iesu.  
P. Indianisch Kauff.



LISABON, oder Ruinen dieser Mächtig, und Prächig gewesenen Stadt, wie Selbige den 1. November 1755. an dem Fort All = Nul =  
ligen durch eine erschrockliche Erd = Erschütterung ausgeleget und sich in Gröstem Jammer besunden hat, nach denen von da =  
nahen erhaltenen Schreiben, exact Abgebildet. LISABON war, wie hier vor Augen ligt, den 1. Nov. 1755. am Morgen Erchtigt, am Abend aber er =  
schrocklichst, anzusehen. Weil wegen diesem, nach nie also erlebten Ungluck, die Zeitnar viele Freyliche Kawel = Neden und andre Schriften =  
in gebundner und ungebundner Rede, in dem Truck, erschinen sind, so können diese Vorstellungen zu einchen derselben wohl dienen.

Рис. 1.1(4) Гравюра Давида Герлибергера 1756., изображающая Лиссабон до и после разрушительного землетрясения 1755г.



*Рис. 1.1(5) Статуя Христа над руинами Перуанского города Юнчай, после землетрясения 31 мая, 1970г. (Фото Геологической службы США)*

планеты, а это, в свою очередь, позволило объяснить причину землетрясений.

Перелом в ранее неразрешенном споре о строении Земли наступил в начале нынешнего столетия, что и ознаменовало собой начало сейсмологической эры. В медицине рентгеновские лучи проходят сквозь человеческое тело и на фотопленке возникает рисунок из черных и белых тонов, характеризующих внутреннюю структуру тела. Нечто подобное наблюдается при землетрясении, когда сейсмические волны проходят сквозь тело Земли, неся информацию о среде,

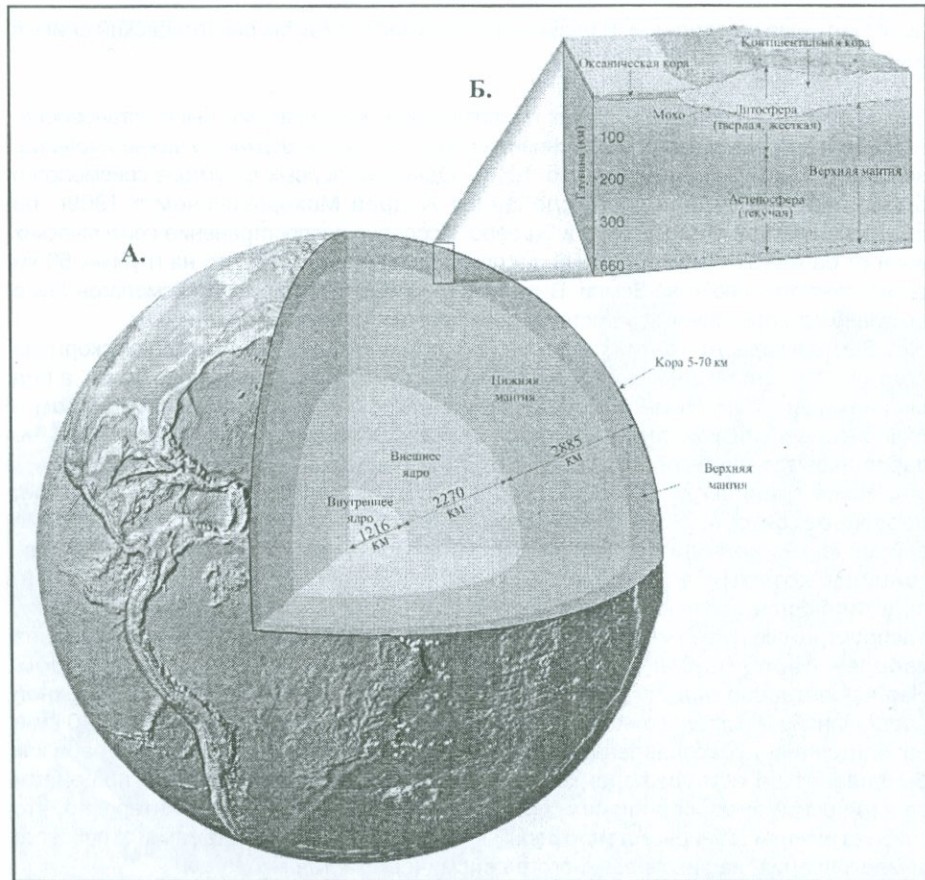
через которую они прошли. В результате получается как бы рентгеновский снимок нашей планеты.

С помощью геологии и других геофизических исследований было установлено, что Земля состоит из нескольких основных оболочек – *коры, верхней и нижней мантии, внешнего и внутреннего ядра* (рис. 1.1(6)). Одним из первых триумфов сейсмологии было открытие земной коры, сделанное Андреа Мохоровичичем в 1909г. на сейсмологической обсерватории в Загребе. Исследуя распространение сейсмических волн от балканских землетрясений, он пришел к выводу о том, что на глубине 50 км резко меняются свойства Земли. В дальнейшем работами других сейсмологов было доказано, что эта граница существует повсеместно, но на разных глубинах.

Земная кора это тонкий твердый слой, покрывающий Землю так, как скорлупа покрывает яйцо. Мощность земной коры на континентах меняется до 70 км, а под океанами до 5 км. Земная кора сложена относительно легким материалом с относительно низкой температурой. Нижняя граница земной коры в честь ее первооткрывателя была названа границей Мохоровичича или, кратко, *Мохо*.

Ниже границы *Мохо*, т.е. ниже земной коры, вплоть до границы ядра, простирается оболочка, названная мантией Земли. Подробное изучение сейсмических волн позволило разделить мантию еще на несколько оболочек, границы которых достаточно размыты. Самая верхняя часть мантии, подстилающая земную кору, представляет собой тонкую твердую оболочку, распространяющуюся от границы *Мохо* на глубину до 80-100 км. Эта верхняя твердая оболочка мантии вместе с земной корой названа *литосферой*. Непосредственно под литосферой выделяется еще один тонкий слой верхней части мантии – *астеносфера*. Астеносфера простирается на глубину до 640 км и находится в полурасплавленном состоянии. В результате твердая литосфера как бы плавает на астеносфере, которая характеризуется сильным поглощением сейсмической энергии и низкими скоростями сейсмических волн. Интересно, что глубина нижней границы астеносферы – 640 км – близка к глубине самого глубокого землетрясения, зафиксированного в сейсмически активных зонах.

Подкорковая литосфера совместно с астеносферой названы *верхней мантией*. Физические свойства вещества верхней мантии меняются от места к месту, что тесно связано с динамическими геофизическими процессами, вызывающими изменения тектоники и рельефа на поверхности земного шара. Глубже верхней мантии, от 660 км до 2780 км, залегает мощный слой нижней мантии средней плотности. Между нижней мантией и ядром находится приблизительно стоклометровая переходная зона (2780-2885 км). Несмотря на свои небольшие размеры, она занимает значительное место в теориях конвекции вещества мантии и существенно влияет на оценку температуры в глубинах Земли. В модели перемешивания мантии путем медленной конвекции эта зона представляет собой неподвижный слой на дне огромной «кастрюли», через который осуществляется мощная передача тепла путем теплопроводности от «горячей плиты» - земного ядра. Продвигаясь глубже к центру Земли, мы подходим к огромному по размерам жидкому внешнему ядру земли от 2885 км до 4590 км. Его жидкое состояние впервые установлено Гарольдом Джеффрисом, профессором



**Рис. 1.1(6)** Строение Земли. А. Внутреннее ядро, внешнее ядро, а также нижняя и верхняя мантия изображены в масштабе, но толщина коры увеличена примерно в 5 раз. Б. Вырезка внешней оболочки Земли. На ней показаны два вида земной коры (океаническая и континентальная), твердая литосфера и полурасплавленная астеносфера. (Tarbuck and Lutgens, 1999)

состояние значительной части ядра является безальтернативным ключом к современному объяснению геомагнитного поля Земли. Суть объяснения в том, что магнетизм порождается электрическими токами, циркулирующими внутри Земли и генерируемыми гидродинамическими движениями проводящей жидкости в ядре.

В 1936 г. датским сейсмологом Инге Леманн было открыто внутреннее ядро Земли, которое отделено от внешнего ядра переходной зоной (4590-5155 км) и распространяется от отметки 5155 км до центра Земли – 6371 км. По мере приближения к центру Земли температура, давление и плотность вещества Земли возрастают. В центре температура примерно равно 4200°C, давление в 3.6 млн.

возрастают. В центре температура примерно равно  $4200^{\circ}\text{C}$ , давление в 3.6 млн. раз выше атмосферного, а плотность в 13 раз больше плотности воды. Большая часть центрального ядра состоит из железа.

### Тектоника плит и причина возникновения землетрясений

Причины возникновения землетрясений тесно связаны с *тектоникой плит*, а тектоника плит с непрерывным развитием и изменением Земли как динамической системы.

Твердая кора, океаны и даже воздух, которым мы дышим, образовались из вещества мантии, поднявшегося к поверхности и охладившегося. Этот процесс непрерывен. Он продолжается и сегодня. Конвективные потоки, возникающие в пластическом веществе мантии, вследствие разницы температур ее нижних и верхних частей, в сочетании с динамическими эффектами вращения Земли, действуют как мотор, приводящий в движение твердые плиты, на которые разбита литосфера. Да, литосфера неоднородна, она раздроблена на непрерывно медленно (со скоростью нескольких сантиметров в год) перемещающиеся плиты, которые взаимодействуют друг с другом по всему фронту своих границ (рис. 1.1(7а)). Существуют три типа взаимодействия на границах плит: *дивергенция*

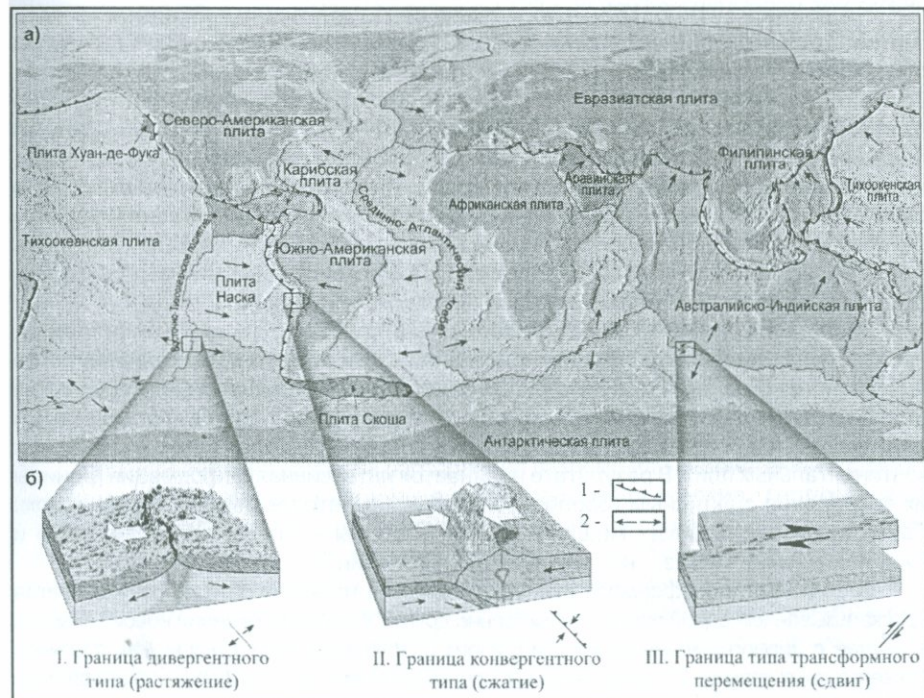


Рис. 1.1(7а,б) Схема литосферных плит земного шара (а) и типы основных взаимодействий на границах плит (б): (Tarbuck and Lutgens, 1999).

1-границы литосферных плит; 2- направление передвижений плит.

(растяжение), *конвергенция* (сжатие) и *трансформное* перемещение (сдвиг) (рис. 1.1(76)). В результате, на границах плит возникают землетрясения, извержения вулканов, горообразование.

Дивергенция, т.е. растяжение, происходит на границах плит под океанами, т.к. именно здесь литосферные плиты имеют минимальную мощность и, следовательно, их границы наиболее проницаемы для расплавленного магматического вещества, вдавливаемого мантийным «мотором» из астеносферы в пограничную зону. Растяжение границы плит, в свою очередь, инициирует внедрение расплавленного вещества мантии в раздвинутую зону, где, медленно остывая, она формирует новую океаническую кору, со скоростью 5 см в год. Это явление называется *спредингом* (разрастанием) океанического дна. Спрединг сопровождается землетрясениями и извержениями вулканов. Большинство дивергентных границ ассоциировано со срединно-океаническими горными хребтами, представляющими собой внедренную из астеносферы остывшую магму.

Формирование новой океанической коры сопровождается разрушением старой, в результате чего возникают землетрясения, вулканы, горообразование. Разрушение старой земной коры происходит на границах столкновения (*коллизии*) плит. Эти границы называются конвергентными, т.е. сжимающимися.

На конвергентных границах может быть коллизия – океанической и континентальной плит, двух океанических или двух континентальных плит. При столкновении океанической плиты с континентальной океаническая плита, как более тонкая и гибкая, начинает погружаться под более мощную континентальную плиту. Это явление называется *субдукцией*. Субдукция сопровождается формированием океанической впадины и разрушением старой океанической коры, погруженной в расплавленную астеносферу. Погружение океанической коры, в свою очередь, приводит к выдавливанию расплавленного вещества астеносферы (*магмы*) к дневной поверхности, вызывая активную вулканическую деятельность и землетрясения на дне океана, с формированием вулканических островных арк (дуг). Так, к примеру, возникли острова Японии и Филиппины.

В случае коллизии двух континентальных плит, до их столкновения, происходит отделение одной континентальной части от другой и заполнение этого пространства океаном. После этого, при сближении отделенных континентальных плит, разделяющая их океаническая кора погружается под один из континентов и разрушается до тех пор, пока не произойдет «лобовая» коллизия двух континентальных плит. В результате начинается интенсивная деформация границы их соударения с активным горообразованием, землетрясениями и вулканизмом. Так, к примеру, возникли мощные горные системы – Альпы в Европе, Урал и Гималаи в Азии, Кавказ – на границе Европы и Азии.

Третий вид, трансформное взаимодействие на границах плит, характеризуется проскальзыванием одной плиты относительно другой, без формирования новой коры, как в случае с дивергентными границами, и без разрушения старой коры, как в случае конвергентных границ. Проскальзывание происходит импульсно. Сперва сдвигающиеся плиты зацепляются одна за другую по неровной границе их раздела. В точке зацепления напряжения растут до некоторого предельного уровня, после которого, под действием тангенциально действующих сил, происходит разрушение горных пород в зоне зацепа и

относительная подвижка плит, сопровождаемая землетрясением. Классической трансформной границей является гигантский разлом Сан-Андреас в Калифорнии, в США.

Границы литосферных плит ограничены глубинными разломами.

### **Разломы земной коры и типы движения по ним**

В предыдущем разделе мы рассмотрели общую связь землетрясений с физико-геологическим развитием Земли. Теперь посмотрим, каким образом медленное накопление деформаций земной коры на границах литосферных плит, а в некоторых случаях и вне их (межплитовые землетрясения) переходит во внезапный сейсмический разрыв земной коры – землетрясение.

Под действием движения литосферных плит, со скоростью нескольких, а иногда и нескольких десятков сантиметров в год, по границам их раздела, а также в некоторых случаях внутри плит, в течение десятилетий, а иногда и столетий, накапливаются упругие деформации. Этот процесс длится до тех пор, пока упругая деформация горных пород не доходит до некоторого предельного уровня, после которого наступает разрыв и разрушение породы, сопровождаемое сотрясениями Земли, т.е. землетрясением. Разрыв горных пород обычно начинается с наиболее ослабленной точки и с определенной скоростью распространяется по всей зоне предельных деформаций, образуя так называемый *разрыв* (или разлом) земной коры. Обычно, чем больше разлом, тем сильнее землетрясение. Таким образом, разлом земной коры в том или ином регионе может образоваться под действием сжимающих, растягивающих или сдвигающих сил, возникающих в результате относительных движений литосферных плит.

Разломы, обнаруживаемые геологами на поверхности Земли, делятся на *неактивные* и *активные*, в зависимости от времени их образования и времени последнего смещения по ним.

Последняя подвижка по неактивному разлому могла произойти миллионы и даже сотни миллионов лет тому назад. Такие разломы, которые в течение длительного времени бывают «залечены» химическими процессами и циркуляцией воды, в особенности на глубине, чаще всего не становятся источниками новых землетрясений, хотя, разумеется, полностью исключить возможность их активизации в будущем никогда нельзя.

Активными называются разломы, которые образовались или по которым происходили подвижки за последние 100000 лет, т.е. за четвертичный период, который по современным представлениям продолжается и в наше время.

Для определения возраста образования разлома или сейсмогенных подвижек по нему используются различные палеосейсмологические, геологические, геоморфологические методы, основанные на определении возраста смещения: по возрасту и свойствам смещенных пород; или по известному возрасту захороненного органического материала – к примеру, листьев или веток; или по таким следам, оставленным на рельефе местности, испытавшей землетрясение, как депрессионные озера, линии родников, свежие сейсмогенные уступы, изменение русел потоков, смещение террас и др.

Геологи, изучающие изменения земной поверхности в результате сейсмических событий, заметили, что сильные неглубокие землетрясения сопровождаются появлением новых разломов на поверхности земли или

возобновлением движения по старым разломам.

Впервые явление образования новых разломов было описано в 1819г. после сильного землетрясения вблизи современной границы между Индией и Пакистаном, в результате которого погибло примерно 1500 человек, а на прибрежном солончаке Качский Ранн образовался уступ высотой 3 м. Этот новообразованный разлом получил название Аллах-Бунд («Божья плотина») за сходство с дамбами, построенными местным правителем для ирригации.

Поскольку каждый разлом представляет собой поверхность скольжения внутри Земли, то тип относительного движения крыльев (противоположных сторон) разлома будет зависеть от характера действующих в зоне разлома сил – растяжение, сжатие или сдвиг (рис. 1.1(8а)). При деформации сдвига по разлому произойдет *право- или левосторонний сдвиг*, в зависимости от направления приложенных к крыльям разлома горизонтальных сил (рис.1.1(8 б, в)). В случае деформации растяжения по разлому произойдет *сброс*, т.е. перемещение вниз по плоскости разлома вышележащего блока по отношению к нижележащему (рис. 1.1(8г)). Это произойдет тогда, когда силы деформации растяжения превзойдут силы трения, удерживающие крылья разлома в равновесном состоянии. При деформации сжатия по разлому произойдет *взброс*, т.е. перемещение вверх по плоскости разлома вышележащего блока по отношению к нижележащему (рис. 1.1(8д)). Часто движения крыльев разлома носят комбинированный характер, к примеру, *взбросо-сдвиг*, и др. (рис. 1.1(8е)).

В большинстве случаев образующиеся разломы, сопровождающиеся землетрясениями, не достигают дневной поверхности и поэтому их нельзя увидеть. Длина известных разломов вышедших на поверхность колеблется от нескольких метров до сотен километров.

Изучение процесса разломообразования – путем сейсмологических наблюдений, математического и физического моделирования, а также сеймотектонических исследований – привело к выводу о том, что мощные глубинные разломы могут распространяться от поверхности Земли до мантии. Наличие же очагов землетрясений на глубинах до 640км свидетельствует о возникновении разрывов и подвижек по ним и на этих глубинах. Несмотря на то, что до сих пор существуют гипотезы о различных механизмах землетрясений на разных глубинах, факт остается фактом – все записи землетрясений имеют похожий вид, а их очаги сосредоточены в одних и тех же районах мира. Что касается нижней границы разломообразования, то она действительно должна существовать, так как с глубиной возрастают температура и давление. Рост давления означает, что *соответствующим образом возрастает сила трения*, препятствующая движениям по разломам и, следовательно, препятствующая новому разломообразованию. В то же время рост температуры облегчает деформации и течение пород. Это означает, что при недостаточной их жесткости в них не может накопиться энергия упругого напряжения, достаточная для преодоления силы трения. Таким образом, высокие температуры, как и высокие давления, препятствуют образованию разломов на больших глубинах.

## Виды землетрясений и сейсмические пояса Земли

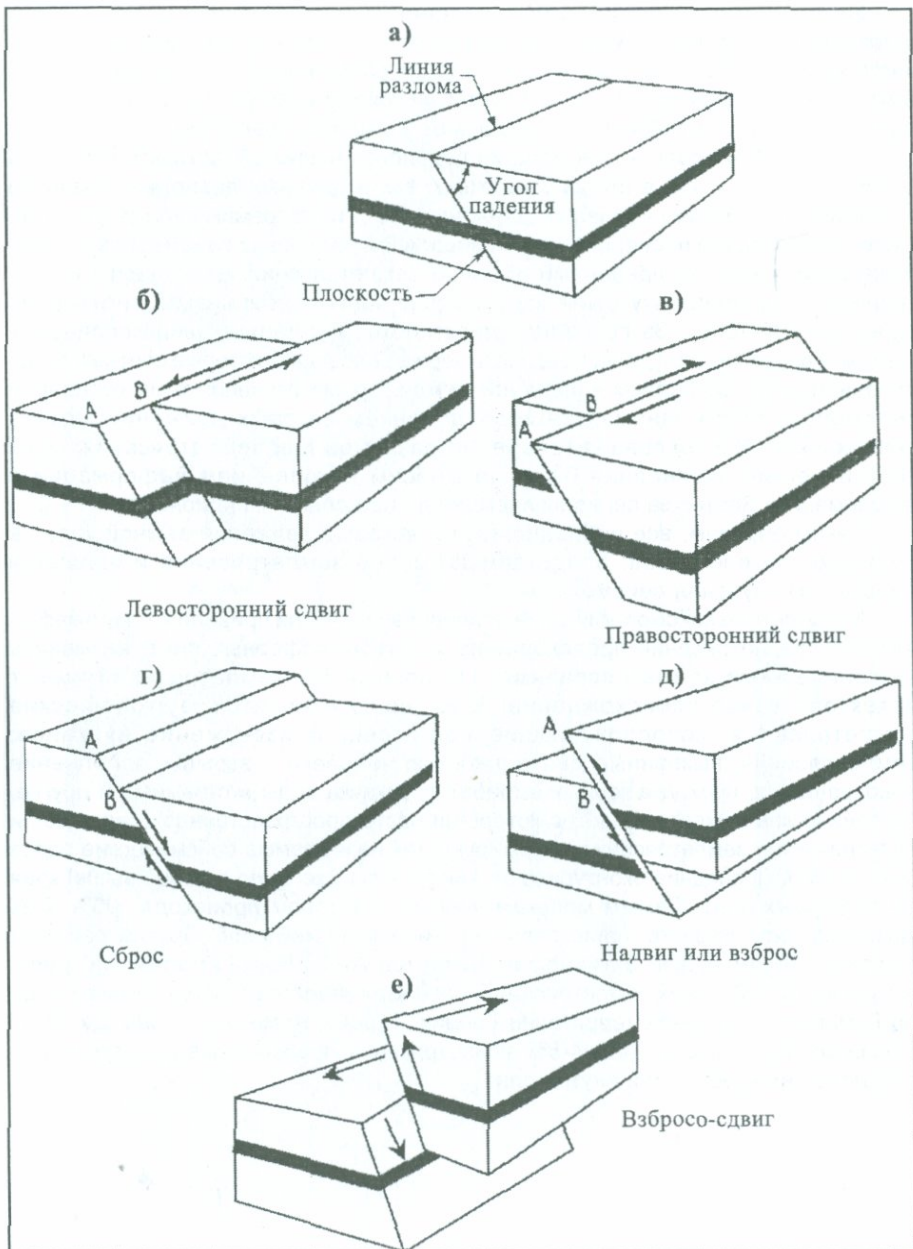


Рис. 1.1(8) Основные элементы разломов и типы движений по ним. (Гир и Шах, 1988)

Исторически изучение землетрясений началось с исследования тех сотрясений поверхности Земли, которые были чувствительны для человека и часто наносили большой ущерб, представляя собой прямую угрозу его жизни и имуществу. Таким образом, на заре развития сейсмологии ученых интересовали, главным образом, колебания с периодом от 0.1 до нескольких секунд.

В конце 40-х годов в сейсмологии появились новые области исследования колебаний Земли, как в сторону коротких, так и длинных периодов. Развитие измерительной техники привело к открытию микро- и ультрамикроземлетрясений, характеризующихся предельно низкой энергией и предельно коротким периодом, лежащими далеко за пределами обычных землетрясений. Благодаря тому же техническому прогрессу были зарегистрированы сейсмические сигналы на периодах 100-1000с. За последнее десятилетие с помощью широкополосных измерительных систем удалось записать периоды до 3000с, которые соответствуют основной моде свободных колебаний Земли. Кроме изучения этих колебаний сейсмологи стали заниматься исследованием вековых движений земной поверхности. Исследования генерации разломов при землетрясениях и их тектонические проявления были дополнены накоплением информации о деформациях Земли за периоды времени до нескольких миллионов лет.

Таким образом, все вибрационные и вековые движения земной коры, в широком смысле слова, представляют собой землетрясения и являются предметом изучения сейсмологии.

Многолетние сейсмологические исследования Земли привели к тому выводу, что 95% землетрясений происходят по краям литосферных плит, называясь тектоническими землетрясениями. Остальные 5% землетрясений имеют нетектоническое происхождение. К их числу относятся: вулканические землетрясения, сопровождающие подготовку и извержение вулканов; землетрясения, вызванные деятельностью человека – взрывы, заполнение водохранилищ, проходка горных выработок, закачка воды в скважины и другие. Тектонические землетрясения, с которыми часто пространственно совпадают и вулканические землетрясения, формируют так называемые сейсмические пояса (рис. 1.1(9)). Последние оконтуривают, как об этом уже было сказано выше, края литосферных плит. Самым мощным поясом, в котором происходят 90% всех землетрясений земного шара, является Тихоокеанский пояс. Другим районом высокой сейсмической активности считается Альпийско-Гималайский пояс, включающий 5-6% всех землетрясений. Он протягивается от Средиземного моря до Гималаев, пересекая территории Греции, Турции, Армении, Ирана, достигая северной Индии. Остальные 4-5% землетрясений происходят вдоль срединно-океанических хребтов или внутри плит.

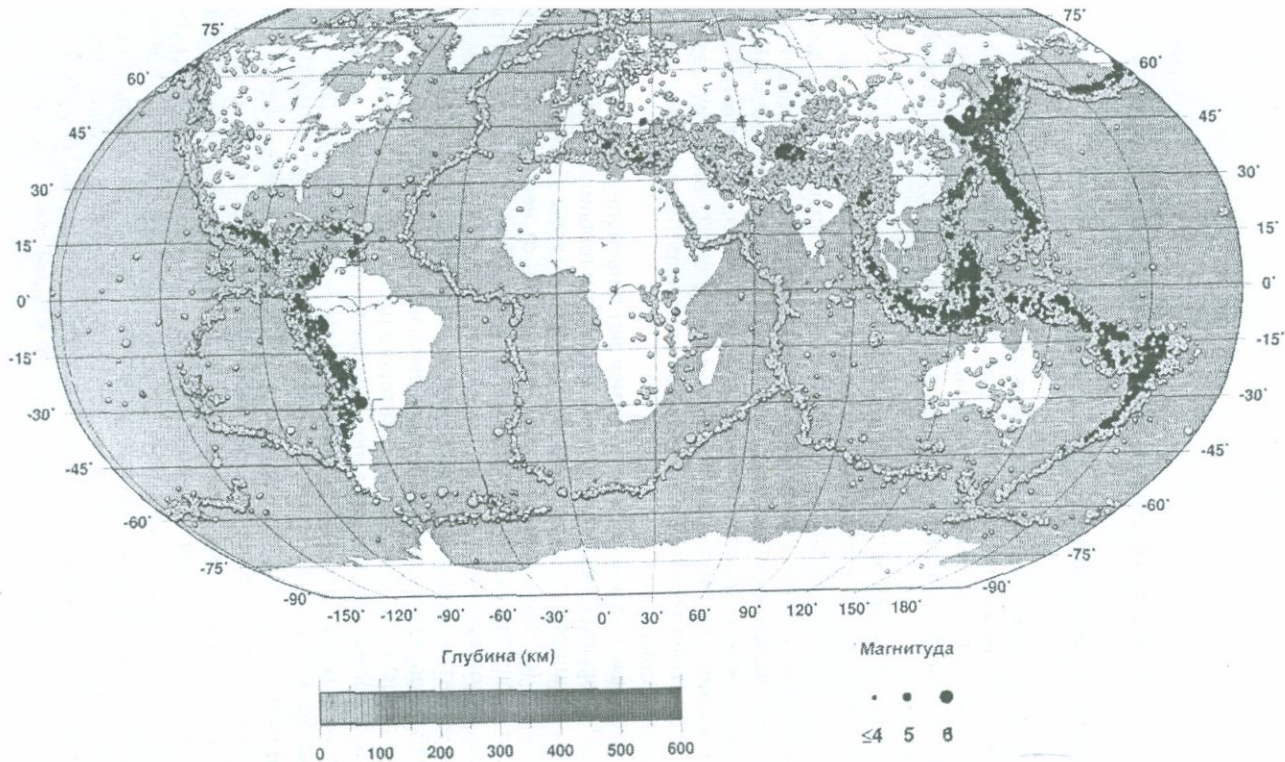


Рис. 1.1(9) Сейсмические пояса Земли. (по данным Международного Центра Данных: с 21 февраля 2000г. по 30 сентября 2003г.; 80096 землетрясений – IDR Reviewed Event Bulletin, 2003)

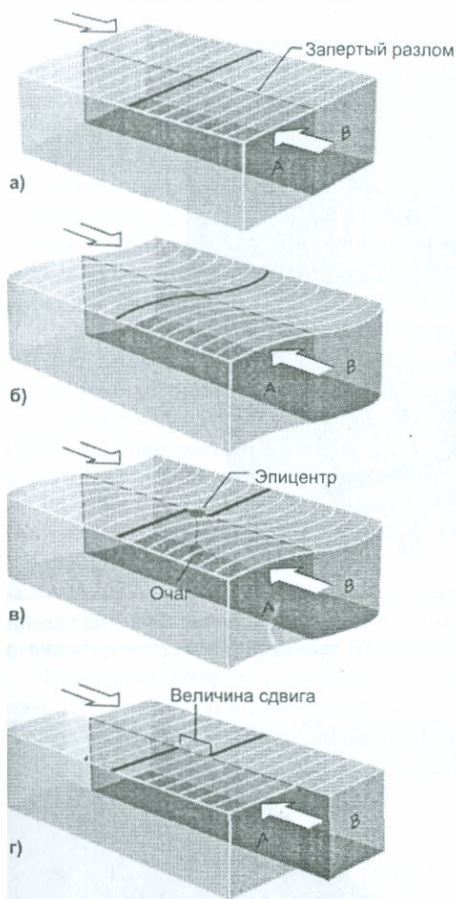
## 1.2. Основные параметры землетрясений

### Механизм землетрясения и сейсмические волны

Под действием движения литосферных плит в породах, слагающих литосферу, накапливаются упругие напряжения. В тех случаях, когда упругие напряжения достигают критической величины, превышающей предел прочности пород, происходит *сейсмогенный разрыв* горных пород (рис. 1.2(1)), сопровождающийся землетрясением.

После землетрясения в Сан-Франциско 1906 г. американский ученый Г.Ф. Рейд исследовал поперечное смещение, на протяжении 300-400 км, по гигантскому разлому Сан-Андреас, являющемуся границей плит, идущей вдоль западного побережья США и протягивающейся в южном направлении через Калифорнийский залив. Именно вдоль этой границы Тихоокеанская плита движется на северо-запад по отношению к Северо-Американской плите. На основе этих наблюдений, а также изучения деформаций на поверхности по обе стороны от разлома он выдвинул известную гипотезу о возникновении землетрясений, под названием теории *упругой отдачи*.

Сейсмогенные разрывы обычно возникают в наиболее ослабленных зонах литосферы, которыми в первую очередь, как об этом говорилось выше, являются ранее образовавшиеся геологические разломы земной коры. Длина вспоровшейся части разлома (сейсмогенный разрыв) может быть от нескольких метров при практически неощутимых землетрясениях до нескольких сотен километров при сильнейших землетрясениях. Сейсмогенный разрыв может выйти на поверхность Земли, а может и остаться много глубже. В целом, чем больше длина вспоровшейся части разлома, тем больше сила землетрясения. Место, в котором начинается вспарывание разлома и из которого распространяются самые ранние сейсмические волны, называется *гипоцентром землетрясения*, а вертикальная проекция гипоцентра на поверхность Земли – *эпицентром* (рис. 1.2(2)). Пространство вокруг сейсмогенного разрыва, из которого высвобождается энергия накопленных напряжений (или деформаций), называется *очагом* землетрясения. Масштабы очага землетрясения сопоставимы с размерами вспоровшейся части разлома. Расстояние от поверхности Земли до гипоцентра называется *глубиной очага*. У так называемых мелкофокусных (неглубоких) землетрясений, которые, в частности, происходят на территории Армении и вообще Кавказа, глубина очага составляет от 5 до 25 км. Вдоль западного побережья Южной Америки и Японии происходят глубокофокусные (глубокие) землетрясения на глубинах до 500 км. Таким образом, глубины очагов землетрясений варьируют от единиц до сотен километров.



**Рис. 1.2(1)** Происхождение землетрясений: теория упругой отдачи (Press and Siever, 1998). (а) Два блока земной коры, А и В, медленно вынуждены скользить вдоль друг друга. (б) Трение вдоль разлома препятствует скольжению, образуя "запертый разлом", и в результате кора деформируется. (в) Напряжение растет до тех пор, пока "запертый разлом" не разрывается в очаге; как только возникает разрыв, блоки земной коры упруго отскакивают обратно на додеформационную стадию (упругая отдача). Очагом землетрясения является место разрыва земной коры на границе блоков. Эпицентр - точка на поверхности Земли, расположенная прямо над очагом. (г) Разрыв приводит к сдвигу по разлому. Нарисованные на поверхности воображаемые белые линии показывают деформацию до землетрясения и отдачу, инициированную землетрясением. (д) Изгородь, сдвинутая на 2.5 метра во время землетрясения Сан-Франциско. (Фото Г.К.Гиберта, Геологическая служба США)

Относительное смещение пород по обе стороны поверхности разлома также может сильно варьировать (рис. 1.2(3)). При слабых землетрясениях величина смещения не превышает нескольких сантиметров. При сильных, таких как Спитакское землетрясение 1988г., величина горизонтального смещения составила 1.8 м, а вертикального 2 м. При землетрясении 1954г. в Фэрвью Пик (штат Невада, США) образовался уступ в 3 м, а при Эль-Аснамском землетрясении 1980г. в Алжире – в 4 м высотой.

Разрыв горных пород, сопровождающийся землетрясением, происходит за какой-то определенный промежуток времени, – это то время, за которое разрыв распространяется от гипоцентра вдоль поверхности геологического разлома, высвобождая

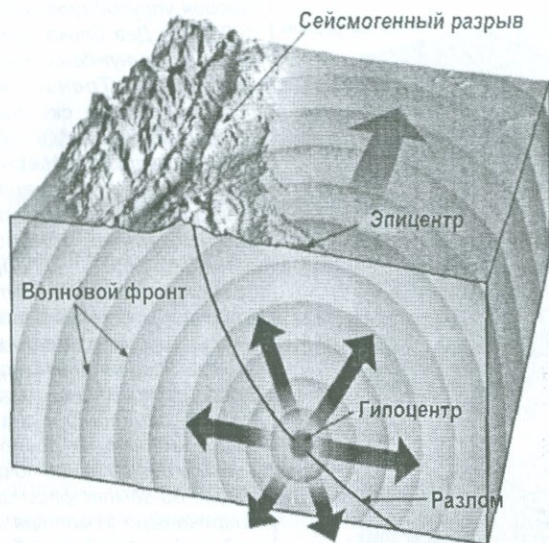


Рис. 1.2(2) Гипоцентр и эпицентр землетрясения. (Tarbuck and Lutgens, 1999) Гипоцентр – это та точка в Земле, откуда начинается разрыв земной коры. Эпицентр – это вертикальная проекция гипоцентра на поверхность Земли.

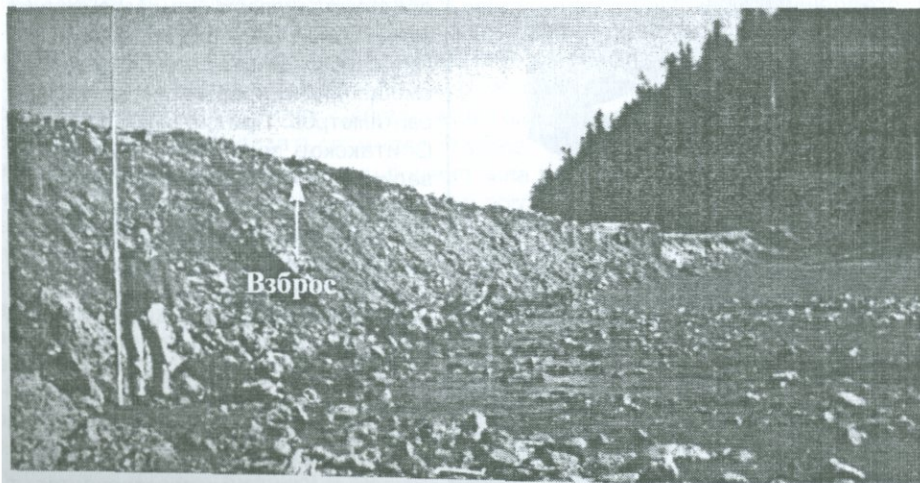


Рис. 1.2(3) Сейсмодислокация, вызванная взбросом во время Аляскинского землетрясения 1964г. (Фото Геологической службы США)

упругую энергию накопленных в горных породах деформаций. При слабом землетрясении вспарывание заканчивается через несколько секунд, а при сильном, как, к примеру, при Спитакском землетрясении 1988г., оно длится десятки секунд. Скорость распространения разрыва имеет значения близкие к 2.2 км/сек.

На переднем крае разрыва в процессе вспарывания напряженных горных пород выделяется энергия, большая часть которой расходуется на разламывание и дробление пород, на вертикальные и горизонтальные смещения примыкающих блоков земной коры и на образование тепла. Небольшая часть энергии излучается во всех направлениях в окружающее пространство в виде сейсмических волн, которые распространяются в теле Земли. Достигающие поверхности земли волны порождают те колебания почвы, которые человек воспринимает как землетрясение.

Сейсмические волны характеризуются *амплитудой* ( $A$ ); *длиной волны* ( $\lambda$ ), т.е. расстоянием между соседними гребнями; *периодом* ( $T$ ), временем, за которое волна проходит расстояние  $\lambda$ ; *скоростью* распространения волны ( $V$ ) (рис. 1.2(4)).

Скорость  $V$  – это длина волны, деленная на период; т.е.  $V = \lambda/T = f \lambda$ , где  $f$  – частота, измеряемая в герцах (Гц), т.е. число колебаний в секунду. Угловая частота ( $\omega$ ), измеряемая в радианах за секунду, равна  $\omega = 2 \pi f$ .

При землетрясениях значения ускорения, скорости и смещения грунта меняются в широких пределах в зависимости от частоты волновых движений. Высокочастотные волны (с частотами выше 10 Гц) обычно имеют большие амплитуды ускорения, но малые амплитуды смещения по сравнению с длиннопериодными волнами, которые имеют малые ускорения, но относительно большие скорости и смещения.

При землетрясениях основные ощутимые человеком колебания имеют частоту ниже 20 Гц : до 1 Гц и даже ниже.

Существуют два основных типа сейсмических волн: *объемные* волны,

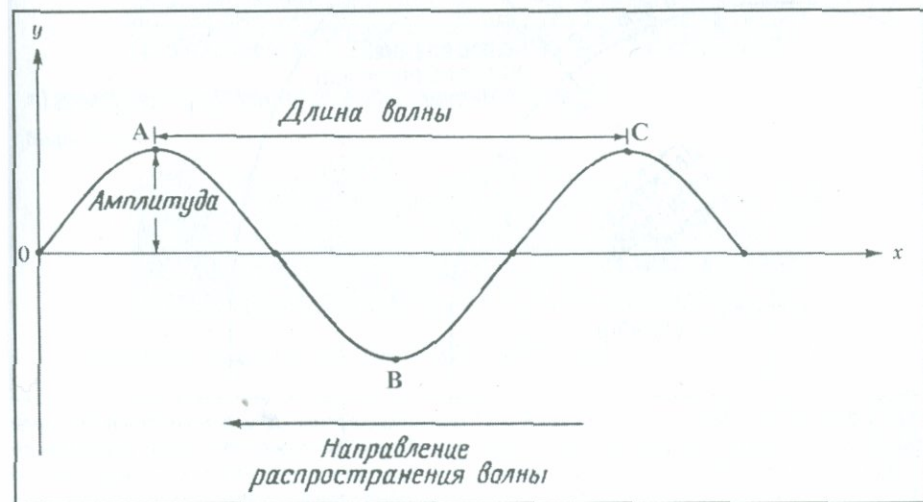


Рис. 1.2(4) Характеристики сейсмических волн: поперечная волна в момент  $t$ .

распространяющиеся в Земле, аналогично распространению звуковых волн в воздухе, и *поверхностные* волны, идущие вдоль земной поверхности, подобно волнам в водной акватории (рис. 1.2(5)).

Объемные волны непрерывно разбегаются от источника, образуя сферический волновой фронт. Существуют два основных типа объемных волн: *продольные* (первичные)  $P$  волны – это волны сжатия-растяжения частиц вещества Земли (рис. 1.2(6а)), которые быстрее других распространяются в геологической среде, извещая в каждой точке наблюдения о происшедшем землетрясении; *поперечные* (вторичные)  $S$  волны – это волны сдвига частиц твердого вещества Земли (рис. 1.2(6б)), которые вызывают следующий за  $P$  волной более сильный и резкий

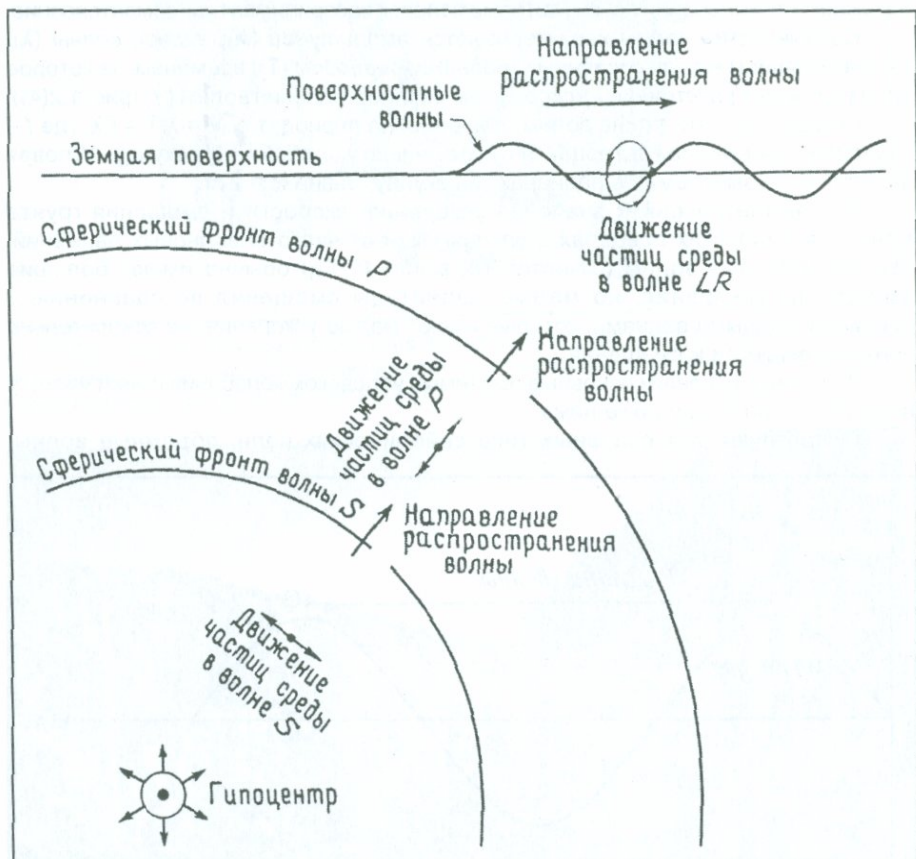
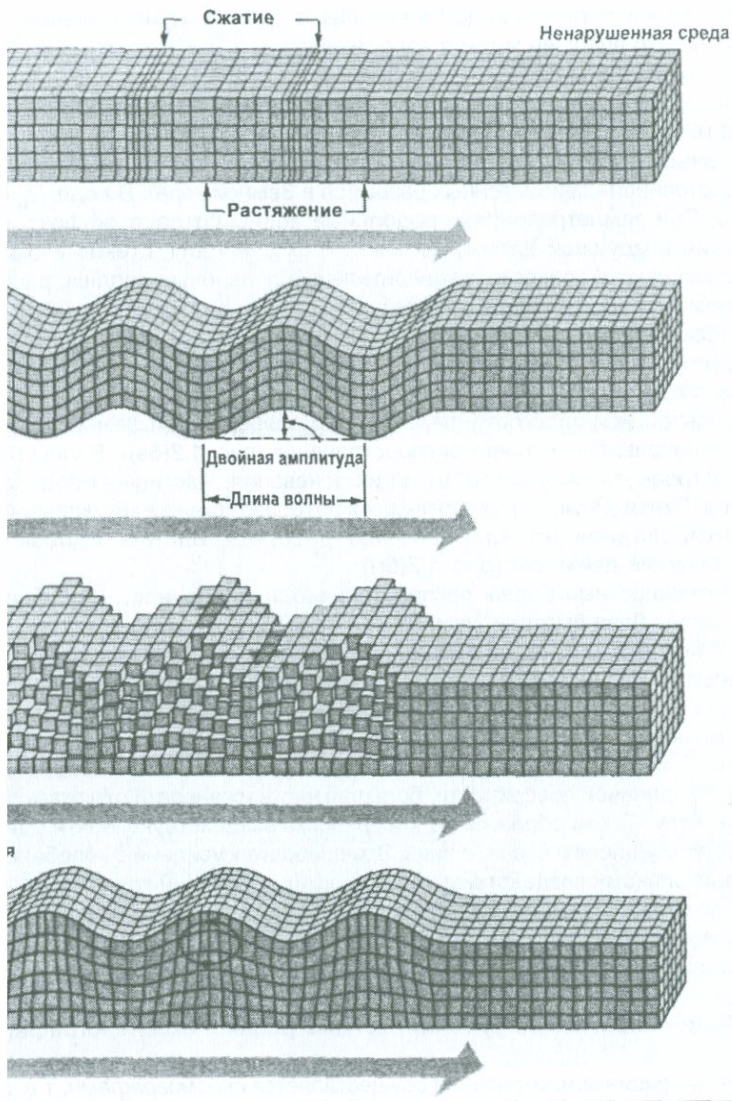


Рис. 1.2(5) Сейсмические волны. Волны  $P$  и  $S$  – объемные волны, излучаемые во все стороны от места, где происходит вспарывание трещины. Первое движение, которое вы чувствуете в момент землетрясения – это обычно приход волны  $P$ . Поверхностные волны распространяются вдоль земной поверхности, подобно волнам на воде, и обычно приходят после волн  $P$  и  $S$ . (Гир и Шах, 1988)



хемы, изображающие форму колебания грунта у его поверхности для продольных (б) волн, а также волн Лява (в) и Рэлея (г). Все волны распространяются во, а поверхность начальных движений частиц соответствует волновому инесительная скорость каждого типа волны уменьшается сверху вниз. (Вол,

сейсмический удар в каждой точке наблюдения. Исходя из своей "сдвиговой" природы S волны не распространяются в жидком или расплавленном веществе Земли, так как в такой среде не возникают сдвиговые напряжения. Именно так было открыто внешнее жидкое ядро Земли.

Скорость продольных и поперечных волн зависит от плотности и упругих свойств горных пород и грунтов, через которые эти волны проходят. Так, например, скорость распространения продольной волны ( $V_p$ ) в граните равна  $V_p = 5.5$  км/с, а поперечной волны  $V_s = 3.0$  км/с (эта скорость сопоставима со скоростью распространения сейсмогенных разрывов в Земной коре). В воде,  $V_p = 1.5$  км/с, а  $V_s = 0$ . При землетрясениях продольные волны создают эффект, похожий на действие воздушной волны, вызывая грохот и треск стекол в окнах. Спустя несколько секунд приходят разрушительные поперечные волны, раскачивая все на своем пути из стороны в сторону.

Поверхностные волны, создаваемые землетрясением, распространяются вдоль земной поверхности, захватывая лишь неглубокую зону под ней. Они делятся на два типа – волны Лява и Рэлея. Волны Лява колеблются из стороны в сторону в горизонтальной плоскости, параллельной поверхности Земли, но под прямым углом к направлению своего распространения (рис. 1.2(6в)). Волны Лява опасны для построек, т.к. воздействуют на их основания. Частицы пород, захваченные волнами Рэлея, движутся по вертикали и по горизонтали в вертикальной плоскости, ориентированной по направлению распространения волны, совершая эллиптические движения (рис. 1.2(6г)).

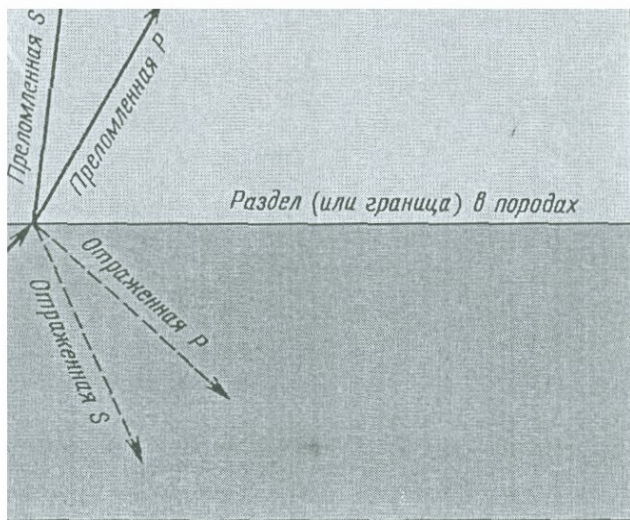
Поверхностные волны распространяются медленнее, чем объемные. При этом, волны Лява быстрее, чем Рэлея.

Объемные волны обладают еще одним свойством, усиливающим их воздействие на дневную поверхность. Так, распространяясь через пласты горных пород, они отражаются от границ между различными слоями пород или преломляются, как показано на рис. 1.2(7). При этом часть энергии волн одного, скажем, P-типа, идет на образование волн другого S-типа. Когда P- и S-волны достигают дневной поверхности, большая часть их энергии отражается обратно в земную кору. Таким образом, на поверхность воздействуют почти одновременно волны, движущиеся и вверх, и вниз. Это приводит к усилению колебаний и к более разрушительному воздействию сейсмических колебаний грунта.

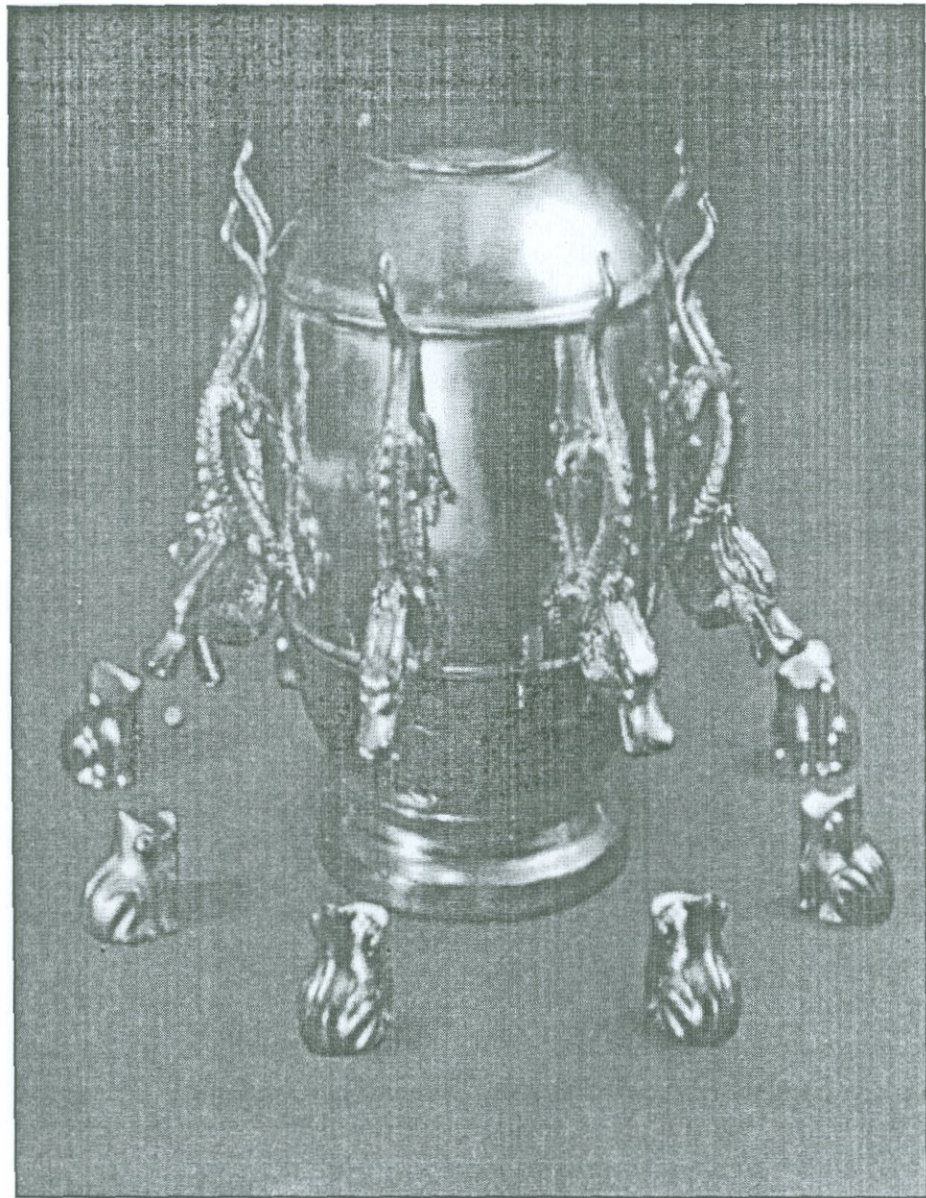
Переход, скажем, P волн в S волны и наоборот на границах раздела сред с различной плотностью и упругими свойствами создает так называемые обменные волны типа PS, SP, PP, SS, SSS, PPP, SPS, и другие.

## Регистрация землетрясений: сейсмографы и акселерографы

Регистрация землетрясений осуществляется *сейсмографами*, т.е. приборами, записывающими движение грунта при землетрясениях. Первый регистратор землетрясений был изобретен в 132г. в Сиане китайским ученым Чжан Хэном во времена династии Хань. По своей конструкции этот прибор представлял собой сейсмоскоп, который указывал направление главного толчка (рис. 1.2(8)). Сейсмоскоп был сделан в виде многоголового металлического дракона, в каждой

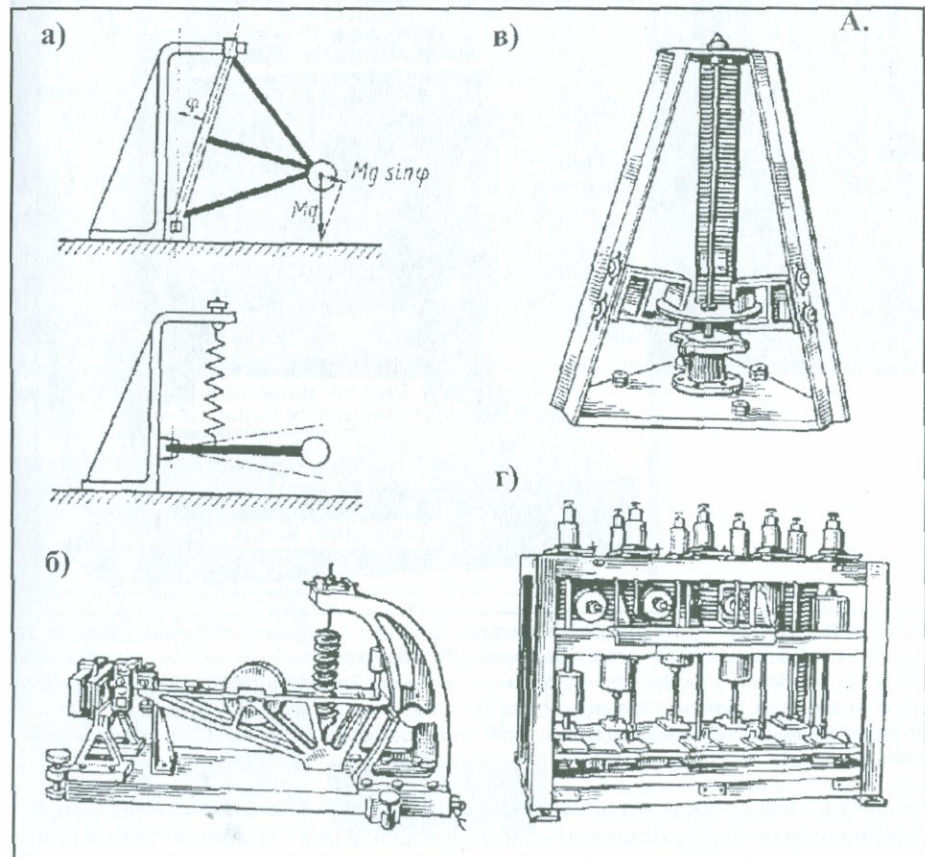


э сейсмических волн.  
распространения продольных и поперечных сейсмических волн,  
ощущаясь в различных структурах земной коры.  
в продольной (P) волны на границе между породами двух типов.

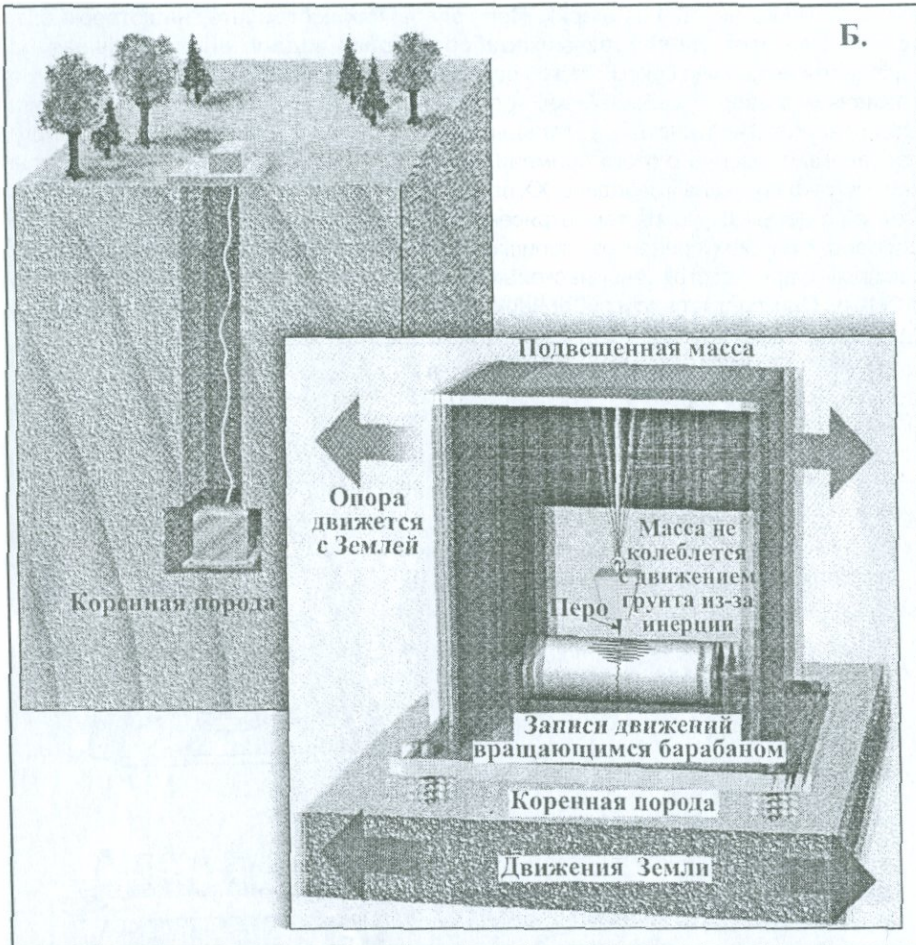


**Рис. 1.2(8)** Старинный Китайский сейсмокоп. При колебаниях Земли драконы, расположенные по направлению к основным вибрациям, бросали шарики в рты лягушек. (Tarbuck and Lutgens, 1999)

пасти которого находился шарик. При колебаниях постаментов, на котором был установлен этот своеобразный прибор, шарики падали вниз, указывая на направление прихода сейсмической волны. Первые сейсмографы, дающие полную временную развертку сейсмических колебаний, появились в 90-е годы XIX столетия. Это означает, что инструментальными записями землетрясений сейсмологи располагают именно с этого времени. На рис. 1.2(9а) показаны некоторые типы сейсмографов начала и середины XX века, а на рис. 1.2(9б) – принцип сейсмографов. Сейчас с целью изучения землетрясений, а через них и строения Земли, а также других физических процессов, происходящих в недрах нашей планеты, по всему земному шару расставлены несколько тысяч современных сейсмографов (рис. 1.2(10)). Они составляют глобальную сейсмографическую сеть наблюдений, в

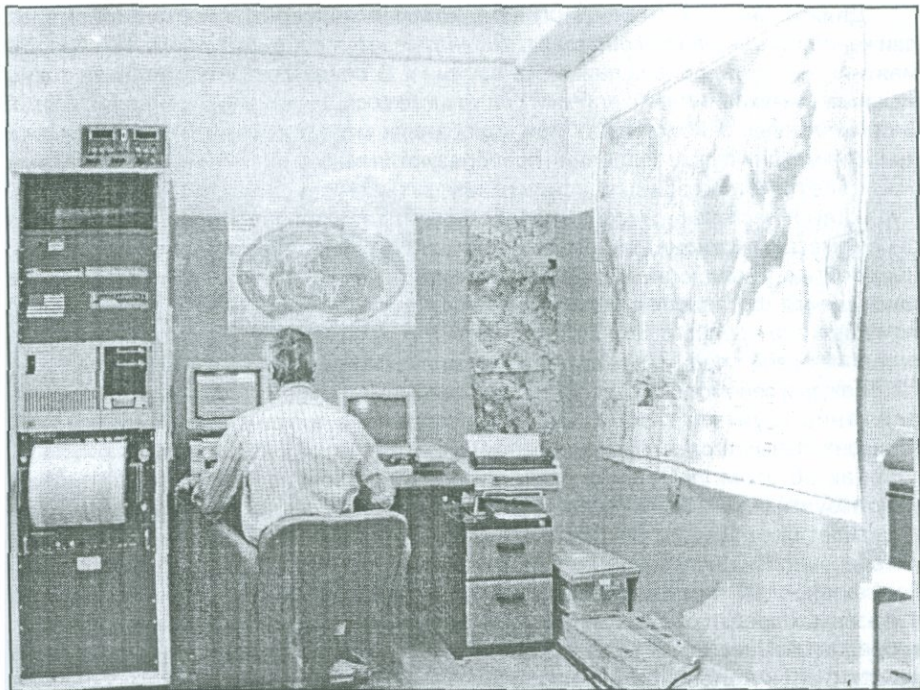


**Рис. 1.2(9А)** Различные типы устройств для регистрации землетрясений. (Жарков, 1983)  
 А. - а) Сейсмографы, регистрирующие горизонтальные и вертикальные колебания; б) Сейсмограф Б. Голицина; в) одномаятниковый СМБ сейсмометр; г) Многомаятниковый сейсмометр марки ИГИС, разработанный и изготовленный армянскими специалистами.

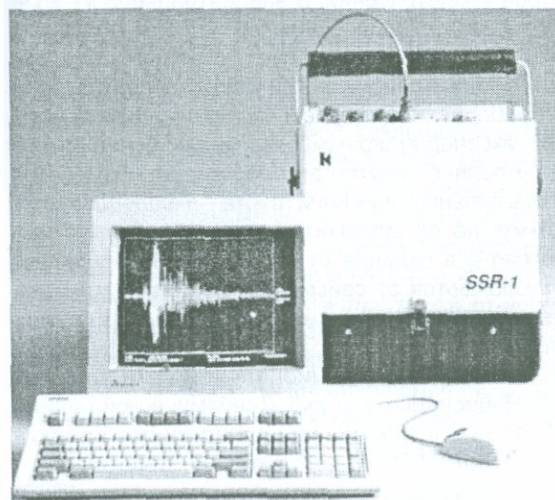


**Рис.1.2(9Б).** Принцип работы сейсмографа. Инерция подвешенной массы делает ее неподвижной, в то время как регистрирующий барабан, который жестко связан с коренной породой, колеблется под действием сейсмических волн. Таким образом, неподвижная масса служит базисом, относительно которого измеряются смещения, возникающие при распространении сейсмической волны через наблюдательный пункт. (Tarbuck and Lutgens, 1999)

которую с 1991 г. были интегрированы, в частности, и ряд сейсмостанций НССЗ при Правительстве РА. Помимо глобальной мировой сети, в разных странах, в том числе и в Армении, сейсмологическими службами созданы и локальные сети наблюдений за слабыми местными землетрясениями, несущими детальную информацию о строении земной коры и сейсмической опасности в пределах территории того или иного государства (рис. 1.2(11)).



**Рис. 1.2(10)** Станция глобальной сейсмографической сети (IRIS), установленная в НССЗ при Правительстве РА (1992г.).



**Рис. 1.2(11)** Современный сейсмограф (Kinematics), электронно усиливающий вибрации земли: Типичный наблюдательный пункт имеет трех сейсмометры для измерения трех компонент движения земли: вверх-вниз, горизонтально восток-запад и горизонтально север-юг. (Press and Siever, 1998)

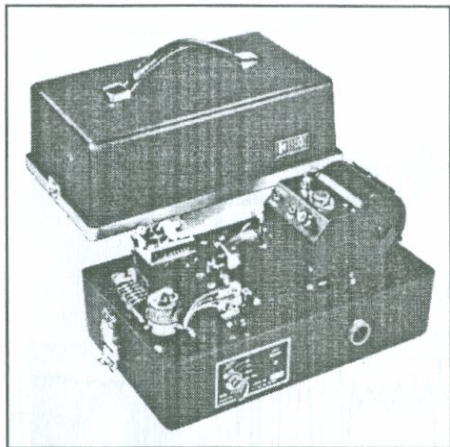
Движущаяся часть сейсмографа, которая непосредственно записывает движение грунта в виде *сейсмограммы*, называется *сейсмометром*. Обычно это маятник или груз, подвешенный на пружине. В сейсмометре установлен также механизм затухания, необходимый для точного воспроизведения движений почвы. В современных сейсмографах при колебаниях маятника относительно корпуса прибора механические колебания преобразуются в электрический сигнал, который усиливается электронным усилителем в тысячи и даже сотни тысяч раз. Существуют несколько способов преобразования электронно усиленного движения сейсмометра в сейсмограмму: перо оставляет чернильную линию на бумаге, надетой на вращающийся барабан; световой луч оставляет свой след на движущейся фотопленке; электромагнитная система генерирует ток, который с помощью электронного устройства записывается на магнитной ленте; термо-перо оставляет свой след на движущейся термочувствительной бумаге.

Каждый сейсмограф состоит из трех сейсмометров, что позволяет записывать движение грунта в любой точке пространства в трех измерениях (двух горизонтальных и одном вертикальном).

Как об этом уже говорилось ранее, диапазон частот (или периодов), используемых в сейсмологии, резко расширился за последние три-четыре десятилетия от 0.1с до 3000с. В ранних работах сейсмологи главным образом интересовались диапазоном колебаний с периодом от 0.1с до нескольких секунд. Это связано с тем, что периоды сейсмических объемных волн лежат преимущественно в указанных пределах и, кроме того, сейсмические возмущения при этих периодах вибрации сильнее всего воздействуют на сооружения и именно к ним наиболее чувствителен человеческий организм. Таким образом, мы узнаем "обычное землетрясение", почувствовав приход цуга колебаний грунта с периодами из указанного диапазона.

Сейсмографы предназначены для записи малых перемещений грунта в зонах, достаточно удаленных от эпицентров землетрясений. В эпицентральной же зоне сильные движения грунта приводят к зашкаливанию записей на сейсмограммах. В связи с этим, а также тем, что инженеров интересует, главным образом, поведение конструкций, получивших сильный сейсмический удар в эпицентральной зоне, был разработан другой тип приборов, называемый *акселерографами* (рис. 1.2(12)). В отличие от сейсмографа, акселерограф измеряет не смещение почвы, а ее ускорение. Система из груза и подвеса внутри акселерографа называется *акселерометром*. Полученная запись сильных движений грунта – *акселерограмма* - внешне похожа на сейсмограмму, но ее математические характеристики принципиально другие. Акселерографы в отличие от сейсмографов не имеют непрерывной регистрации – они включаются от сейсмического толчка и имеют автономное батарейное питание (так как при сильных землетрясениях электричество часто отключается).

На территории Армении, дополнительно к национальной сети сильных движений, созданной в 1991-2002 гг. Национальной службой сейсмической защиты при Правительстве РА, в 2003-2004гг. в рамках международного проекта «Сейсмическая защита городов (Safer Cities)» Армянской Ассоциацией Сейсмологии и Физики Земли, совместно с международными организациями WSSI



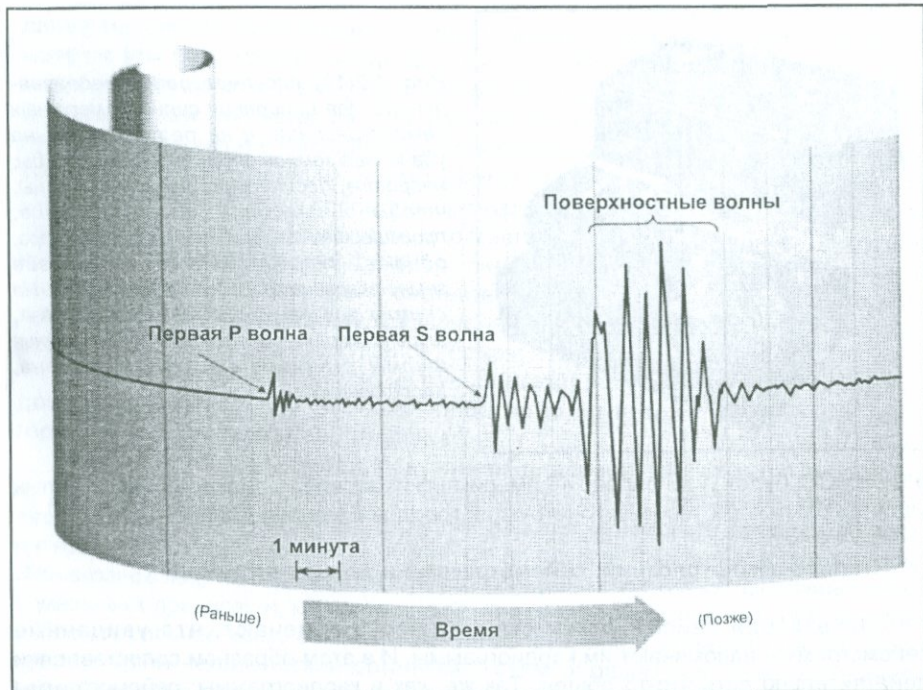
*Рис. 1.2(12) Акселерограф, предназначенный для измерения сильных местных землетрясений, и не реагирующий на удаленные землетрясения. Сейсмографы, напротив, достаточно чувствительны, чтобы обнаружить землетрясение, происшедшее в любом месте земного шара, однако их «зашкаливает», когда землетрясение происходит неподалеку. На снимке показан акселерограф SMA-1, широко используемый в США. (С разрешения фирмы «Кинемет-рикс», Пасадена, Калифорния.)*

и COSMOS, будет установлено 40 американских акселерографов SMA-1, в жилых зданиях различных типовых конструкций городов Ереван и Капан.

### **Запись землетрясений: сейсмограммы и акселерограммы**

Посетители сейсмических станций часто отмечают, что увиденные сейсмограммы напоминают им кардиограммы. И в этом образном сопоставлении действительно есть что-то общее. Так же, как и кардиограммы, сейсмограммы выглядят как волнистые линии, тянущиеся слева направо по бумажной ленте и передающие ритм биения, но не сердца человека, а Земли. Действительно, на сейсмограмме нет ни одного отрезка, где не было бы мелких колебаний тянущихся линий. Это обусловлено непрерывной записью неощутимого для человека шумового фона Земли. Мельчайшие колебания, воспроизведенные на сейсмограммах, называются *микросейсами*, возникающими в результате множества естественных и искусственных местных возмущений. Их причиной могут быть – ветер в кронах деревьев, удары прибоя о морской берег, движение транспорта по улицам и т.д. На фоне микросейсм, при землетрясениях, наблюдаются резкие отклонения «дрожащей» записи, передающие внезапное сильное колебание грунта от пришедшей сейсмической волны. Первой, как об этом было сказано выше, приходит самая быстрая продольная волна Р, возникающая в результате подвижки по разлому в очаге землетрясения (рис. 1.2(13)). Продольная волна характеризуется относительно небольшой амплитудой и относительно высокой частотой. Через некоторое время, вслед за продольной волной, резко «вступает» и первая поперечная волна S, характеризующаяся большой амплитудой и большим интервалом между пиками (увеличение периода колебаний Т). Вслед за первой поперечной волной приходит вереница (цуг) более поздних – поверхностных волн, характеризующихся самыми большими амплитудами и периодами колебаний.

Как высота ряби в пруду падает по мере того, как волны расходятся от центра возмущения, так же и сейсмические волны теряют свою энергию, расходясь от



**Рис. 1.2(13)** Типичная сейсмограмма. Обратите внимание на интервал (около 5 минут) между вступлением первой Р-волны и первой S-волны. (Tarbuck and Lutgens, 1999)

эпицентра, захватывая все большую и большую площадь. При этом, продольные и поперечные волны затухают раньше, чем поверхностные. Именно благодаря этому поверхностные волны сохраняют заметную амплитуду на больших расстояниях, хотя и вносят некоторый свой вклад вблизи эпицентра землетрясения.

Разумеется, реальная волновая картина на сейсмограммах часто бывает гораздо сложнее, чем просто приход Р, S и поверхностных волн, т.к. многократные отражения и преломления, дифракция, рефракция и другие эффекты на границах раздела сред серьезно осложняют волновую картину. На рис. 1.2(14) показаны реальные сейсмограммы близких (а) и далеких (б) землетрясений.

### Определение координат и механизма очага землетрясения

До изобретения сейсмографов определение координат очага землетрясения осуществлялось по сообщениям о реакции людей и по возникшим разрушениям. Этот метод используется до сих пор, когда речь идет об исторических (доинструментальных) землетрясениях. Даже приблизительное определение координат сильного землетрясения, имевшего место в доинструментальном историческом прошлом, имеет важное значение для оценки сейсмической

( $\Delta=9000\text{км}$ ,  $M=6.8$ ,  $h=30\text{км}$ )

Time: 16:30:17 - 16:32: 4 Date 14. 8 SpS 200



Time: 16:30:17 - 16:32: 4 Date 14. 8 SpS 200



Time: 16:30:17 - 16:32: 4 Date 14. 8 SpS 200



( $\Delta=38\text{км}$ ,  $M=2.8$ ,  $h=10\text{км}$ )

записей дальних (а) и ближних (б) землетрясений, на которых выделены разных типов.

опасности в том или ином районе земли. Ведь сильные землетрясения это сравнительно редкий феномен, период повторяемости которого может исчисляться десятками, сотнями и даже тысячами лет. И, следовательно, имея только инструментальные данные за XX и XXI века можно ошибиться в величине сейсмической опасности, пропустив те очаги землетрясений, где период повторяемости сильных землетрясений больше 100-200 лет.

Хотя современные методы определения координат очага землетрясения в деталях различаются между собой, по существу в их основе лежит один и тот же принцип – определение расстояния между гипоцентром землетрясения и пунктом наблюдения по времени пробега сейсмической волны между этими двумя точками. Имея эти данные по трем и более сейсмостанциям можно с достаточно высокой точностью определить координаты очага землетрясения и время его возникновения.

Один из наглядных способов определения эпицентра землетрясения выглядит следующим образом.

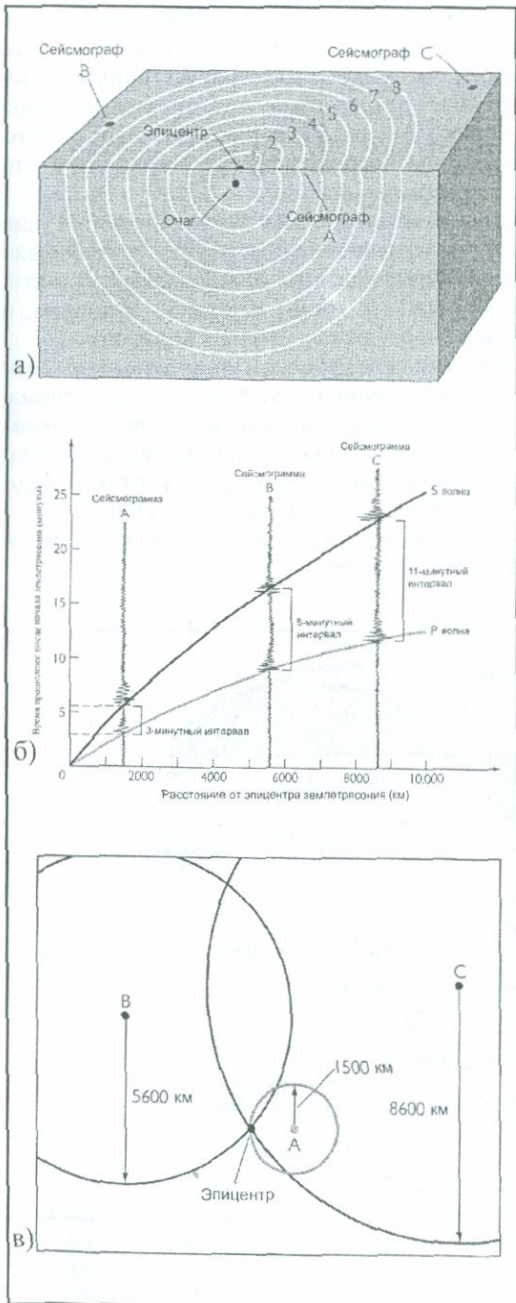
Сейсмологами на основе анализа многочисленных землетрясений построены графики, или так называемые *годографы* – зависимости времени пробега продольных P и поперечных S волн от расстояния между эпицентром землетрясения и пунктом наблюдения – сейсмостанцией.

Из рис. 1.2(15) видно, что, зная разницу между временем прихода первых P и S волн как минимум на трех пунктах наблюдения (сейсмостанции А, В и С на рис. 1.2(15)), можно по годографам P и S волн определить, на каком расстоянии от эпицентра землетрясения находятся станции А, В и С. В нашем примере, приведенном на рис. 1.2(15), эти расстояния составляют, соответственно, для станции А - 1500км, для станции В - 5600км, для станции С - 8600км. Отсюда, эпицентр землетрясения будет расположен в точке пересечения трех окружностей, проведенных с радиусами 1500км, 5600км и 8600км, соответственно, из пунктов А, В и С.

В действительности, для определения координат очага землетрясения, используются данные, полученные со многих сейсмостанций. Например, американский консорциум IRIS, установивший свои сейсмостанции по всему земному шару, включая и Армению, для оперативного определения параметров землетрясения, происшедшего в любой точке Земли, использует показания сотен сейсмостанций, обрабатываемые с помощью быстродействующих компьютеров, установленных в Национальном Центре информации о землетрясениях, в США.

Помимо мировых сетей, в которые интегрированы некоторые сейсмические станции Национальной службы сейсмической защиты при Правительстве РА, существуют и локальные сети, к примеру на территории Армении, которые позволяют с высокой точностью определять параметры местных землетрясений, включая и самые слабые.

Наряду с определением координат очага землетрясения важно знать и его механизм, т.е. какой тип разрыва горных пород произошел в очаге – сдвиг, сброс, взброс или какая-либо из комбинаций. Эта информация необходима, в частности, для понимания процессов накопления и разрядки деформаций в конкретном регионе, т.е. сейсмических циклов с особенностями подготовки землетрясений различных магнитуд и периодов их повторяемости.



**Рис. 1.2(15)** Определение эпицентра землетрясения. (Tarbuck and Lutgens, 1999) (а) Контурные цифры на этой диаграмме показывают временные интервалы (в минутах) между прибытием первых P и S волн на разных расстояниях от эпицентра землетрясения. Ввиду того, что P волны распространяются почти в два раза быстрее S волн, чем дальше от эпицентра, тем больше становится интервал между прибытием P и S волн. Интервалы между P и S волнами являются важным фактором в интерпретации сейсмографических записей. Например, сейсмографическая станция А, которая ближе к эпицентру, зарегистрировала интервал между приходом P и S волн – 3 минуты; в то время как более далекая станция Б зарегистрировала восьмиминутный интервал. (б) Сейсмограммы, показанные на этом графике – основное средство определения эпицентрального расстояния. Сейсмологи на станции А, где был зарегистрирован трехминутный интервал между приходом (вступлением) P и S волн, могут определить расстояние от станции А до эпицентра, равное 1500 км. Таким же способом, на основе сейсмических записей на станции В, с восьмью-минутным интервалом между приходом P и S волн, можно определить эпицентральное расстояние в 5600 км, и на станции С, с один-надцатиминутным интервалом между P и S, эпицентральное расстояние в 8600 км. (в) Зная расстояние трех разных станций от эпицентра, сейсмологи могут точно указать местонахождение эпицентра, используя карту и прибегая к помощи простой геометрии. Они чертят три окружности, в центре каждой из которых находится одна из станций и каждая имеет радиус, равный расстоянию от станции до эпицентра. Эпицентр находится на точке пересечения трех окружностей. Эпицентр и глубина очага (гипоцентр) сейчас определяются компьютером, который моделирует этот графический метод.

Историю изучения механизма очага следует отсчитывать с того момента, когда профессор Сида из университета г. Киото в 1910 году обнаружил, что противоположные по знаку первые импульсы Р-волн, изучаемые при землетрясении, расположены по азимуту вокруг эпицентра по определенной схеме. При этом, полярность (знак) первого импульса Р-волны принимает одно из двух противоположных значений: смещение направлено либо к эпицентру, что соответствует *сжатию*, либо от него – *растяжению*.

Важность такого открытия для изучения механизма очага становится еще значительнее, если иметь в виду, что при взрыве источник генерирует в Р-фазе только сжатие во всех направлениях. Это означает, что, изучая механизм очага, можно отличить взрыв от землетрясения, что имеет огромное значение, в частности, для идентификации несанкционированных ядерных взрывов.

На рис. 1.2(16) показан окруженный сферической поверхностью очаг землетрясения, в котором произошел правосторонний сдвиг по плоскости разлома. В этом случае на дневной поверхности сейсмические станции по вступлениям первых Р-волн регистрируют сжатие (положительный знак Р-импульса) или растяжение (отрицательный знак Р-импульса), в зависимости от того, где относительно источника (под каким азимутом) они (станции) находятся.

На рис. 1.2(17) приведены основные виды разрывов в очаге и соответствующие им диаграммы механизмов очагов.

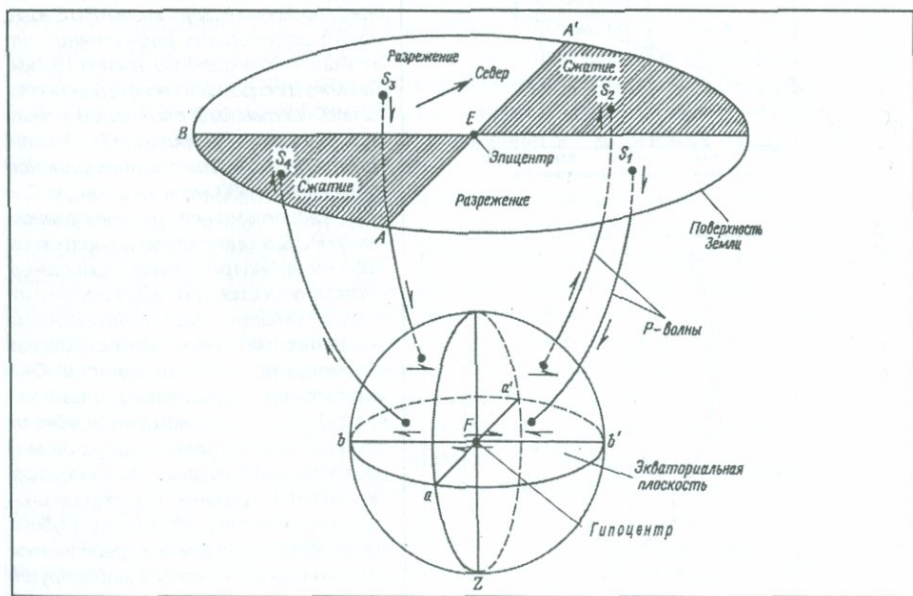
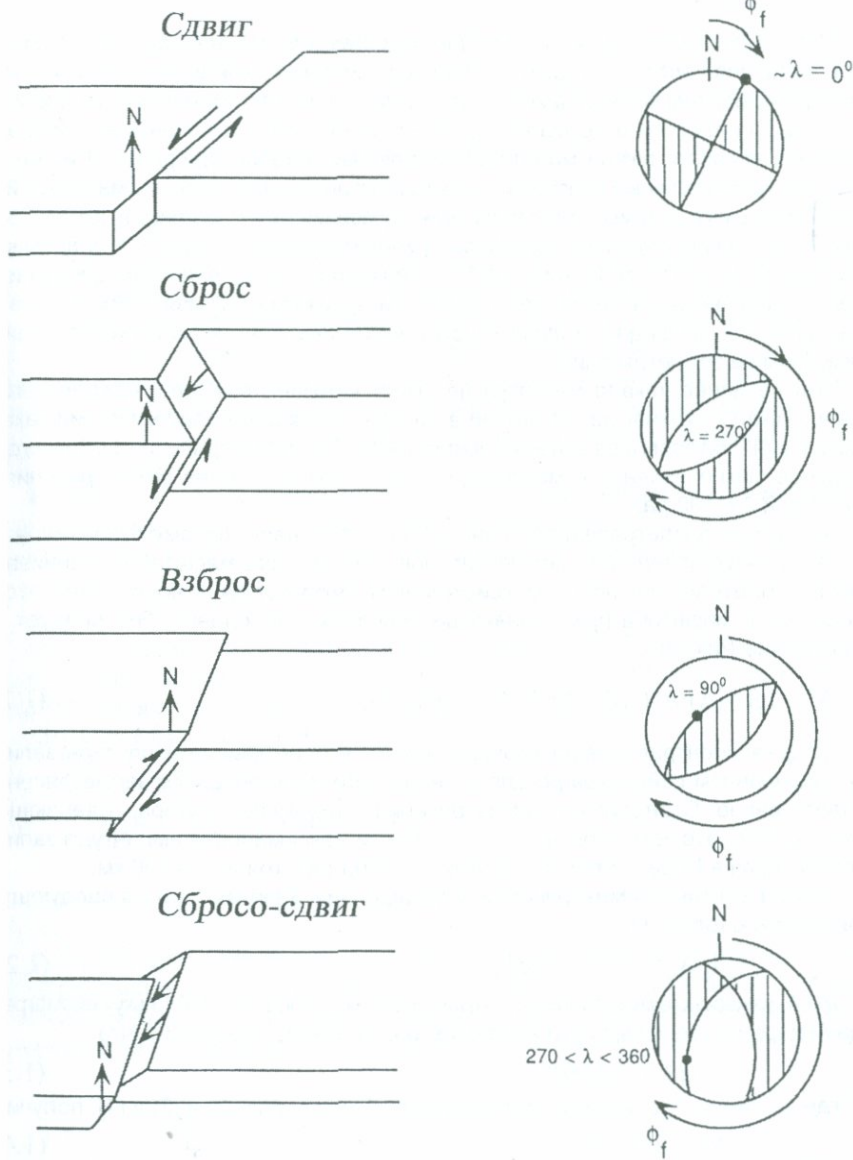


Рис. 1.2(16) Определение механизма очага землетрясения. (Lay and Wallace, 1995)

⇒ Смещение в очаге типа правосторонний сдвиг;

- - - трассы продольных волн.



ис. 1.2(17) Основные типы разломов и их выражение в механизме очага землетрясения. зу, Wallace, 1995) Заштрихованные области показывают зоны сжатия (по характеру тупления P-волн).

## Магнитуда землетрясения

Магнитуда землетрясения – это, по существу, полученная из сейсмограммы мера смещения частиц грунта, т.е. амплитуда сейсмической волны. Чем сильнее землетрясение, тем больше амплитуда волны и, соответственно, его магнитуда.

Сегодня существуют несколько шкал магнитуд. Самой известной из них среди населения является шкала магнитуд, построенная в 1935г. проф. Ч.Ф. Рихтером. Наиболее чувствительные сейсмографы регистрируют землетрясения с магнитудой 3. Самое слабое из ощутимых для людей землетрясений имеет магнитуду около 1.5, а наименьшее землетрясение, способное причинить ущерб – около 4.4 (к примеру, Ноемберянокское землетрясение 1997г. в Армении). Сильнейшее из когда-либо зарегистрированных на Земле землетрясений произошло 22 мая 1960г. в Чили с магнитудой 9.5. Очевидно, в физическом смысле Земля не в состоянии породить более сильное землетрясение.

Тем не менее, шкала магнитуд не имеет верхнего предела. Каждая целая единица шкалы отличается от другой в 10 раз, отражая логарифмический закон, положенный Рихтером в ее основу (Richter, 1958). Так, землетрясение с магнитудой 4 сильнее землетрясения с магнитудой 3 в 10 раз и сильнее землетрясения с магнитудой 2 в 100 раз.

Магнитуда землетрясения величина относительная и потому безразмерная. Шкала магнитуд определяет землетрясение стандартного масштаба и оценивает другие землетрясения по их максимальным амплитудам относительно этого стандартного масштаба при одинаковых условиях наблюдений. Это следует из определения Рихтера:

$$M = \lg[A(\Delta)/A_0(\Delta)] = \lg A(\Delta) - \lg A_0(\Delta), \quad (1.1)$$

где  $\Delta$  - эпицентральный расстояние,  $A_0$  и  $A$  – максимальные амплитуды записи на определенном сейсмографе для стандартного и измеряемого землетрясений соответственно. Стандартное землетрясение в формуле Рихтера, отвечающее значению  $M=0$ , это землетрясение, при котором максимальная амплитуда записи на сейсмографе Вуда-Андерсона равна 1 мкм на расстоянии  $\Delta=100$  км.

Изучая местные землетрясения в Калифорнии, Рихтер получил следующую эмпирическую формулу:

$$\lg A_0 = 6.37 - 3 \lg \Delta, \quad (1.2)$$

где  $A_0$  измерено в микрометрах,  $\Delta$  - в километрах ( $\Delta \leq 600$  км). Поскольку сейсмограф Вуда-Андерсона увеличивает сигнал в 2800 раз, то можно определить, что

$$\lg A = \lg(2800 a), \quad (1.3)$$

где  $a$  – амплитуда грунта в микрометрах. Подставляя (3) и (2) в (1), получим:

$$M = \lg a + 3 \lg \Delta - 2.92. \quad (1.4)$$

Уравнение (1.4) означает переход от амплитуды записи ( $A$ ) к амплитуде грунта ( $a$ ), независимо от типа сейсмографа.

Поскольку магнитуда Рихтера справедлива только для неглубоких ( $h < 60$  км)

местных землетрясений ( $\Delta \leq 600$  км) с периодом колебаний  $T=0.1-1.0$ с, ее часто называют локальной магнитудой ( $M_L$ ) для отделения от магнитуд дальних ( $\Delta > 600$  км) или глубокофокусных ( $h > 60$  км) землетрясений. В этом случае используют, соответственно, магнитуду поверхностных волн ( $M_S$ ) и магнитуду объемных волн ( $m_b$ ). Для  $\Delta > 600$  км на сейсмограммах преобладают поверхностные волны с периодами около 20 с.

В результате максимальная амплитуда ( $a$ ) зависит от расстояния ( $\Delta$ ) отличным от (1.4) образом:

$$M_S = \lg a + a \lg \Delta + \beta, \quad (1.5)$$

где  $M_S$  – магнитуда поверхностной волны,  $a$  – максимальная амплитуда горизонтального смещения грунта для поверхностных волн с периодом  $T=20$  с. Постоянные  $a$  и  $\beta$  подбираются эмпирически так, чтобы для некоторых эталонных землетрясений с известной магнитудой формула (1.5) давала значения, совпадающие с полученными по формулам (1.1+1.4). Согласно Гутенбергу  $a=1.656$ ,  $\beta=1.818+C$  (где  $C$  – константа станции). Разброс вокруг указанных значений  $a$  и  $\beta$ , полученный разными исследователями вслед за Гутенбергом, отражает влияние местных условий.

Уравнения (1.1+1.5) применимы только к мелкофокусным землетрясениям с глубиной очага до 60 км. Для более глубоких землетрясений Б.Гутенберг и Ч.Рихтер ввели магнитуду  $m_b$  по объемным волнам, заменив  $\lg a$  в формуле (5) на  $\lg(a/T)$ , т.е.:

$$m_b = \lg(a/T) + Q(h, \Delta), \quad (1.6)$$

где  $T$  – период измеряемой волны в секундах ( $T=1.0-5.0$ с),  $Q(h, \Delta)$  – эмпирический коэффициент, зависящий от глубины  $h$  сейсмического источника и эпицентрального расстояния  $\Delta$ .

Эмпирически было установлено, что

$$\begin{aligned} m_b &= 2.5 + 0.63M_S \\ \text{или} \quad M_S &= 1.59m_b - 3.97, \end{aligned} \quad (1.7)$$

Примечательно, что при  $M \approx 6.75$ ,  $M_S = m_b$ , при  $M > 6.75$ ,  $M_S > m_b$ , и при  $M < 6.75$ ,  $M_S < m_b$ .

Дальнейшие сейсмологические исследования в области описания силы землетрясений показали, что сильные землетрясения с магнитудой  $M > 8$  плохо описываются существующими шкалами магнитуд, и поэтому японским сейсмологом Канамори в 1977г. была введена шкала моментной магнитуды  $M_w$ , для  $T > 200$ с:

$$M_w = (\lg M_0/1.5) - 10.7, \quad (1.8)$$

где  $M_0 = \mu UA$  ( $\mu$  – жесткость,  $U$  – средняя подвижка по разлому,  $A$  – площадь разлома), представляет собой *сейсмический момент*.

## Энергия землетрясения

Магнитуда Рихтера непосредственно связана с *сейсмической энергией* землетрясения, так как именно эта энергия излучается в виде сейсмических волн из очага землетрясения, порождая колебания грунта.

Доктор Бено Гутенберг, коллега Ч. Рихтера по Калифорнийскому технологическому институту, получил эмпирическое соотношение, связывающее энергию ( $E$ , в эргах) и магнитуду Рихтера ( $M_L$ ):

$$\lg E = 9.9 + 1.9M_L - 0.024 M_L^2, \quad (1.9)$$

Первое, что вытекает из формулы (1.9) – это то, что сейсмическая энергия очень быстро возрастает с ростом магнитуды.

В таблице 1.2(1) приведено соотношение между магнитудой и энергией землетрясений.

**Таблица 1.2(1)** *Магнитуда и энергия землетрясений (Касахара, 1985)*

Магнитуда $M$	Энергия, эрг	Магнитуда $M$	Энергия, эрг
8.5	$3.6 \times 10^{24}$	6.0	$6.3 \times 10^{20}$
8.0	$6.3 \times 10^{23}$	5.5	$1.1 \times 10^{20}$
7.5	$1.1 \times 10^{23}$	5.0	$2.0 \times 10^{19}$
7.0	$2.0 \times 10^{22}$	4.5	$3.6 \times 10^{18}$
6.5	$3.6 \times 10^{21}$	4.0	$6.3 \times 10^{17}$

Для калифорнийских землетрясений Гутенберг и Рихтер получили эмпирическую связь между энергией землетрясения и его магнитудами  $m_b$  и  $M_S$ , в виде:

$$\begin{aligned} \lg E &= 5.8 + 2.4 m_b; \\ \lg E &= 11.8 + 1.5 M_S, \end{aligned} \quad (1.10)$$

Если  $M_S$  в формуле (1.10) увеличивается на 1.0, то  $E$  умножается на коэффициент  $10^{1.5}$ , т.е. увеличивается примерно в 32 раза. Иными словами, сейсмическая энергия землетрясения с  $M_S = 7.0$  приблизительно в 32 раза больше, чем у землетрясения с  $M_S = 6.0$ , и в 1000 раз больше, чем у землетрясения с  $M_S = 4.0$ .

В 1974 г. русский ученый Б.В. Костров (Kostrov, 1974) показал, что излучаемая сейсмическая энергия  $E_S$  пропорциональна падению напряжения  $\Delta\sigma$ , т.е.

$$E_S = \frac{1}{2} \Delta\sigma \bar{D} \cdot A, \quad (1.11)$$

где  $\bar{D}$  – средняя величина смещения по разлому,  $A$  – площадь разлома. Затем (1.11) было выражено через сейсмический момент  $M_0$ , как

$$E_S = \frac{\Delta\sigma}{2\mu} M_0. \quad (1.12)$$

При сбросе напряжений в 30 бар, после подстановки (1.12) в (1.10) можно получить:

$$\log M_0 = 1.5M_S + 16.1, \quad (1.13)$$

Эта формула указывает на ясный путь построения шкалы моментных магнитуд (выражение 1.8), что и было сделано в 1977 г. профессором Хиро Канамори (Kanamori, 1977).

### Интенсивность землетрясения

Помимо магнитуды и энергии существует и другая не физическая, а описательная характеристика силы землетрясения – это *интенсивность*.

Люди, испытавшие на себе землетрясение, автоматически оценивают его силу по полученным ощущениям, а также по причиненному от землетрясения ущербу и геологическим проявлениям на поверхности Земли (выход разломов на поверхность Земли с изменением рельефа местности, оползни, обвалы на склонах гор, изменение русла рек и т.д.).

Так, человек считает, что если его дом, к примеру, получил сильные повреждения, то это землетрясение сильнее того, при котором он едва почувствовал сейсмические толчки. На самом же деле ощущения человека, состояние его дома и близлежащих строений, а также изменения окружающей среды зависят от того, насколько далеко от эпицентра землетрясения находится человек, насколько глубоко расположен очаг землетрясения, каково качество построек и свойства грунта. Однако несмотря на всю субъективность и неоднозначность ощущений человека попытки классификации силы землетрясения, т.е. интенсивности, на основе ощущений человека, причиненного ущерба и визуально видимого воздействия на окружающую геологическую среду предпринимались начиная с 1862 года, когда ирландский инженер Роберт Маллет составил карту пораженной неаполитанским землетрясением 1857 года территории. Введенные Маллетом четыре категории составляют первую примитивную шкалу интенсивностей землетрясений. В конце девятнадцатого века, в 1883 г. в Европе большое распространение получила разработанная в Швейцарии и Италии шкала Росси-Фореля (RF), в которой были описаны десять степеней интенсивности сейсмических сотрясений. В 1902 году в Италии появилась 12-балльная шкала Джузеппе Меркалли, которая затем была модифицирована в 1931 году американскими сейсмологами Г. Вудом и Ф. Ньюменом, получив название «Модифицированная шкала Меркалли». Эта шкала была пересмотрена Ч. Рихтером в 1956 г. и получила название «Модифицированная шкала Меркалли (MMI), вариант 1956 г.». В СССР и странах восточной Европы начиная с 1964 г. официальное распространение получила шкала MSK-64, названная так по начальным буквам фамилий предложивших ее сейсмологов: С.В. Медведева (СССР), В. Шпонхойера (ГДР) и В. Карника (ЧССР). MSK-64 практически мало чем отличается от MMI.

Сегодня, помимо MMI и MSK-64, широко распространена 12-балльная Европейская макросейсмическая шкала (EMS, 1998), а также действующая в Японии 7-балльная шкала Японского метеорологического агентства (JMA), разработанная в 1951 году.

Для получения более полного представления об оценке интенсивности землетрясения в таблице 1.2(2) приведена модифицированная шкала Меркалли, широко распространенная в США и Европе и, как уже говорилось, практически не отличающаяся от шкалы MSK-64, распространенной в СССР и странах Восточной Европы. Кроме этого в таблице 1.2(2) приведены все вышеописанные шкалы (за исключением самой ранней) в сопоставлении друг с другом.

**Таблица 1.2(2) Шкалы интенсивности землетрясений, используемые в разных странах**

Краткое описание характерных признаков сейсмического воздействия	MMI 1956 MSK-1964	EMS 1998 (баллы)	RF 1883 (баллы)	JMA 1951 (баллы)	Ускорение (g)
1	2	3	4	5	6
Ощущается только очень немногими людьми при особо благоприятных обстоятельствах	I	I	II		-
Ощущается только немногими людьми, находящимися в покое, чаще всего на верхних этажах зданий. Свободно подвешенные предметы иногда покачиваются	II	II			-
Вполне отчетливо ощущается в помещении, особенно на верхних этажах, но многие люди еще не распознают землетрясения. Стоящие машины иногда слегка покачиваются. Ощущается вибрация, как от проходящего мимо грузовика. Можно оценить длительность колебаний	III	III	III	I	-
Днем ощущается в помещении многими, а вне помещения – немногими людьми. Ночью некоторые просыпаются. Сдвигается с места посуда, открываются и закрываются окна и двери; стены трещат. Впечатление как будто тяжелый грузовик ударился в стену дома. Стоящие машины заметно раскачиваются и подскакивают	IV	IV	IV	II	0.015-0.02
Ощущается почти всеми, многие из спящих просыпаются. Иногда трескаются посуда, стекла окон и т.д. Образуются отдельные трещины в штукатурке; неустойчивые предметы опрокидываются. Иногда отмечается раскачивание деревьев, столбов и других высоких предметов. Могут остановиться маятниковые часы	V		V	III	0.03-0.04

1	2	3	4	5	6
Ощущается всеми, многие в испуге выбегают из домов. Иногда сдвигается тяжелая мебель, отмечаются случаи выпадения штукатурки и повреждения труб. Разрушения небольшие	VI	V	VI	IV	0.06-0.07
Все выбегают из домов. В зданиях прочной конструкции и хорошей постройки разрушения незначительные в хорошо построенных обычных домах – небольшие или умеренные, в плохо построенных или неудачно сконструированных домах и сооружениях – значительные; некоторые дымовые трубы разрушаются. Замечается людьми, ведущими автомашины	VII	VI	VII		0.10-0.15
В специальных сейсмостойких зданиях повреждения небольшие; в обычных домах из дерева или камня – значительные, с частичным обрушением; в плохо построенных зданиях и сооружениях – сильные. Панельные стены отделяются от каркаса. Падают дымовые трубы в домах, фабричные трубы, колонны, памятники, стены. Опрокидывается тяжелая мебель. Небольшие выбросы песка из грязи. Изменяется уровень воды в колодцах. Люди, ведущие машины, испытывают сотрясения	VIII	VII	VIII	V	0.25-0.30
Значительные повреждения в специально сконструированных постройках; каркасные постройки хорошей конструкции перекашиваются, наклоняются. Сильные повреждения зданий из обычных материалов, частичное обрушение. Дома сдвигаются со своих фундаментов. Хорошо видны трещины в грунте. Разрывы подземных трубопроводов	IX	VIII	IX		0.50-0.55
Разрушаются деревянные сооружения хорошей постройки; большинство каменных и каркасных строений разрушаются вместе с фундаментом; грунт изборожден трещинами. Искривляются железнодорожные рельсы. Происходят значительные обвалы и оползни с бортов речных долин и крутых склонов. Текут песчаные и глинистые грунты. Вода из рек выплескивается на берега	X	IX		VI	Более 0.60
Не обрушиваются только единичные строения (каменной кладки). Мосты разрушаются. В грунте образуются широкие расщелины. Подземные трубопроводы полностью выходят из строя. Обвалы и крупные оползни в мягких грунтах. Сильно искривляются рельсы	XI	X	X	VII	
Полное разрушение. Волны на поверхности Земли. Обнаруживаются видимые изменения в ландшафте. Предметы подбрасываются в воздух	XII	XI			
		XII			

Для того, чтобы было ясно, почему в разных странах используются разные шкалы, нужно сказать, что это объективная ситуация, т.к. в разных странах используются разные сравнения, специфичные именно для этой страны с ее культурой. Например, японцам трудно будет использовать такое описание европейских шкал, как «начинают звонить церковные колокола», или для европейцев – может ли ощущаемый ими толчок опрокинуть каменный фонарь, описанный в японских шкалах. Понятие «обычное крепко стоящее строение» будет иметь разный смысл в США и Афганистане или Индии.

Таким образом, шкалы интенсивности не имеют отношения к инструментальным сейсмологическим измерениям. Здесь роль инструмента играет описание человека, испытавшего землетрясение. По информации, собранной из различных населенных пунктов, расположенных в зоне происшедшего землетрясения, путем обследования – состояния людей в пострадавших районах, поврежденных зданий, резервуаров, дорог, каналов, горных склонов, грунтов на местности и всего другого, что могло бы передать или нести следы сейсмического воздействия, судят об интенсивности землетрясения. Особое внимание во многих странах уделяется рассылке и заполнению специальных опросников населения в зоне воздействия землетрясения. В результате обработки всех данных определяется значение интенсивности землетрясения по используемой в данной стране шкале. Полученные данные наносятся на карты интенсивности сейсмических воздействий. Затем проводятся линии, соединяющие пункты с одной и той же интенсивностью. Эти линии называются *изосейстами*, а полученные карты – картами изосейст (рис. 1.2(18)). Изосейсты, разделяющие районы на зоны

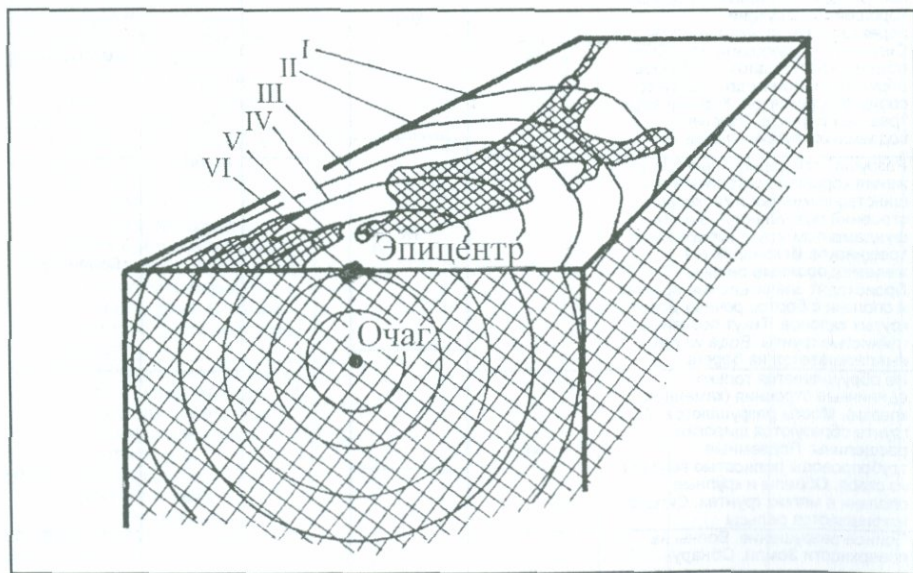


Рис. 1.2(18) Изосейсты (VI, V, IV, ...) землетрясения. (Эйби, 1982)

с различной интенсивностью, очень удобный способ определения эпицентра землетрясения, размеров и положения пострадавшего района, сейсмогенных эффектов, проявившихся в окружающей геологической среде.

Интенсивность, приписываемая данному конкретному землетрясению, это обычно максимальная интенсивность, наблюдаемая при этом землетрясении. Корреляция между интенсивностью и магнитудой очень приближительна, хотя в целом и отражает связь: чем больше магнитуда, тем больше интенсивность. Интенсивность, помимо магнитуды, зависит от расстояния между очагом землетрясения и точкой наблюдения (чем больше расстояние, тем меньше интенсивность), от глубины очага (чем больше глубина, тем меньше интенсивность), от грунтовых условий (слабые грунты усиливают колебания, а крепкие – ослабляют). Однако, если мы исключим из рассмотрения разницу в грунтах, то соотношение между магнитудой и интенсивностью будет выглядеть приблизительно так, как это показано в таблице 1.2(1).

Общее выражение, названное *уравнением макросейсмического поля*, связывающее интенсивность землетрясения в некоторой точке ( $i$ ) –  $I_i$  с магнитудой землетрясения  $M$ , эпицентральной расстоянием  $\Delta_i$  и глубиной очага  $h$ , согласно известному российскому сейсмологу Н.В. Шебалину (1968), имеет следующий вид.

В эпицентре землетрясения:

$$I_0 = bM - v \lg h + c ; \quad (1.14)$$

в точке на расстоянии  $\Delta_i$  от эпицентра:

$$I_i = bM - \lg \sqrt{\Delta_i^2 + n^2} + c , \quad (1.15)$$

где  $b$ ,  $v$  и  $c$  – константы (в среднем  $b=1.5$ ,  $v=3.5$  и  $c=3.0$ ).

Макросейсмическим полем называется ограниченная часть земной поверхности, в каждой точке которой может быть определено значение макросейсмической интенсивности, создаваемой источником сейсмического поля – очагом землетрясения.

Очаг землетрясения может считаться точечным, если только он расположен на достаточно большом удалении от точки наблюдения.

Оценка интенсивности землетрясения имеет важное значение для описания исторических сейсмических событий, т.к. в историческом прошлом (до конца XIX века) не было инструментальных записей, по которым можно было бы определить магнитуду землетрясения. Для перехода от интенсивностей  $I_0$  к магнитудам  $M_S$  известными английскими учеными Н. Амбрасейсом и К. Мелвиллом (Ambraseys and Melville, 1982) была предложена следующая эмпирическая формула:

$$M_S = 0.77I_0 - 0.07 , \quad (1.16)$$

которая широко используется в международной практике для составления единых каталогов землетрясений, включающих как инструментальные, так и доисторические и исторические землетрясения.

**Ускорения грунта**

Помимо качественной оценки интенсивности сейсмического воздействия на населенные и урбанизированные районы важной количественной физической величиной являются ускорения грунта.

Наши субъективные ощущения не позволяют установить величину действующего на нас ускорения в физических единицах, к примеру в  $\text{см}/\text{с}^2$ . Исходя из этого, ускорение удобно выражать через характеристику, которая известна всем, через *ускорение силы тяжести*. То есть, это то ускорение, с которым в вакууме падает шарик, находившийся до этого в состоянии покоя. Нужно отметить, что ускорение в  $1g=980\text{см}/\text{с}^2$  это достаточно большое возрастание скорости. Оно соответствует ускорению, к примеру, автомобиля, который трогается с места и проедет 100 м за 4.5с.

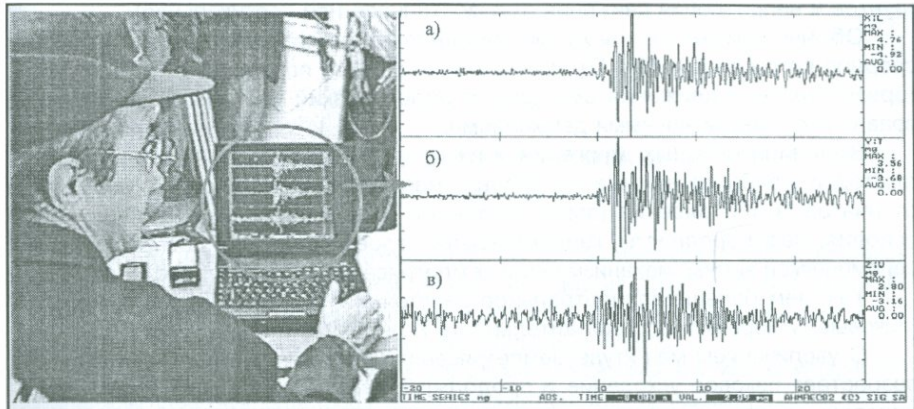
Для полного понимания эффектов сотрясения Земли, помимо ускорения, сейсмологи пользуются информацией о скорости и величине смещения грунтов, т.к. даже для правильного сейсмостойкого строительства нужно знать, насколько быстро и на много ли смещается грунт при землетрясении.

Чем дальше расходятся волны, тем сильнее затухают высокочастотные колебания по сравнению с длиннопериодными. Сотни записей ускорений этих колебаний – акселерограмм, благодаря современным приборам сильных движений – акселерографам получены сегодня по всему миру, как на поверхности различных типов грунтов, так и внутри зданий и сооружений. Полученные данные показывают, что ускорения при колебаниях твердого грунта во время большинства средних землетрясений, на расстояниях порядка нескольких десятков километров от очага, составляют от 0.05g до 0.35g. Во время землетрясений измеряются как вертикальные, так и горизонтальные колебания грунта. В общем случае вертикальное ускорение меньше, чем пиковое горизонтальное, и в среднем вертикальная составляющая равна примерно половине горизонтальной. Наибольшее зарегистрированное до сих пор горизонтальное ускорение 1.15g было записано у одной из опор плотины Пакойма при землетрясении Сан-Фернандо в 1971 г., при вертикальном ускорении 0.7 g. Наибольшее вертикальное ускорение в 1.3 g было записано в СССР вблизи очага Газлийского землетрясения (Узбекистан, 17 мая 1976 г.). Один из показателей особенно сильных вертикальных сотрясений, превосходящих 1g, это «подбрасывание» предметов. Сообщения очевидцев об этом явлении поступают со всего мира при сильных землетрясениях.

На рис. 1.2(19) приведен пример акселерограммы сильных движений грунта при Гуджаратском землетрясении (Индия, 2001г.,  $M=7.7$ ). На акселерограмме показаны три составляющие ускорений грунта – две из которых горизонтальные, измеренные в меридиональном (рис. 1.2(19а)) и широтном (рис. 1.2(19б)) направлениях, а одна вертикальная (рис. 1.2(19в)).

Хотя максимальные («пиковые») величины ускорений имеют большое значение, важно знать, что на здание и сооружение разрушающее влияние оказывает и длительность сильных колебаний – второй важный параметр, снимаемый с акселерограммы. Обычно измеряют продолжительность колебаний, при которых ускорение превышает некоторую пороговую величину – как правило, 0.05g.

Акселерографы, в отличие от сейсмографов, не имеют системы непрерывной



**Рис. 1.2(19)** Уникальная акселерограмма сильных движений грунта, полученная Силами быстрого реагирования НССЗ при Правительстве РА в эпицентральной зоне Гуджаратского землетрясения ( $M=7.7$ , 2001, Индия). (На снимке руководитель инженерного центра НССЗ при Правительстве РА, член СБР - М.А. Бабаян).

регистрации. Они включаются от самого землетрясения и питаются от батарей, т.к. при сильных землетрясениях электричество часто отключается.

Записи сильных движений являются основой для разработки норм проектирования и осуществления сейсмостойкого строительства, а также для укрепления зданий и сооружений существующей застройки.

Записи сильных движений являются также основой для оценки разрушений в реальном масштабе времени и быстрого реагирования.

На территории Армении ожидаемые максимальные ускорения грунта колеблются от 0.1 до 0.5g. Современные приборы сильных движений регистрируют ускорения до 2g, имея в виду получение записей акселерограмм непосредственно в очаговых зонах сильных землетрясений.

При оценке опасности для конкретных населенных пунктов или же жизненно важных объектов (дороги, мосты, аэродромы, дамбы, производственные комплексы, трубопроводы и др.) встает вопрос о необходимости учета всех факторов, влияющих на сильные движения поверхности земли при сильном землетрясении.

Характеристики сильных движений поверхности земли, которые наиболее важны для решения прикладных задач инженерной сейсмологии, включают: 1) максимальные движения поверхности земли (максимальные ускорения, скорость, перемещение); 2) продолжительность сильных движений; 3) частотный спектр.

Максимальные сильные движения дневной поверхности, выраженные в ускорениях, обычно меняются в пределах 0.1-0.5g, возрстая до 0.7g и более непосредственно в эпицентральной области; скорости движений меняются обычно в пределах 0.0254-0.127м/сек; максимальные смещения – чаще всего 0.0254-0.381м. Продолжительность сильных движений составляет обычно 15-90 сек. Частотный спектр колебаний расположен чаще всего в диапазоне 0.1-10 Гц с максимальной мощностью спектра в диапазоне 2-6 Гц в зависимости от типа

грунтов и направления движения (горизонтальное или вертикальное).

Обычно рыхлые грунты характеризуются более низкими частотами (2-3 Гц), средние по плотности (3-4 Гц) и плотные (коренные породы, 4-6 Гц). При этом, горизонтальные движения смещены в более низкий частотный диапазон по сравнению с вертикальными движениями.

Величина сильных движений и их продолжительность зависят от ряда факторов, наиболее важные из которых: магнитуда землетрясений, расстояние от очагов землетрясения (эпицентральное расстояние), местные грунтовые условия, неоднородность геологического строения на пути распространения сейсмической волны, механизм очага землетрясения (сброс, взброс, сдвиг и др.).

Так, чем больше эпицентральное расстояние, тем меньше максимальные (пиковые) ускорения и продолжительность колебаний.

С увеличением магнитуды землетрясения на заданном расстоянии от очага возрастает пиковое ускорение и продолжительность колебаний. Зависимость пиковых ускорений от неоднородности геологического строения на пути распространения сейсмических волн связана с явлениями их дифракции, рефракции, интерференции. Что касается влияния механизма очага, то взброс в очаге землетрясения, вызванный сжатием горных пород в очаговой зоне, приводит к наиболее высоким пиковым ускорениям и длительностям колебаний земли.

Оценивая вклад различных факторов в сильные движения поверхности земли, можно сказать, что, при прочих равных условиях, изменение сейсмического эффекта на поверхности земли зависит от грунтовых условий на исследуемой территории (см. главу 2).

Различными исследователями изучался закон затухания сильных движений грунта, который имеет различный вид в разных сеймотектонических условиях.

Одной из широко используемых в международной практике моделей является модель американских сейсмологов Джойнера-Бура (Joyner and Boore, 1982), которая достаточно хорошо применима для Кавказа и имеет следующий вид:

$$\log a = 0.43 + 0.23(M_w - 6) + \log \sqrt{R^2 + h^2} - 0.0027\sqrt{R^2 + h^2}, \quad (1.17)$$

где  $a$  – ускорение в долях  $g$ ,  $R$  – эпицентральное расстояние,  $h$  – глубина очага.

Между ускорениями грунта и интенсивностью землетрясения существует определенная эмпирическая связь, впервые описанная русским ученым С.В. Медведевым (1962), в виде:

$$a = a_k \cdot 2^{I_{MSK}}, \quad (1.18)$$

где,  $a_k$  – максимальное (пиковое) ускорение ( $a_k = 0.8 \text{ см/с}^2$  при периоде  $T = 0.4 \text{ с}$ ),  $I_{MSK}$  – интенсивность, выраженная в баллах шкалы MSK-64 (или MMI).

Другое широко используемое в международной практике выражение предложено американскими сейсмологами Трифунаком и Бреди (Trifunac and Brady, 1975).

$$I_{MMI} = \log(a_{ph} - 0.14) + 0.30, \quad (1.19)$$

где  $I_{MMI}$  – интенсивность, выраженная в единицах шкалы MMI (или MSK-64),  $a_{ph}$  – пиковое горизонтальное ускорение.

### 1.3 Машина землетрясения, сейсмический цикл и статистика землетрясений

Действие источника землетрясений часто сравнивают с работой некой машины, аккумулирующей потенциальную энергию из другого, более скрытого источника и мгновенно превращающей часть ее в кинетическую энергию, т.е. в нашем случае в сейсмические волны, сотрясающие Землю.

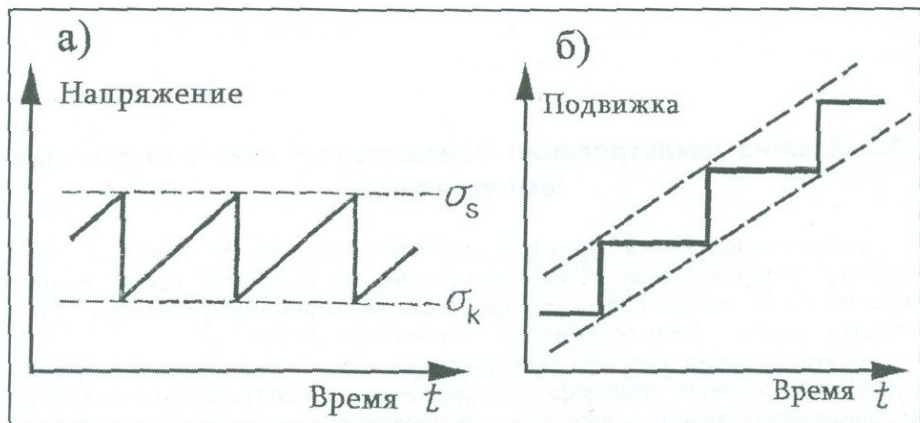
Важным элементом машины землетрясения является спусковой механизм (триггер). Так, однажды возникнув, катастрофический разрыв горных пород вызывает, как спусковой механизм, распространение разрушения в виде последующих разрывов в том же регионе. Этот процесс известен в сейсмологии как *повторяемость землетрясений*, или как повторение сейсмических циклов. Каждый цикл включает *межсейсмическую, предсейсмическую, косейсмическую и постсейсмическую* стадии.

Межсейсмическая стадия характеризуется накоплением потенциальной энергии; предсейсмическая – неупругим поведением среды при критическом уровне напряжений; косейсмическая – превращением потенциальной энергии в кинетическую; постсейсмическая – переходом в новое равновесное состояние. Это означает, что конец постсейсмической стадии является одновременно и началом межсейсмической стадии следующего цикла.

Таким образом, после каждого сильного землетрясения в той же зоне начинается подготовка следующего сильного землетрясения, т.е. повторяемость сильных землетрясений в одних и тех же зонах – это неизбежный и перманентный геофизический процесс.

На рис. 1.3(1) показана идеализированная картина периодического накопления и сброса напряжений ( $\sigma$ ), т.е. идеализированные сейсмические циклы, которые можно интерпретировать следующим образом. Меняющиеся напряжения  $\sigma_k$  в некоторой деформирующейся области, под действием сил упругих деформаций, за период времени  $\Delta t$  растут и достигают предельной величины  $\sigma_s$ . После этого происходит разрыв предельно деформированных горных пород и, соответственно, сброс напряжений на величину  $\sigma_s - \sigma_k = \Delta\sigma$ , сопровождающийся подвижкой по разлому и, соответственно, землетрясением. Затем, за тот же период времени  $\Delta t$ , вновь происходит рост (накопление) напряжений  $\sigma_k$  до той же для данного района предельной величины  $\sigma_s$ , после чего вновь происходит сброс напряжений ( $\Delta\sigma$ ), с предельного уровня  $\sigma_s$  на уровень  $\sigma_k$  и подвижка по разлому. Сброс напряжений  $\Delta\sigma$  при сильных землетрясениях в основном лежит в пределах 10–100 бар и слабо зависит от местных условий. Затем этот процесс вновь и вновь повторяется с определенным периодом времени.

Впервые исследованиями японского сейсмолога Цубои, в 1933 году, было показано, что, за исключением зон разломов, деформации земной коры имеют



**Рис. 1.3(1)** Идеализированные сейсмические циклы: а – накопление напряжений; б – подвижка по разлому. Величины  $\sigma_s$  и  $\sigma_k$  – соответственно статическое и динамическое (кинематическое) напряжения трения на поверхности разлома. (Касахара, 1985)

порядок  $10^{-4}$  или меньше (Tsuboi, 1933). Предельная же деформация оценивается в  $(1+2) \times 10^{-4}$ . Таким образом, земная кора деформируется до этого уровня упруго, но никогда не переходит за этот предел без разрушения.

Изучение сейсмических циклов сильных землетрясений показывает, что они различны в разных сейсмотектонических условиях и могут меняться за время от нескольких десятков до нескольких тысяч лет. При этом, в одних и тех же геодинамических регионах возможны различные активные структуры с различным периодом повторяемости сильных землетрясений. Кроме этого, могут наблюдаться и другие закономерности в сейсмических циклах. К примеру, в одной и той же очаговой зоне сильные землетрясения могут повторяться с меняющейся частотой, зависящей от многих факторов как регионального, так и локального характера. К региональному фактору прежде всего относится неравномерное движение литосферных плит. А это в свою очередь приводит то к ускорению, то к замедлению региональных деформационных процессов, в результате чего землетрясения по всей сейсмоактивной зоне то учащаются, то становятся реже. К локальным факторам относятся, в первую очередь, сейсмотектоническая позиция очага и особенности накопления в нем энергии упругих напряжений. Другим важным фактором является перераспределение накопленной энергии в очаге будущего землетрясения за счет внешних воздействий, которые способны как ускорить процесс сброса накопленной энергии (под действием земных приливов, взрывов, нагнетания воды в очаговую зону и других естественных и искусственных воздействий), так и приостановить его. Последнее возможно за счет перетока части накопленной энергии из искомого очага в соседний, к примеру, в результате возникшего в соседнем очаге дефицита потенциальной энергии, сброшенной при происшедшем в нем землетрясении.

Таким образом, накопление и сброс энергии, определяющие сейсмические циклы, это сложный процесс, зависящий от многих действующих факторов, изучение которых одна из задач в прогнозе землетрясений.

Сейсмические наблюдения, в особенности инструментальные в XX веке, позволили накопить большой объем информации о землетрясениях различной магнитуды в различных районах Земли и в разные периоды времени.

Бено Гутенберг и Чарльз Рихтер, впервые обобщив мировые данные, в 1954 году пришли к выводу о том, что магнитуда ( $M$ ) и среднегодовое число землетрясений ( $N$ ) в заданном регионе за указанный промежуток времени связаны соотношением (Gutenberg and Richter, 1954)

$$\lg N = A - bM, \quad (1.20)$$

где  $A$  и  $b$  – постоянные. При этом, величина  $b$  чаще всего варьирует в пределах  $0.75 \pm 1$ , независимо от региона.

В таблице 1.3(1) приведена среднегодовая частота землетрясений по Б. Гутенбергу и Ч. Рихтеру.

**Таблица 1.3(1)** Средняя годовая частота землетрясений на земном шаре (Gutenberg and Richter, 1954)

Магнитуда $M$	$\geq 8$	7.9-7	6.9-6	5.9-5	4.9-4	3.9-3
Частота $N$	1	13	108	800	6200	4900
Энергия ( $10^{23}$ эрг)	13.7	12.0	1.1	0.8	0.2	0.5
Часть полной энергии, высвободившейся в течение года, %	49	43	4	3	1	-

Выражение 1.20 и таблица 1.3(1) по существу демонстрируют фундаментальный закон сейсмологии – закон повторяемости землетрясений, или закон Гутенберга-Рихтера.

Из приведенной таблицы видно, что ежегодно в глобальном масштабе ожидается одно землетрясение с  $M \geq 8.0$ , приблизительно в десять раз больше землетрясений с  $7.0 \leq M < 8.0$ , в сто раз больше землетрясений с  $6.0 \leq M < 7.0$  и т.д. Таким образом, при каждом уменьшении магнитуды  $M$  на единицу количество землетрясений возрастает до 10 раз. При этом, около 49% годовой энергии высвобождается при сильнейшем землетрясении  $M \geq 8.0$  и 92% при землетрясениях с  $M \geq 7.0$ . Более слабые землетрясения, несмотря на их большую частоту, дают незначительный вклад в годовую величину высвобождаемой энергии. Это означает – бытующее представление о том, что со слабыми землетрясениями происходит разрядка накопленных напряжений, не отражает реального процесса накопления и разрядки упругих деформаций.

С увеличением магнитуды землетрясения появляются сопровождающие сильный толчок более слабые сопутствующие землетрясения. При этом, сильное землетрясение определяется как главное событие. Предшествующие ему слабые толчки (слабые землетрясения) определяются как *форшоки*, а возникающие после главного толчка более слабые, но частые землетрясения – как *афтершоки*.

Обычно сильному землетрясению с  $M \geq 6.0$  за несколько дней могут предшествовать несколько форшоков, а после сильного землетрясения, в течение нескольких лет, могут наблюдаться тысячи афтершоков.

Впервые японским ученым Омори в 1930 г. была установлена связь между частотой афтершоков ( $n$ ) и временем, прошедшим после главного сейсмического удара ( $t$ ). Связь эта получила название закона Омори.

$$n = \frac{C}{(K+t)^p}, \quad (1.21)$$

$K$ ,  $C$  и  $p$  – постоянные, зависящие от магнитуды землетрясения, а  $p$  изменяется в пределах 1.0÷1.4.

Распределение афтершоков в пространстве в течение первых 2 дней ооконтуривает очаговую зону (зона сейсмогенного разрыва). Японские ученые Утси и Секи в 1954г. выразили связь между магнитудой ( $A$ ) землетрясения и размерами его очага, определенными по площади ( $A$ ), занимаемой афтершоками, как (Utsu and Seki, 1954):

$$\lg A = 1.02M + 6.0, \quad (1.22)$$

где  $A$  измеряется в  $\text{см}^2$ .

Статистика глубин очагов землетрясений (фокальные глубины) показывает, что большинство землетрясений, включая и сильнейшие, происходят в земной коре на глубинах до 40км. Более глубокие землетрясения происходят с убывающей повторяемостью на глубине до 250км. Ниже этой отметки до глубины 700км вертикальное распределение землетрясений близко к однородному.

Статистика эпицентров землетрясений, как об этом уже говорилось ранее, показывает, что большинство землетрясений сконцентрировано вдоль границ литосферных плит (рис. 1.1(9)). При этом, около 80% мелкофокусных землетрясений (до 45км), 90% среднефокусных (до 250км) и почти все более глубокие (до 700км) сконцентрированы в тихоокеанском кольцевом поясе. Остальная часть сосредоточена, главным образом, вдоль Альпийско-Гималайского пояса и вдоль срединно-океанических хребтов или внутри литосферных плит.

Землетрясения делятся сейсмологами на сильные ( $M \geq 7$ ), средней силы ( $5 \leq M < 7$ ), слабые ( $3 \leq M < 5$ ), микроземлетрясения ( $1 \leq M < 3$ ), ультрамикроземлетрясения ( $M < 1$ ).

По этому определению, предложенному японскими сейсмологами, все сильные землетрясения, за исключением глубокофокусных, будут разрушительными. Землетрясения средней силы также могут быть разрушительными, если их гипоцентр неглубок, но область разрушений будет меньше. При слабых землетрясениях повреждения бывают редко, хотя опыт Армении (Ноемберянское землетрясение, 1997г.,  $M=4.4$ ) и других развивающихся стран с низким уровнем сейсмостойкого строительства показывает, что это возможно.

## 1.4 Разрушительные землетрясения Армянского нагорья

Исследования исторических землетрясений составляют неотъемлемую и важнейшую часть сейсмологии. Чем полнее и достовернее исторические сведения о землетрясениях, тем точнее определение сейсмического режима региона, оценка сейсмической опасности и риска.

Наличие исторических сведений по той или иной территории прямо зависит от ее населенности в историческом прошлом, уровня цивилизации населявших народов, включая письменность и культуру строительства.

В связи с этим Армения, как одно из древнейших государств мира обладающая ранней письменностью и высокой культурой строительства, представляет особый интерес с точки зрения широких возможностей изучения исторических землетрясений. Описания исторических землетрясений можно встретить уже в V веке в трудах первых армянских историков – Мовсеса Хоренаци, Гавстоса Бюзанда и Агатангегоса. А первое упоминание о таком природном явлении, как вулканическое извержение, которое несомненно сопровождалось землетрясением, содержится уже в клинописи урартского царя Аргишти I, датируемой 782-773 г.г. до Р.Х.

Первый хронологический перечень исторических землетрясений одной из наиболее сейсмоактивных областей исторической Армении – Ерзнка составлен в XV веке Амирасом Ерзнкаци. Первые публикации сводок макросейсмических описаний сильных землетрясений Армении появились в XIX столетии. Это труды Г. Инчичяна (Inchichian, 1822), О. Шахатунянца (Shakhatouniants, 1842), Г. Алишана и других. В 1903 г. К. Костанянцем (1903) был издан хронологический перечень исторических землетрясений Армении, где изложена летопись большого количества землетрясений от древних времен до XIX столетия. Другой заслуживающий внимания труд был опубликован в 1899 г. И. Мушкетовым и А. Орловым (1893) – это каталог землетрясений Российской империи, включающий и территорию Армении. Одним из первых был и каталог землетрясений Е. Бюса (Byus, 1948; 1952) по территории Кавказа. Весьма ценной является работа В. Степаняна (Stepanian, 1964), в которой с использованием первоисточников приведено описание большого количества исторических землетрясений Армянского нагорья и прилегающих территорий. В ряду наиболее полных каталогов сильных землетрясений по территории Армении следует отметить новый каталог сильных землетрясений СССР, охватывающий сильные события до 1975 г., изданный в 1976 году под редакцией Н. Кондорской и Н. Шебалина (1977). Некоторые дополнительные сведения об исторических землетрясениях Армении имеются в весьма ценной работе Амбрасейса и Мелвилла (Ambraseys and Melville, 1982). То же относится и к публикациям Н. Карапетян (Karapetian, 1991).

В 1991 г. А. Зейтуняном было составлено одно из наиболее полных собраний

сведений и описаний исторических землетрясений Армянского нагорья и прилегающих областей за время более чем 2500 лет (VI в. до Р.Х. – 1988 г.). К сожалению, эта работа до настоящего времени не опубликована, однако автор любезно предоставляет сейсмологам возможность использования его рукописных материалов.

Последней опубликованной работой, касающейся исторических землетрясений Армении, является книга Э. Гвидобони (Guidoboni, 1997), в которой приводится описание исторических землетрясений Армении в период со II-ого по XII век. Заслуживают внимания и работы Р. Арутюняна, А. Караханяна и А. Асатрян (Haroutunian, Karakhanian and Assatirian, 1997), а также С. Пирузяна (Pirousian et al., 1997).

Известно, что неопределенность основных параметров (место, сила, время) сильных землетрясений растет от современного инструментального к доисторическому периоду.

Учитывая, что, в зависимости от периода времени, основные параметры сильного землетрясения определяются разными способами, все сейсмические события можно разделить (по периоду времени) на три группы:

- землетрясения инструментального периода;
- исторические землетрясения;
- доисторические землетрясения.

Для определения основных параметров землетрясений за инструментальный период используются следующие способы. *Время* землетрясения определяется инструментально, по вступлениям Р-волн на сейсмограммах, полученных по нескольким (трем и более) сейсмостанциям. *Место* оценивается: 1) путем определения координат очага землетрясения и его глубины, по сейсмограммам, полученным на нескольких (трех и более) сейсмостанциях; 2) с помощью макросейсмических данных; 3) на основе геолого-геоморфологических данных. *Сила* землетрясения определяется: 1) по инструментальным записям; 2) по сейсмодислокациям – разрывным, гравитационным, смещения, поднятия, деформациям дневной поверхности; 3) по макросейсмическим данным - инженерное обследование разрушений и повреждений зданий и сооружений; изучение динамических характеристик различных типов конструкций; изучение местных геологических и грунтовых условий (site effect); изучение взаимодействия грунт-сооружение на предмет выявления резонансных и других разрушительных воздействий.

Для определения основных параметров землетрясений за исторический период используются другие способы. *Время* землетрясения устанавливается: 1) по историческим свидетельствам очевидцев; 2) путем определения возраста сейсмодислокации радиоуглеродным методом  $C^{14}$ ; 3) по археологическим данным; 4) на основе современного макросейсмического обследования древних сооружений. *Место и сила* землетрясения определяются: 1) по историческим макросейсмическим описаниям; 2) на основе современных макросейсмических исследований; 3) путем изучения сейсмодислокаций.

Для определения основных параметров за доисторический период используются следующие способы. *Время* землетрясения устанавливается по археологическим данным и путем определения возраста сейсмодислокации радиоуглеродным методом  $C^{14}$ . *Место* – определяется по палеосейсмическим дислокациям, выявленным путем проходки траншеи и других горных выработок. *Сила* – по

амплитуде палеосейсмодислокации.

Анализируя опубликованные работы, можно прийти к выводу о том, что, несмотря на весьма богатый материал, каталог исторических землетрясений Армении весьма неоднороден и неоднозначен. Впрочем, указанная проблема характерна не только для каталога землетрясений Армении, но и для каталогов по другим сейсмоактивным зонам мира.

В связи с вышеизложенным, С. Ю. Баласаняном была предложена методика оценки достоверности каждого из параметров выявленного сильного землетрясения (сила, место, время) на основе разработанных им критериев необходимой и достаточной информации (Pirousian et al., 1997). Предложенный подход к составлению каталогов сильных исторических и доисторических землетрясений позволяет в относительных единицах количественно оценить степень изученности выявленных сильных событий. Затем, сконцентрировать дальнейшие исследования на поиске дополнительной информации для относительно слабо изученных землетрясений, с целью повышения достоверности определения их основных параметров до необходимого и достаточного уровня.

Выделенные критерии для каждого из параметров исследуемого землетрясения, в пределах каждой из указанных трех временных групп, характеризуются коэффициентом информативности (или достаточности)  $k$ . Коэффициент достаточности  $k$  – относительная величина, которая меняется от 0.1 до 1. Коэффициент  $k=1$  означает, что соответствующий критерий имеет максимальную необходимую информативность и он достаточен для полной оценки данного параметра землетрясения.

Для сильных землетрясений инструментального периода известные критерии оценки основных параметров землетрясений (времени, места и силы) по данным инструментальных записей имеют коэффициент достаточности  $k=1$ . Такую же информативность ( $k=1$ ) могут иметь подробные макросейсмические и геолого-геоморфологические данные при определении эпицентра и силы сейсмического события. В случае макросейсмического определения эпицентра и силы как интенсивности сейсмического воздействия должны быть выполнены все обязательные стадии исследований:

- инженерное обследование повреждений и разрушений зданий и сооружений;
- изучение типов конструкций;
- изучение локальных геологических условий (site effect);
- изучение взаимодействия грунт-сооружение, имея в виду резонансные и другие явления.

Отсутствие изученности какой-либо из этих обязательных стадий снижает коэффициент достаточности макросейсмической оценки до уровня  $k=0.1$ .

В случае геолого-геоморфологического определения места и силы (магнитуды) сейсмического события в качестве оценочных критериев могут быть использованы сейсмодислокации всех известных типов: разрывные, гравитационные, перемещения (сдвиги), подъем (опускание), наклоны поверхности. При этом, только разрывные сейсмодислокации имеют  $k=1$ , а все остальные в том порядке, как они перечислены, могут иметь  $k=0.5$ ; 0.3; 0.2; 0.1.

Приведенные оценки  $k < 1$  обоснованы тем, что указанные дислокации бывают как сейсмогенной, так и иной природы. Уменьшение величины  $k$  зависит от количества факторов, способных привести к образованию данной дислокации. Чем больше факторов, тем меньше величина  $k$ .

Для сильных землетрясений исторического периода количество критериев оценки основных параметров землетрясений (время, место и сила) значительно возрастает по сравнению с инструментальным периодом. Это объясняется тем, что, с одной стороны, увеличивается дефицит точной информации, с другой, появляется множество способов, направленных на хотя бы частичное восполнение образующегося дефицита. Для исторического периода точность определения основных параметров сейсмического события качественно отличается от инструментального периода. К примеру, время события – определяется с точностью до минут квалифицированным очевидцем. При этом, имеется в виду время прихода волны в точку наблюдения. Для инструментального периода время определяется с точностью до долей секунды, притом, в очаге землетрясения. Место землетрясения – в историческом периоде определяется как эпицентр сейсмического события. А при инструментальных наблюдениях под местом землетрясения подразумевается его гипоцентр. Сила землетрясения – в историческом периоде определяется, главным образом, через интенсивность его воздействия на здания и сооружения. А при инструментальном периоде прежде всего имеется в виду магнитуда. Разумеется, возможно и определение магнитуды в исторический период – по величине сейсмогенного разрыва. Но в этом случае, в отличие от инструментального (современного), трудно быть уверенным, что вся длина обнаруженного сейсмогенного разрыва связана именно с данным историческим землетрясением, поскольку всегда существует вероятность многократных разрывов одной и той же сейсмодислокации или криповых подвижек.

Несмотря на качественно иную точность определения основных параметров сильных исторических событий, по сравнению с инструментально зарегистрированными землетрясениями, коэффициент информативности ( $k$ ) и для этого периода может быть  $k \approx 1$ . Это означает, что в пределах исторического периода рассматриваемый критерий имеет максимальную информативность.

Так, время сейсмического события может быть определено с достаточной точностью ( $k \approx 1$ ): квалифицированным очевидцем; путем изучения органических остатков, взятых из соответствующих сейсмодислокаций радиоуглеродным методом ( $C^{14}$ ).

Место и сила сильного (разрушительного) землетрясения с достаточной точностью могут быть определены с помощью: современного макросейсмического исследования, включая все его необходимые стадии; изучения разрывных сейсмодислокаций.

Все остальные критерии оценки основных параметров землетрясения дают разной степени недостаточную информацию.

При этом заслуживает внимания такое введенное нами понятие, как, “квалифицированные” и “неквалифицированные”: очевидец, историческое макросейсмическое описание, описание сейсмодислокаций.

К понятию “квалифицированные” относятся такие лица (или их оценки), как историки, ученые естествоиспытатели, высокообразованные люди этого периода.

А к “неквалифицированные” – обыватели, простые люди.

Для сильных землетрясений доисторического периода основные параметры сейсмических событий, как и для исторических землетрясений, могут быть оценены с  $k=1$ . Время события может быть оценено радиоуглеродным методом  $C^{14}$ , место и сила – разрывной палеосейсмодислокацией. Количество способов оценки основных параметров сильных доисторических землетрясений резко уменьшается по сравнению с историческими. Это связано с ограниченными возможностями изучения землетрясений этого периода; многие из способов, за исключением указанных выше, обладают недостаточной информативностью.

Наиболее сложными проблемами в изучении сильных, в особенности исторических, землетрясений Армении являются:

- возможный мультиплетный (субочаговый) характер землетрясений, наподобие Спитакского землетрясения 1988 г., что создает трудно интерпретируемую макросейсмическую картину;
- разные грунтовые условия, приводящие к локальному геологическому эффекту (site effect) и сложной макросейсмической картине;
- разная сейсмостойкость сооружений, обусловленная их разными конструктивными их особенностями и состоянием;
- резонансные и другие явления в системе грунт-сооружение;
- разные стройматериалы.

Путь к доизучению сильных землетрясений на территории Армении и сопредельных областей представляется в виде:

- тщательного изучения современных землетрясений, с целью выявления всех макросейсмических и других их особенностей и затем распространения сценариев этих сейсмических событий на историческое и доисторическое прошлое;
- создание новой шкалы макросейсмических оценок на основе изучения влияния сильных землетрясений на армянские церкви, поскольку конструктивные особенности последних и их стройматериал (туф, базальт и др.) практически не претерпевали никаких изменений с IV века и до наших дней;
- проведение дополнительных (современных) полных макросейсмических и геолого-геоморфологических исследований по каждому из недостаточно изученных сейсмических событий;
- поиск новых данных о сейсмических событиях в различных исторических и архивных источниках.

В таблице 1.4(1) приведен каталог сильных тектонических и вулканических землетрясений Армении и Армянского нагорья, начиная с 20 тысячелетия до Р.Х. по территории, ограниченной географическими координатами 38.0-42.0 с.ш. и 39.0-48.0 в.д.

Каталог составлен на основе анализа множества источников информации, включая все опубликованные каталоги землетрясений по этому региону. Особое внимание уделялось анализу первоисточников, хранящихся в Матенадаране – хранилище и исследовательском центре древних рукописей; современным макросейсмическим и геолого-геоморфологическим исследованиям. Широко использованы летописные свидетельства, путевые заметки различных путешественников, архивные данные, лапидарные надписи, исследования по

Таблица 1.4(1) Каталог разрушительных землетрясений Армянского нагорья (составлен совместно с Р. Арутюняном)

N	Дата	Место	Координаты		I <sub>0</sub>	M	Достоверность		
			широта	долгота			T	LL	M
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>ДОИСТОРИЧЕСКИЕ</b>									
1	20 тыс. до Р. Х.	Спитак	40.9	44.1	10	7.2	1.0	0.8	0.7
2.	17 тыс. до Р. Х.	Спитак	40.9	44.1	10	7.2	1.0	0.8	0.7
3	4 -5 тыс. до Р. Х.	Цзук	39.7	46.0	9-10	7.0	1.0	0.8	0.7
4	1 тыс. до Р. Х.	Цзук	39.7	46.0	9	6.5	0.5	0.8	0.7
5	1 тыс. до Р. Х.	Фиолетово	40.7	44.7	10	7.3	1.0	0.8	0.7
<b>ИСТОРИЧЕСКИЕ</b>									
6	782-773 до Р.Х. **	Вулкан Порак	40.0	45.8	6-7	6.0	1.0	1.0	0.3
7	75	Мцурн	38.8*	41.3	9	6.5	0.7	0.5	0.5
8	341 *	Арагат	39.8	44.3	9	6.5	0.5	0.1	0.5
9	461	Апауник	39.2	42.6	8	6.0	0.7	0.5	0.5
10	602	Муш	38.7	41.6	8	6.0	0.7	0.5	0.5
11	735 *	Вайоцдзор	39.6	45.4	8-9	6.0	1.0	0.5	0.3
12	800-802	Ерзнка	39.7	39.5	9	6.5	0.5	0.5	0.5
13	840 июнь	Карин	39.9	41.5	8	6.0	0.5	0.5	0.5
14	863 февраль 13	Двин	40.0	44.6	7-8	6.0	1.0	0.8	0.8
15	893 март 27	Двин	40.0	44.6	9	6.5	1.0	0.8	0.8
16	906	Каркоп	39.7	45.0	8	6.0	0.7	0.5	0.5
17	995	Балу	39.0	40.0	10	7.0	0.7	0.5	0.5
18	1011	Ерзнка	39.7	39.5	9	6.5	0.7	0.5	0.5
19	1042 ноябрь 4	Тебриз	38.1	46.3	10	7.0	1.0	0.8	0.8
20	1045 лето	Ерзнка	39.7	39.5	9-10	7.5	0.7	0.5	0.5
21	1088 апрель 16	Тмук (Тмогви)	41.4	43.2	9	6.0	1.0	0.8	0.8
22	1139	Гандзак	40.3	46.2	10	7.5	1.0	0.8	0.8
23	1165	Ерзнка	39.7	39.5	9	6.0	0.7	0.5	0.5
24	1220 январь 11	Мшакаванк	41.3	45.0	8-9	6.0	1.0	0.8	0.8
25	1268	Ерзнка	39.7	39.5	9-10	7.0	0.7	0.5	0.5
26	1275 октябрь 3	Хлат, Арчеш	38.8	42.5	9	7.0	0.7	0.5	0.5
27	1283	Джавак	41.6	43.6	8-9	6.0	0.7	0.5	0.5
28	1287 май 16	Ерзнка	39.7	39.5	8-9	6.5	0.7	0.5	0.5
29	1319	Маку	39.2	44.5	9	6.5	0.7	0.5	0.5
30	1363	Муш	38.7	41.6	9	7.0	0.7	0.5	0.5
31	1406 ноябрь 29	Танаат	39.6	45.8	8-9	6.5	1.0	0.8	0.8
32	1441 **	вулкан Немрут	38.6	42.1	6	6.0	0.7	1.0	0.3
33	1457 апрель 23	Ерзнка	39.7	39.5	9-10	7.5	1.0	0.8	0.8
34	1482	Ерзнка	39.7	39.5	10	7.5	0.7	0.5	0.5
35	1584 июль 13	Ерзнка	39.7	39.5	9	6.5	1.0	0.8	0.8
36	1648 март 31	Ван	38.4	43.6	8-9	6.5	1.0	0.8	0.8
37	1667 ноябрь 14	Ерзнка	39.7	39.5	8-9	6.5	1.0	0.8	0.8
38	1679 июнь 4	Гарни	40.2	44.7	10	7.0	1.0	1.0	0.8
39	1696 июнь 10	Чалдран	38.5	42.1	9	6.5	1.0	0.5	0.5
40	1708 август 15	Муш	38.7	41.6	9	6.0	1.0	0.8	0.8
41	1715 март 8	Ван	38.4	41.9	8-9	6.5	1.0	0.8	0.8
42	1721	Табриз	38.0	46.7	10-11	7.5	1.0	1.0	0.8
43	1766	Карин	39.5	41.3	8-9	6.5	1.0	0.5	0.5
44	1780 январь 8	Табриз, Ван	38.0	46.7	10	7.5	1.0	1.0	0.8
45	1784 июль 7	Муш	38.7	41.6	8-9	6.5	1.0	0.8	0.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
46	1827 октябрь 20	Анкаван	40.7	44.9	8-9	6.5	1.0	0.5	0.5
47	1840 июнь 20 *	Арарат	39.5	44.1	10	7.4	1.0	1.0	0.8
48	1868 март 18	Карадаг	39.0	47.5	8	6.5	1.0	0.3	0.5
49	1899 декабрь 31	Джавакх	41.6	43.6	8-9	6.0	1.0	0.8	0.8
ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ									
50	1924 сентябрь 13	Карин	39.9	41.3	9	6.9	1.0	1.0	1.0
51	1926 октябрь 22	Лениканан (ныне Гюмри)	40.7	43.8	8-9	5.8	1.0	1.0	1.0
52	1930 май 6	Салмаст	38.0	44.7	10	7.3	1.0	1.0	1.0
53	1931 апрель 27	Зангезур	39.4	46.1	8-9	6.3	1.0	1.0	1.0
54	1935 май 1	Текор	40.6	43.7	8-9	6.3	1.0	1.0	1.0
55	1940 май 7	Табакцури	41.7	43.8	8-9	6.0	1.0	1.0	1.0
56	1976 ноябрь 24	Чалдран	39.1	44.0	9	7.0	1.0	1.0	1.0
57	1983 октябрь 30	Норман	40.3	42.2	9	6.8	1.0	1.0	1.0
58	1988 декабрь 7	Спитак	40.9	44.2	9-10	7.0	1.0	1.0	1.0
59	1992 март 13	Ерзнка	39.71	39.60	9	6.9	1.0	1.0	1.0
60	1992 март 15	Ерзнка	39.53	39.93	8	6.0	1.0	1.0	1.0
61	2003 январь 27	Ерзнка	39.50	39.88	9	6.1	1.0	1.0	1.0
62	2003 май 1	Гюмушхане	39.01	40.46	9	6.4	1.0	1.0	1.0

\* - тектоническое землетрясение сопровождалось вулканическим извержением

\*\* - вулканическое землетрясение

древней армянской архитектуре, истории, археологии, топонимии и др. материалы, содержащие информацию по историческим землетрясениям Армении и сопредельных областей.

Ниже приводятся описания некоторых наиболее примечательных землетрясений прошлого, чтобы можно было составить представление о характере подобных исторических сообщений.

Описание землетрясения с интенсивностью 9 баллов в области Вайоцзор, происшедшего в 735 году, приведено в "Истории Сюника" Степаноса Орбеляна: "Густая тьма на 40 дней покрыла всю область, были сильное землетрясения и грохот. Земля от глубин до поверхности содрогалась ужасными колебаниями. Горы рушились, скалы срывались с места, дома и дворцы становились могилами для их обитателей. Родники иссякали, реки пропадали. Все вокруг от потрясений колебалось. Десять тысяч человек заживо были погребены под землей. Были сочтены лишь те, кого знали, а количество неизвестных никто не знал".

О девятибалльном Двинском землетрясении 893 года историк Товма Арцруни пишет: "На третий год правления царя Смбата в Армении в глубинах земли с грохотом столкнулись силы, двигающие бездны, и потрясли основы. ...Волнами, раскрывающими глубины, заколебались жесткие, неподвижные, безмерные недра и выплеснулись перед городом Арташат, в месте называемом Холм, где находился стольный город Двин: многолюдный, окруженный крепостной стеной, населенный пресыщенным кулечеством, полный всяческой скверны. Он обрушился до основания, раскрылась широко пасть ада и многие низверглись в пропасть. Дома некоторых из них стали для них могилами. Освященные молитвенные дома также

пострадали от землетрясения – растрескались и обрушились стены. Жертвами землетрясения стали 70 тысяч человек. Это землетрясение было более сильным, чем то, которое случилось во времена католикоса Закаре, спустя семь лет после пленения армян”.

Двинское землетрясение описано и в “Истории Армении” Ованеса Драсханакертци: “В это время, ночью, в неурочный час неожиданно произошло сильное землетрясение в городе Двине. Многочисленные колебания, грохот и ужас обрушились на жителей города и до основания разрушили город. Полностью обрушились крепостные стены, дома знати и простолюдинов в одно мгновение превратились в груды камней и развалины, а церковь резиденции католикоса со своими толстыми стенами содрогнулась и разрушилась. Очевидцам это место казалось ужасными развалинами или скопищем камней. Могил не хватало для всех погибших, и многих, сложив в оврагах или в развалинах, покрывали землей”.

Историк Киракос Гандзакецци описывает 10-11-балльное Гандзакское землетрясение 1139 года следующим образом: “Случилось сильное землетрясение. Город Гандзак разрушился и жители остались под развалинами. Обрушилась и гора Алхарик, загородила выход из ущелья, вода перестала течь и образовалось озеро. Нет числа погибшим мужчинам, женщинам и детям... Разрушилась церковь Ахпата. Это сопровождалось мглой и туманом, которые наполнили воздух подобно густому дыму”.

Довольно детально описал десятибалльное землетрясение Гарни 1679г. Закариа Канакерци: «4-ого июня божий гнев низвергся на страну Араратскую... Во вторник, следующий за Вознесением, в семь часов, земля издала гул, подобно грому. После гула с большим грохотом заколебалась страна Араратская, которая вся дрожала и шаталась... Это землетрясение пришло со стороны Гарни, и разрушились все строения, красивые дома, храмы и церкви. Были разрушены церкви монастырей Ахчоцванк, Айриванк, Авуцтар, Трдатакерт, Хорвирап, Джрвеж, Дзагаванк, церкви Норка, Гамреза. В Ереване до основания разрушилась крепость, обрушились мечеть и минареты. Во многих местах возникли новые родники, и многие родники иссякли. Рухнули скалы в реки и перекрыли путь водам. Разрушились многие селения. В селе Канакер не осталось даже ни одного курятника. Удивительным было то, что в том же самом Канакере разрушились все четыре стены одного дома, но крыша продолжала держаться опираясь на столбы, словно висела в воздухе. Землетрясение достигло села Карби, где погибли трое. Разрушились все красивые палаты святого монастыря Оганаванк, церковь расшаталась, и мы еле спаслись от смерти. Часть оставшихся под обломками еле удалось освободить, а кого не удалось, их дома стали могилами для них. Погибших было больше, чем оставшихся в живых. Хотя я не смог узнать общее число умерших, но в моем родном селе Канакер насчитали 1228 умерших. Не осталось ни собак, ни кошек, ни куриц. Землетрясение продолжалось до октября. Земля гудела каждый день. Это длилось 3 дня, 4 дня, 5 дней, после чего происходило землетрясение. Но ущерб был нанесен только в первый день. Оставшиеся в живых сооружали палатки из ковров в садах и других местах и жили там.

Глашатай объявил, что Шах издал приказ, чтобы христиане восстанавливали

свои разрушенные церкви. Вот по этой причине и во время его правления, и после него построили церкви в разных местах».

Чтобы изучить последствия десятибалльного Араратского землетрясения 1840 года, в район эпицентра был послан русский горный инженер Воскобойников, который сообщил: «Землетрясение началось 20 июня в исходе 7:20 часа полудня (около 6 часов 45 минут) и продолжалось перемежающимися подземными ударами, сопровождаемыми волнообразными колебаниями земли, около двух минут: первые четыре самые сильные удары с подземным гулом, как замечено, неслись от горы Арарата к Востоко-Северо-Востоку, оставляя на пути своем следы ужасного опустошения, наиболее в уездах Эриванском и Нахичеванском.

В плоских берегах Аракса и Карасу (выходящей из подножья большого Арарата) от истока последней реки до впадения в Аракс Арпачая, до одной версты от русла их, образовалось множество рядов трещин, параллельных их течению, которые от колебания земли разверзались местами даже до двух сажень и потом снова сходились. Вместе с тем произошли там же частные взрывы земли и потоки пресной воды в виде огромных фонтанов, явились как из них, так и из трещин, выбрасывая множество речного песка и галек на высоту от 1 до 2 аршин, даже со дна реки Аракса, причем воды Аракса пришли в столь сильное движение, что в иных местах выплескивались на берега или поднимались в них, оставляя в середине русла своего жолобообразное углубление; в других местах, по удостоверению жителей, в мгновение сильного землетрясения русло реки Аракса оставалось или сухим или наполнялось водою выше обыкновенного горизонта, с клокотанием, наподобие кипящей воды.

Возможность такого явления, основанного на одних только свидетельствах нескольких очевидцев, подтверждается изысканиями: еще в исходе августа месяца видно было в самом русле Аракса множество отверстий, чрез которые выбрасывалась вода, и трещин, чрез которые так же вода Аракса могла на время открыться в недра земли.

Такое необыкновенное землетрясение разнесло круг действия своего всюду гибель: в персидском городе Маку ниспровергло большую часть зданий; в городе Баязете разрушило много домов, вместе с новою крепостью и великолепным замком тамошнего паши. Но всего более пострадали при этом жители области Армянской. Здесь от обрушения горы Большого Арарата глыбами льдин и камней завален монастырь Св. Иакова и деревня Ахури более нежели с 1000 жителями, большая часть обывательских домов Эриванского уезда в участках Эриванском и Шарурском и Нахичеванского уезда в участках Нахичеванском и Ордубадском или совершенно разрушены или значительно повреждены, причем потерпел особенно город Нахичеван.

В участке Шарурском расселины, образовавшиеся в земле вдоль левого берега Аракса, при движении своем произвели в крупных его берегах сдвиги и обвалы с которыми отторгались части деревень и засеянных уже полей и вместе с тем испортили прочие пахотные и луговые поля до такой степени, что жители на долгое время лишились возможности приступить к их обрабатыванию, сверх того песок, выносимый во множестве фонтанами воды, довершил бедствие от которого особенно пострадали деревни Каргалу-Алишар и Карагасайлу.

При сем случае в Армянской области разрушено до основания множество разных

зданий: именно в Шарурском участке обывательских домов 3135, мельниц 75, в Нахичеванском уезде обывательских домов 2436, 1 церковь, 2 мечети и 17 мельниц и сверх того повреждено 1005 домов, 9 церквей, 5 мечетей и 15 мельниц, а в самом городе Нахичеване обратились в развалины 2 армянские церкви, 5 мечетей, 779 домов, 25 частных и казенных лавок, и в участке Ордубадском 466 домов.

Видя таковые неожиданные разрушительные явления на земле, легко можно представить себе картину бедствий, которые потерпели бы, если бы землетрясение случилось после захождения солнца. Но, к счастью, в это время жители по обычаю своему, пользуясь прохладой воздуха, находились вне жилищ, и тем самым избежали, можно сказать, верной гибели, ибо обрушение зданий было столь быстро, что почти все те, которые случайно находились внутри домов, погребены под их развалинами, от этого самого общая потеря людей незначительна.

Убито жителей обоего пола в Шарурском участке 33 и в Нахичеванском 16, и сверх того в сем последнем ушиблено 12 человек, и в урочище Бичинаге при падении Армянской церкви пять человек рядовых Грузинского линейного №4 батальона. В одно и то же время землетрясение, сколько известно, чувствуемо было в Азербайджанской провинции до города Тавриза, в Тифлисе и в крепости Шуше, и вероятно, что оно занимало еще большее пространство, но об этом нет достоверных сведений. Землетрясение имело значительное влияние также на течение подземных вод: до 30 родников иссякли на время в уезде Нахичеванском; некоторые родники извергали мутные воды, подобные видом молоку, даже несколько дней и после землетрясения; другие стали производить воды в большом изобилии, и наконец, при этом открывались и новые родники, чему особенным примером могут служить окрестности деревни Сардарака, где два родника, Карасу и Чапан, почти вдвое увеличили свой приток и из образовавшейся трещины в горе Джиндиле явился весьма обильный источник. Нигде землетрясение это не было столь ужасно и губительно, как в деревне Карагасанлу, лежащей при впадении в реку Аракс р. Арпачая и особливо в Ахурянском ущелье.

При первом подземном ударе и колебании земли жители деревни Карагасанлу оглушены были необыкновенными раскатами грома, доносящимися с окружающих гор, но едва они успели обратить внимание на падающие с вершин их скалы и камни, как поражены были другим явлением: от вновь последовавшего удара все земляные строения их с треском обратились в развалины и скрылись от глаз их в густом облаке. Вместе с тем земля начала разверзаться то сильными взрывами, то трещинами, выбрасывая из глубины отверстий, жители с воплем кинулись из деревни искать спасения на ближайших возвышенных полях, но и там почти на каждом шагу встречали образующиеся даже внутри жилищ расселины в земле и взрывы с теми же потоками воды, которые при глазах их то разрушали остатки стен домов, то наводняли их поля, пришли в такое отчаяние, что ожидали уже последней минуты рушения целого мира.

Но картина гибели селения Ахури и армянской церкви св.Иакова со всеми их жителями еще ужаснее».

О 8-9-балльном землетрясении Лениакана 22 октября 1926 года Асканаз Мравян пишет: «Тяжелые последствия землетрясения, происшедшего 22 числа сего месяца, уже проясняются. Катастрофа намного большая, чем предполагалось

вначале. Число погибших превышает 350, также и число раненых. Тысячи животных были погребены под обломками хлевов. Разрушились, обрушились или получили угрожающие трещины тысячи домов, хлевов, школ, изб-читален, магазинов, оставив под развалинами ценности на миллионы рублей.

Не менее 75 процентов квартир города Ленинакана либо полностью разрушены, либо имеют большие трещины и нуждаются в серьезном ремонте.

Целый ряд деревень представляют собой груду развалин.

Толчки этого землетрясения в Ереване почувствовали три раза. Несомненно, землетрясение, происшедшее в 11 часов, проявилось в Ленинакане сильнее, чем первое.

Созданная специальная архитектурная комиссия пришла к заключению, что здания государственных и общественных учреждений были наиболее прочными. Но нет ни одного здания в Ленинакане, которое в той или иной форме не было повреждено. Дома на 80 процентов непригодны для жилья. 30 процентов зданий можно так или иначе отремонтировать и приспособить под жилье, а 50 процентов надо основательно перестроить».

Вышеприведенные данные свидетельствуют о том, что на территории Армянского нагорья и, в частности, Армении разрушительные землетрясения происходили достаточно часто. Только в XX веке на 30 тысяч кв.км, занимаемых Республикой Армении, произошло 4 сильных землетрясения, из которых одно с интенсивностью 8 баллов (Зангезурское, 1968 г.), два с интенсивностью 9 баллов (Ленинаканское, 1926 г. (рис. 1.4(1)), Зангезурское, 1931 г. (рис. 1.4(2)) и одно с интенсивностью 10 баллов (Спитакское, 1988 г.). Итак, Спитакское землетрясение по своей силе ( $M=7.0$ .  $I_0=10$ ) не было единичным явлением – разрушительные землетрясения происходили особенно часто в западной и южной частях территории республики. Согласно закону повторяемости землетрясений в сейсмоопасных зонах, к которым относится и наш регион, сильные землетрясения будут происходить на территории Республики Армении и в будущем.

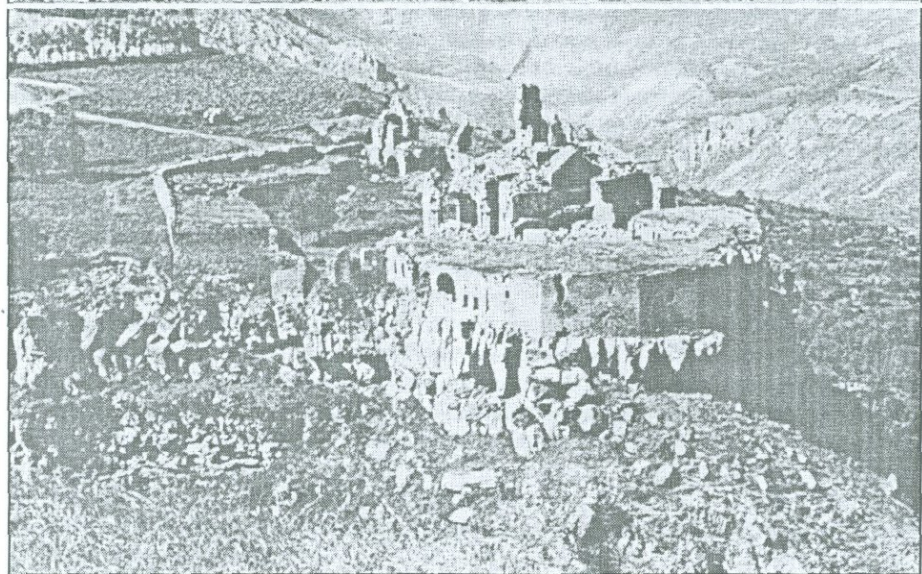


Рис.1.4(1) Церковь Татев до (фото Гурона) и после (фото Э. Малхасяна) Зангезурского землетрясения 1931г. ( $M=6.3$ ,  $I=8-9$  баллов).



*Рис.1.4(2) Архивные фотографии, показывающие последствия Ленинаканского землетрясения 1926г ( $M=5,8$ ,  $I=8-9$  баллов). На верхнем снимке в эпицентре запечатлен родник, возникший вследствие землетрясения.*

## 1.5 Сейсмичность территории Армении

### Геодинамическая модель

Армения расположена на одном из самых активных сегментов Альпийско-Гималайского сейсмического пояса, в зоне коллизии Аравийской и Евразийской плит (рис. 1.5(1)). Движение Аравийской плиты на северо-запад со средней скоростью  $18 \pm 2$  мм/год, исходя из современных данных спутниковой геодезии, приводит к последовательной деформации земной коры в зоне коллизии, сопровождающейся, согласно модели С. Ю. Баласаняна (Balassanian, 2000), ее дроблением на плиты более низких рангов, и к продолжающемуся горообразовательному процессу (рис. 1.5(2)). В зоне коллизии Аравийской и Евразийской плит I ранга наиболее крупными плитами II ранга являются Анатолийская, Черноморская, Кавказская, Южно-Каспийская и Иранская (рис. 1.5(3)). Эти плиты в свою очередь дробятся на более мелкие микроплиты III ранга по законам разрушения горных пород так, как это показано на рис. 1.5(4а). В результате территория Кавказа и, соответственно, Армении приобретает мозаично-блоковое строение (рис. 1.5(4б)), с характерным для него диффузным распределением землетрясений различной силы до  $M=7$  и более (рис. 1.5(5)). Изучение распределения очагов землетрясений по глубине показывает, что максимальная глубина гипоцентров землетрясений колеблется в пределах 8-24 км (рис. 1.5(6)). Это означает, что очаги землетрясений Кавказа и, соответственно, Армении близповерхностные. Именно этим и вызваны высокие интенсивности воздействий сильных землетрясений Кавказа на его населенные пункты. На рис. 1.5(7) показано распределение максимальной глубины очагов землетрясений на территории Армении и прилегающих районов.

Совместный анализ сейсмологических (рис. 1.5(7)) и геомагнитных (рис. 1.5(8)) данных приводит к выводу о том, что на территории Армении ниже границы 8-24 км вещество литосферы находится в пластическом расплавленном состоянии (Balassanian, 1997). Об этом свидетельствует отсутствие разрывов литосферы ниже этой границы (рис. 1.5(7)) и соответствующая (5-13 км) глубина точек Кюри ( $560^\circ\text{C}$ ) (рис. 1.5(8)), означающая, что вещество литосферы на больших, чем 5-13 км, глубинах теряет ферромагнитные свойства и переходит в парамагнитное состояние, переставая быть источником магнитного поля. Небольшая глубина (8-24 км) эпицентров землетрясений приводит к тому, что очаги всех сильных землетрясений Кавказа и Армении выходят на поверхность земли в виде разломов земной коры (рис. 1.5(9)).

Сопоставляя карту эпицентров сильнейших землетрясений Кавказа и Армении (рис. 1.5(5)) с активными разрывами (рис. 1.5(4)), можно заметить, что все они приурочены к граням активных блоков или к их узлам (узлы активных структур).

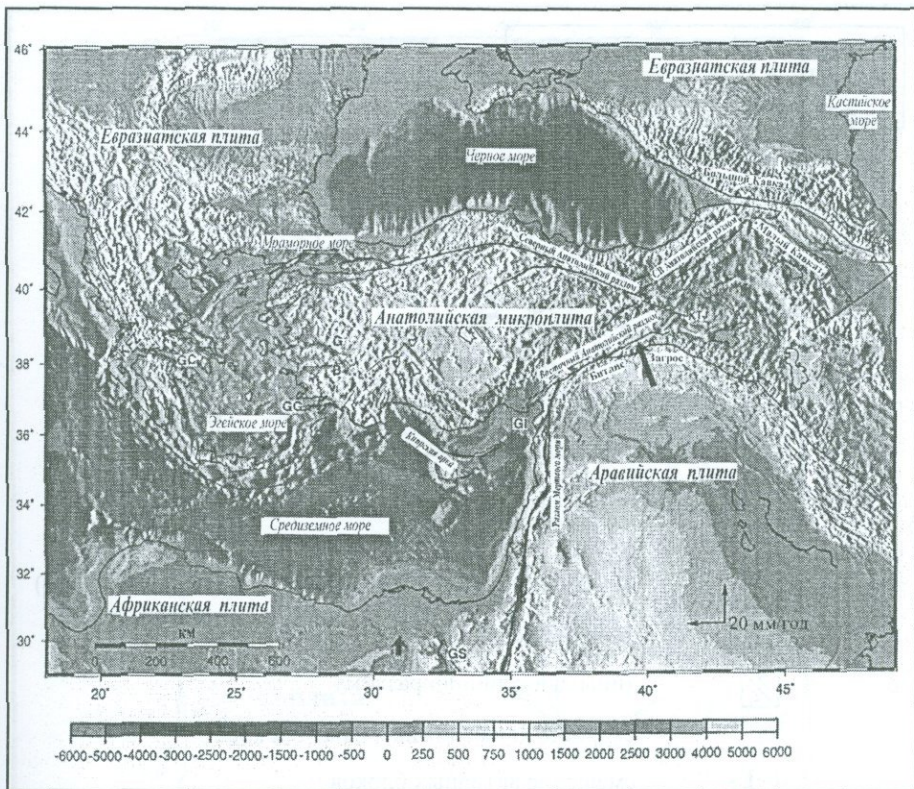


Рис. 1.5(1) Коллизия Аравийской и Евразийской плит (на английском подготовлено Н.Токсузом, МТИ, США).

Палеосейсмологические исследования в зонах сильнейших землетрясений Армении показывают, что сильные землетрясения в одних и тех же очаговых зонах повторялись несколько раз.

### Типы движений по разломам

Поскольку тектонические землетрясения, к которым и относятся землетрясения Кавказа, возникают при разрыве земной коры, то интенсивность сейсмического воздействия на поверхность Земли во многом зависит от типа этого разрыва – сдвиг, сброс, взброс или их различные комбинации. В классической сейсмологии предполагается, что каждый новый разрыв земной коры, под действием длительно накапливаемых деформаций в зонах взаимодействия тектонических плит, происходит в области ранее образованных разломов, которые именно по этой причине и называются активными разломами.

В случае если:

$$V_1 \gg V_2 < V_3 > V_4$$

$$L_1 \gg L_2 < L_3 > L_4$$

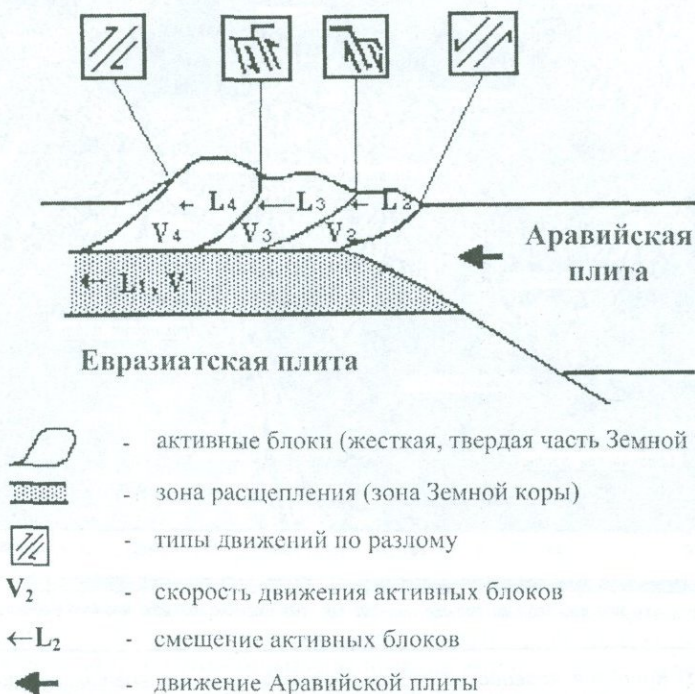
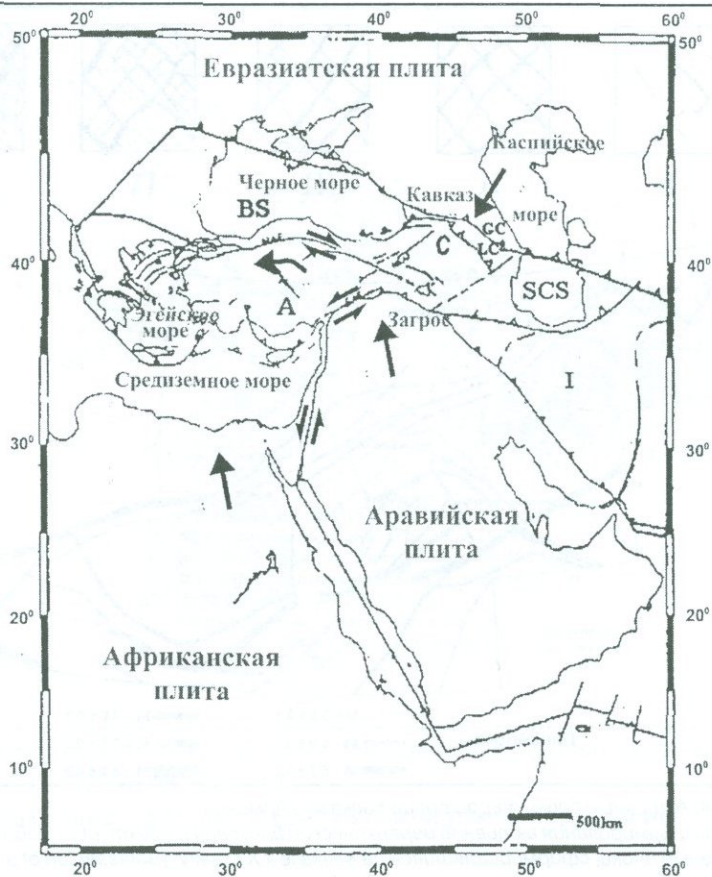


Рис. 1.5(2) Геодинамическая модель (в разрезе) зоны коллизии Аравийской и Евразийской плит в районе Кавказа. (Balassanian, 2000)

Поскольку территория Кавказа вообще и Армении в частности разбита активными разломами на активные блоки различной величины (рис. 1.5(4)), то они деформируются с различной скоростью, так как имеют различную массу и размеры. Исходя из этого, как это было показано С. Ю. Баласаняном (Balassanian, 2000), в зависимости от разных скоростей движения соседних активных блоков, на территории Кавказа и Армении наблюдаются все типы разрывов по граням активных блоков и по отдельным формирующимся активным разломам (рис. 1.5(10)).

На рис. 1.5(10) показаны механизмы очагов землетрясений с  $M \geq 4.0$  за период с 1962 по 1999 годы, которые не только подтверждают тот вывод, что на Кавказском сегменте зоны коллизии Аравийской и Евразийской плит наблюдаются все типы разрывов, но и указывают на то, что в одном и том же очаге в разные периоды времени повторяющиеся разрывы могут носить характер сброса, взброса, сдвига и



**Микроплиты:** A - Анатолийская, BS - Черноморская, C - Кавказская  
SCS - Южно-Каспийская, I - Иранская

→ - направление и скорость движения плит и микроплит в  
зоне коллизии (относительно Евразийской плиты)

**Надвиги:** GC - Большой Кавказ, LC - Малый Кавказ

**Разломы:**  
 ——— - активные разломы  
 △△△ - взбросы с треугольниками на основном блоке  
 ⇌ - сдвиг

Рис. 1.5(3) Литосферные плиты II ранга зоны коллизии Аравийской и Евразийской плит.  
(Balassanian, 1997)

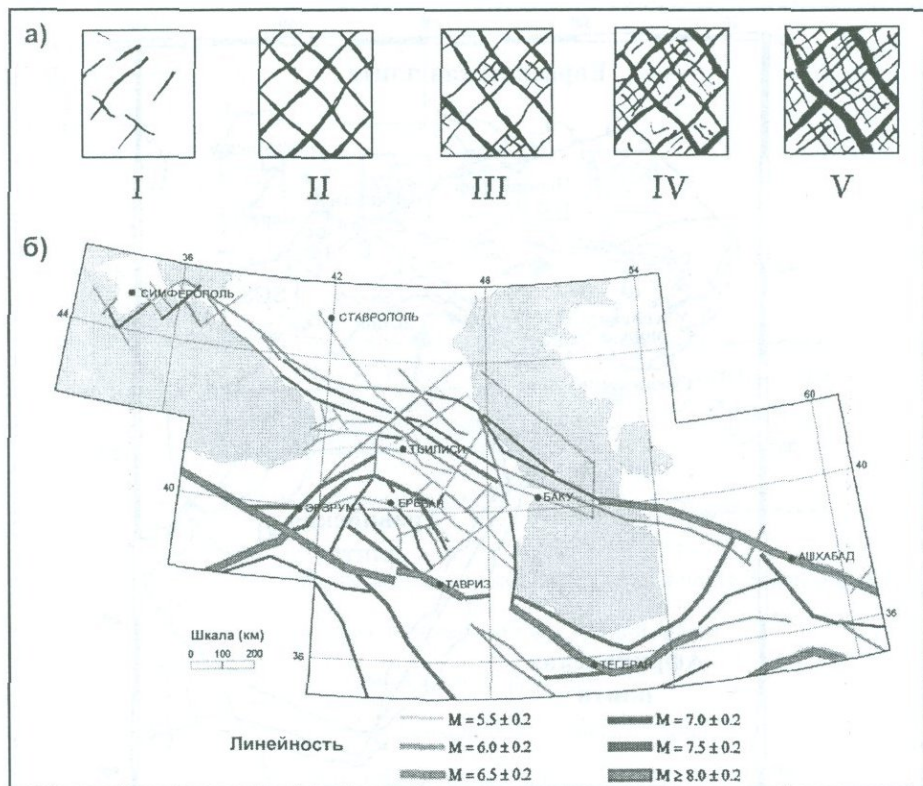


Рис. 1.5(4) Активные блоки территории Кавказа и Армении.

а - стадии формирования активной иерархической блоковой структуры. (Соболев, 1993)  
б - активные блоки, сформировавшиеся на Кавказе к XXI веку. (Balassanian et al, 1999a)

их комбинаций. Это означает, что в одном и том же очаге в зависимости от разности скоростей движения соседних активных блоков может произойти растяжение, сопровождающееся сбросом, затем сжатие, которое приведет к взбросу и т.д.

Анализ различных типов разрывов на территории Кавказа и Армении в частности показывает, что наиболее сильные землетрясения связаны со сбросами, а относительно слабые вызываются сбросами, сдвигами и их комбинациями. Этот вывод означает, что сильнейшие землетрясения Кавказа связаны со сжатием земной коры, которое на современном этапе по данным спутниковой геодезии происходит со скоростью 10 мм/год (Reilinger et al., 1997). При этом, учитывая указанную величину ежегодных деформаций и количество происходящих сильных землетрясений, нетрудно предположить, что большая часть движения земной коры на Кавказе происходит асейсмически, т.е. без разрыва горных пород. Это возможно в силу пластического состояния вещества ниже границы 8-24 км, что хорошо подтверждается сейсмологическими и другими геофизическими данными, использованными в геодинамической модели С.Ю. Баласаняна (рис. 1.5(2)).

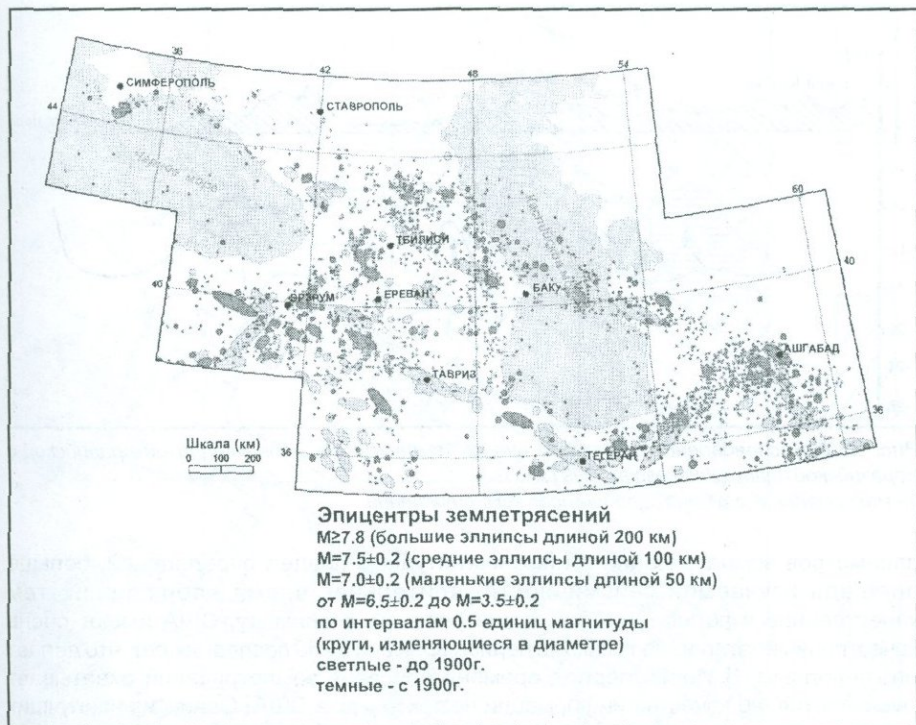


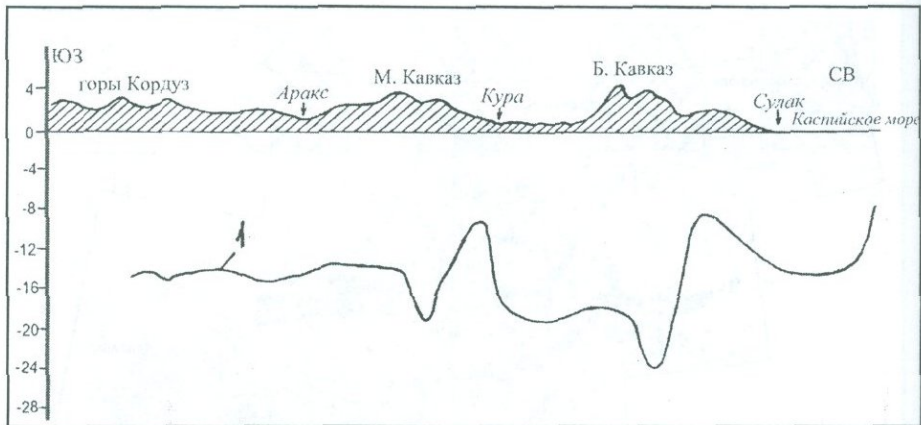
Рис. 1.5(5) Расположение на плане эпицентров землетрясений в зоне коллизии Аравийской и Евразийской плит. (Balassanian et al, 1999a)

### Статистика землетрясений и сейсмический режим территории Армении\*

Статистика землетрясений и изучение сейсмического режима любой территории опирается на составленный сейсмологами так называемый *каталог землетрясений*. В каталог землетрясений заносятся следующие данные: время землетрясения (год, месяц, день, час, минута, секунда), точность определения времени, координаты землетрясения (широта и долгота), точность определения широты и долготы, глубина очага, точность определения глубины очага, сила (магнитуда и интенсивность в эпицентре), точность определения магнитуды и интенсивности в эпицентре, количество станций, зарегистрировавших землетрясение при инструментальных наблюдениях или других источниках информации при исторических описаниях, класс определения параметров землетрясения, наименование источников информации, примечания.

Качество каталога и его полнота - важное условие изучения статистики землетрясений и сейсмического режима территории. Чем точнее определение

\* Написано при участии С. Маркаряна



**Рис. 1.5(6)** Распределение по глубине очагов землетрясений зоны коллизии Аравийской и Евразийской плит. (Balassanian, 1997)

1 - максимальная глубина гипоцентров землетрясений

параметров землетрясений и ниже магнитудный предел определений, больше площадь изучаемой сейсмичности, длительнее время наблюдений, тем качественнее и полнее каталог землетрясений. К примеру, США имеют очень качественный каталог, но только за период времени в 200 последних лет, что делает его неполным. В Индии период времени описания землетрясений охватывает тысячелетия, но качество информации не такое, как в США. Одним из наилучших каталогов как по качеству, так и по полноте является китайский каталог землетрясений, составленный Китайским государственным сейсмологическим бюро.

Армянский национальный каталог землетрясений, составленный в НССЗ при Правительстве РА, на основе каталогов Н. К. Карапетян, ИГИСАН. Арм. ССР, Нового каталога сильных землетрясений территории СССР и других источников, включает 20000 землетрясений за весь период времени наблюдений, который делится на до инструментальный (20000 до Р.Х. – 1899г.), раннеинструментальный (1900-1961), современный инструментальный (1962 – до настоящего времени). Представительность этого каталога (т.е. нижний магнитудный предел) разная для разных отрезков времени. Общая закономерность такова - чем глубже в историческое прошлое, тем выше нижний магнитудный предел, т.е. хуже представительность, т.к. тем приблизительно и менее полны исходные данные.

Сегодня армянский каталог землетрясений, по оценкам многих экспертов, является одним из наиболее представительных и полных в мире. Его представительность для современного периода времени начинается с  $M=25$  (!). Анализ статистики землетрясений на территории Армении показывает, что наиболее сильное Араратское землетрясение с  $M=7.5$  произошло в 1840 г. с очагом на г. Арарат. Наиболее разрушительным было Двинское землетрясение с  $M=6.5$  (27 марта 893г.), когда погибло 120 тысяч человек. Наиболее слабое из землетрясений, которое привело к широкомасштабным повреждениям зданий и сооружений – Ноемберянское землетрясение 1997г., с  $M=4.4$ .

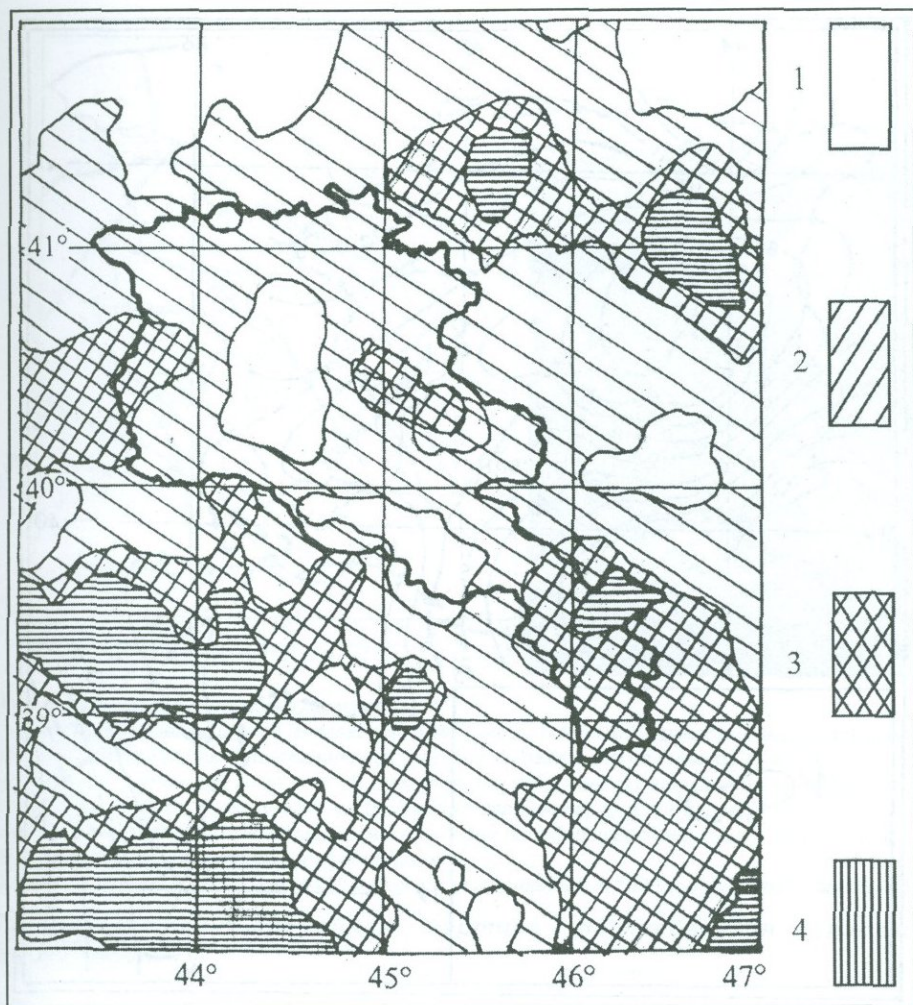


Рис. 1.5(7) Распределение максимальной глубины ( $h$ , км) очагов землетрясений на территории Армении и сопредельных районов. (Balassanian, 1997) 1)  $h \leq 10$ ; 2)  $10 < h \leq 15$ ; 3)  $15 < h \leq 20$ ; 4)  $h > 20$ .

**Пространственно-временная картина распределения сильных и разрушительных землетрясений**

На рис. 1.5(11) показана пространственная картина распределения сильных ( $M \geq 7.0$ ) землетрясений и землетрясений средней силы ( $5.0 \leq M < 7.0$ ) на территории Армении и сопредельных стран. Из приведенных данных видно, что все сильные

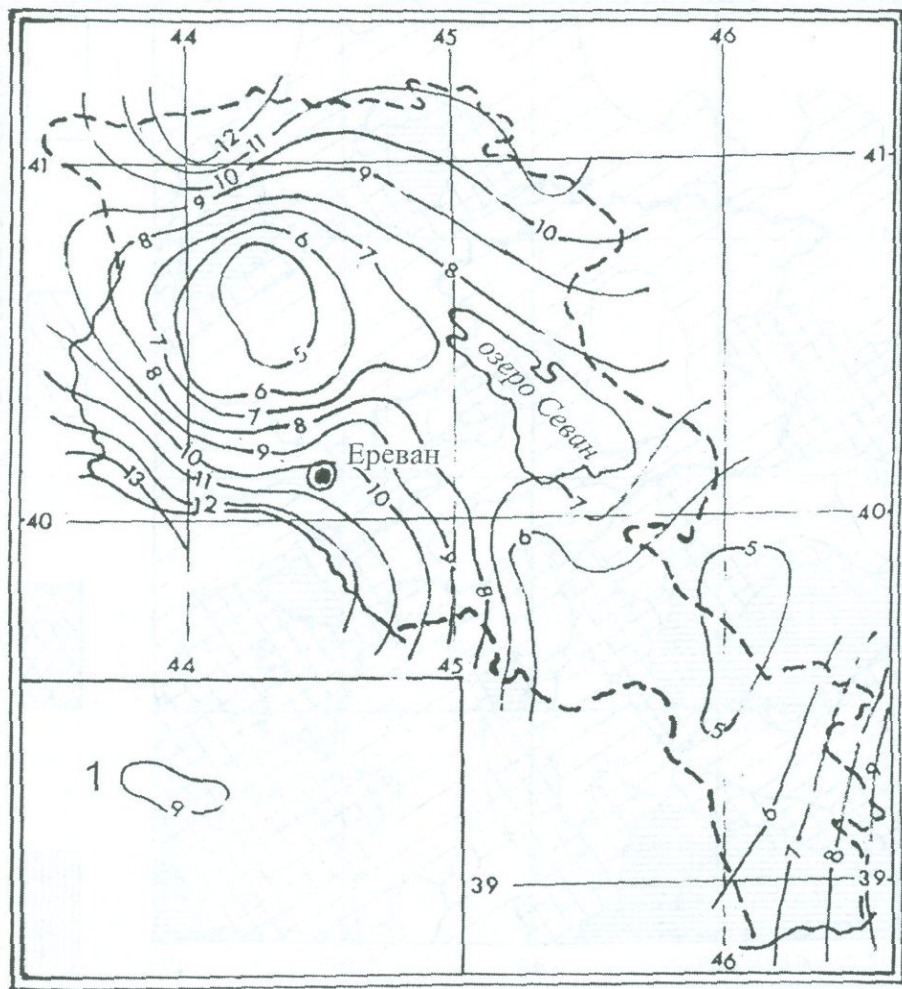
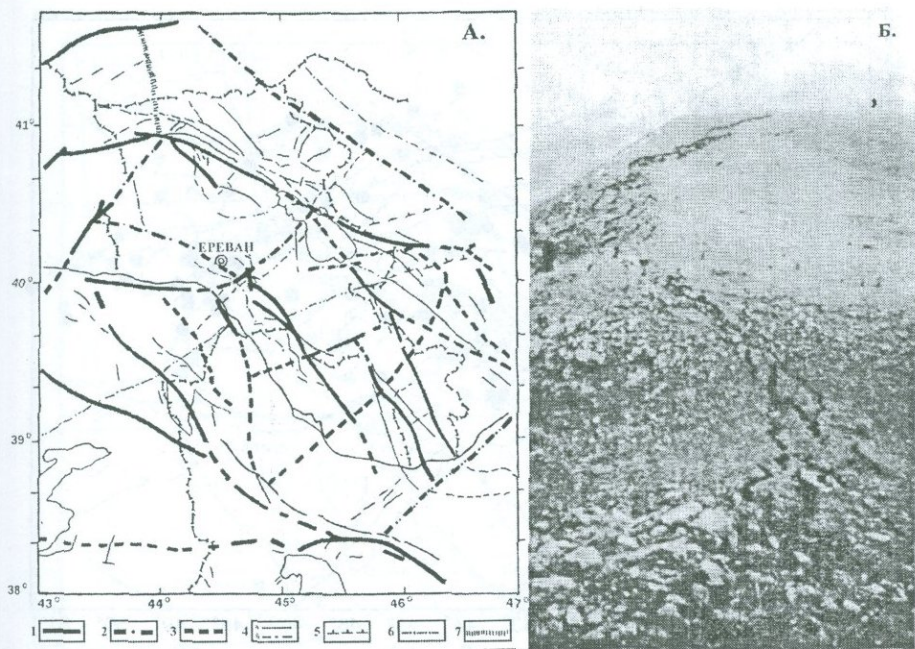


Рис. 1.5(8) Карта глубин точек Кюри (по М. Бадалян) 1) предполагаемая глубина точек Кюри

землетрясения приурочены к активным разломам.

Из временной картины распределения этих сейсмических событий следует, что повторяемость сильных и разрушительных землетрясений средней силы носит циклический характер (рис. 1.5(12)). Периоды активности сменяются периодами подготовки землетрясений различной длительности. В среднем, начиная с 300г., периоды активности длятся 500 лет, а периоды подготовки 100 лет. При этом из рис. 1.5(12) видно, что конец XX века отмечен сильной активизацией.



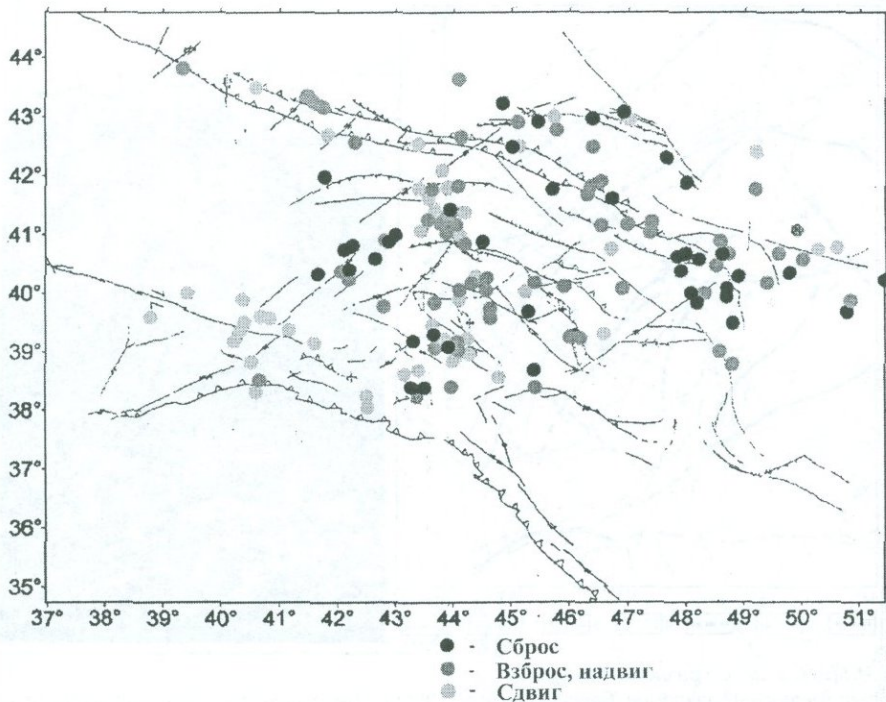
**Рис. 1.5(9) Активные разломы Армении:**

А. Карта активных разломов (Balassanian et al, 1995b): 1) активные разломы, выраженные на дневной поверхности; 2) активные разломы, не выраженные на дневной поверхности; 3) возможные активные разломы; 4) неактивные разломы: а) выраженные на дневной поверхности; б) не выраженные на дневной поверхности; 5) флектуры; 6) линеаменты, выделенные по спутниковым снимкам и на основе линейного распределения современного вулканизма; 7) зоны интенсивного дробления.

Б. Разрыв земной коры во время Спитакского землетрясения 1988 года. (фото Э. Филлипа)

### **Пространственно-временная картина распределения слабых землетрясений**

Если сильные и средней силы землетрясения приурочены к активным разломам и узлам (рис. 1.5(11)), то слабые землетрясения ( $3.0 \leq M < 5.0$ ), как это видно из рис. 1.5(13), концентрируются в нескольких зонах (1, 2, 3, 4), которые приурочены к областям сочленения нескольких активных разломов. По мнению С.Ю. Баласаяна, именно через эти зоны происходит текущая разрядка накапливаемых деформаций, если интерпретировать деформации не через энергию, а как предлагал Беньофф, непосредственно, – имея в виду пропорциональность деформаций квадратным корням из энергии. В этом случае общее смещение при разрыве горных пород от многих слабых землетрясений может быть того же порядка, что и от немногих сравнительно сильных землетрясений. Таким образом, зоны активного высвобождения деформаций



**Рис. 1.5(10)** Типы движений по разломам на территории Кавказа и Армянского нагорья по данным механизмов очагов некоторых землетрясений с  $M \geq 4$  (механизмы землетрясений определены А.К. Товмсян, НССЗ при Правительстве РА) за период с 1962 по 1999 годы на Кавказе. (Balassanian, 2000)

посредством частых слабых землетрясений,  $3.0 \leq M < 5.0$ , могут служить и «предохранительными клапанами», ослабляющими катастрофическое событие.

Временная картина распределения слабой сейсмичности (рис. 1.5(14)), показывает, что перед сильными землетрясениями, в частности, Чалدرانским (1976,  $M=7.0$ ) и Спитакским землетрясением (1988,  $M=7.0$ ) количество землетрясений с  $M \leq 4 < 5$  становится минимальным. А это означает своего рода ослабление эффективной разгрузки накапливаемых деформаций через «предохранительные клапаны» территории Армении и сопредельных государств, если следовать интерпретации Беньоффа, что приводит к накоплению критических деформаций и, соответственно, сильному землетрясению. Из рис. 1.5(14) также заметно, что активность слабых землетрясений имеет плавающую периодичность, от 2 лет до 7 лет.

*Пространственно-временная картина распределения*

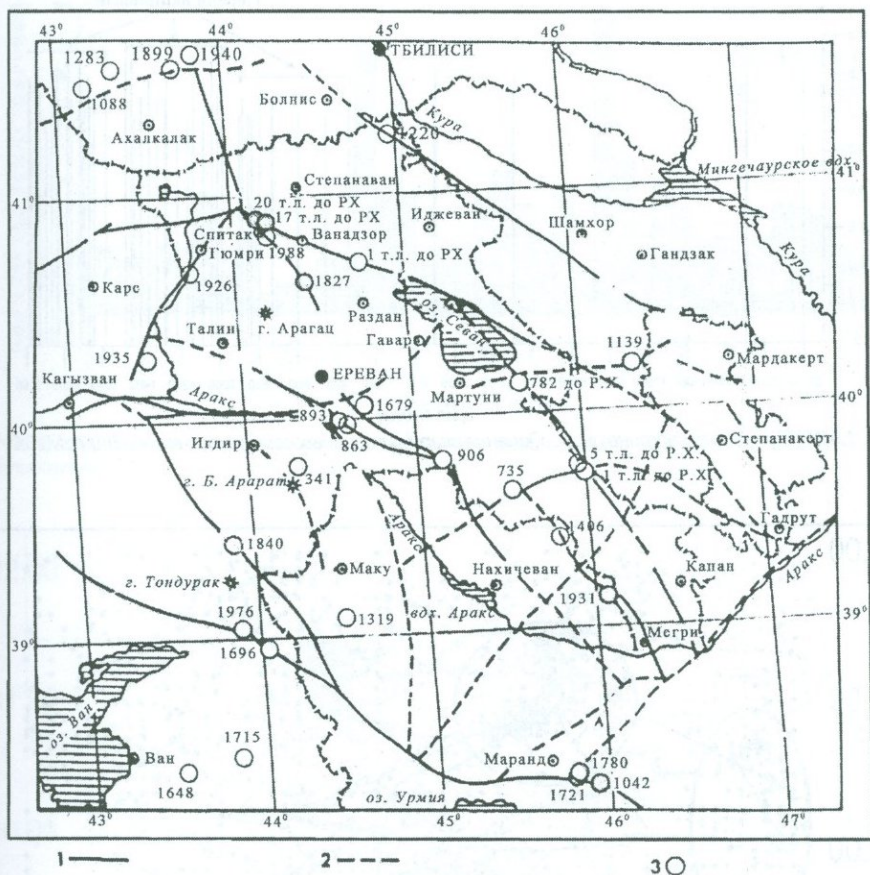


Рис. 1.5(11) Пространственная картина распределения разрушительных землетрясений с  $M \geq 6.0$  на территории Армении и сопредельных стран: 1 — активные разломы, явно выраженные на дневной поверхности; 2 — активные разломы, не выраженные на дневной поверхности; 3 — эпицентры землетрясений с  $M \geq 6.0$ .

### микроземлетрясений

На рис. 1.5(15а) показана пространственная картина распределения микроземлетрясений ( $2.5 \leq M < 3.0$ ) Армении и сопредельных стран. Из приведенного рисунка видно, что микроземлетрясения распределены диффузно на рассматриваемой территории, что подтверждает ее мозаично-блоковое строение.

Из рис. 1.5(16) видно, что временное распределение микроземлетрясений также носит периодический характер, но несколько отличный от слабых землетрясений (рис. 1.5(14)). Одно из отличий это то, что слабая сейсмичность растет в год сильного землетрясения, а микроземлетрясения резко возрастают после него в течение 1-2 лет.

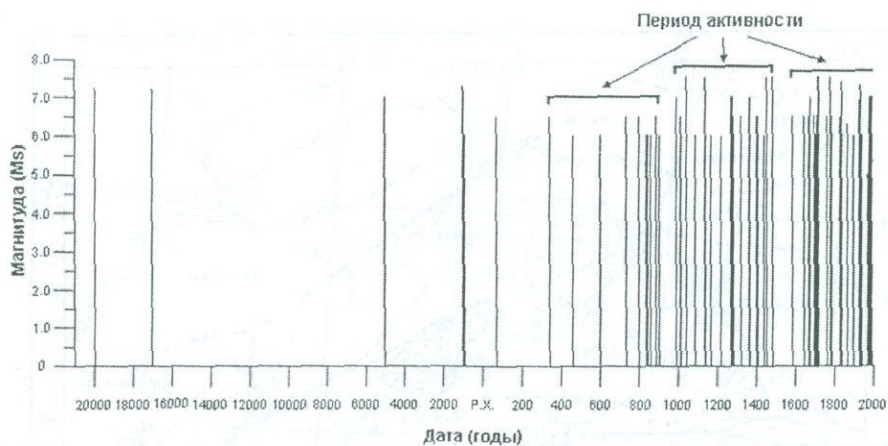


Рис. 1.5(12) Временная картина распределения разрушительных сейсмических событий с  $M \geq 6.0$ .

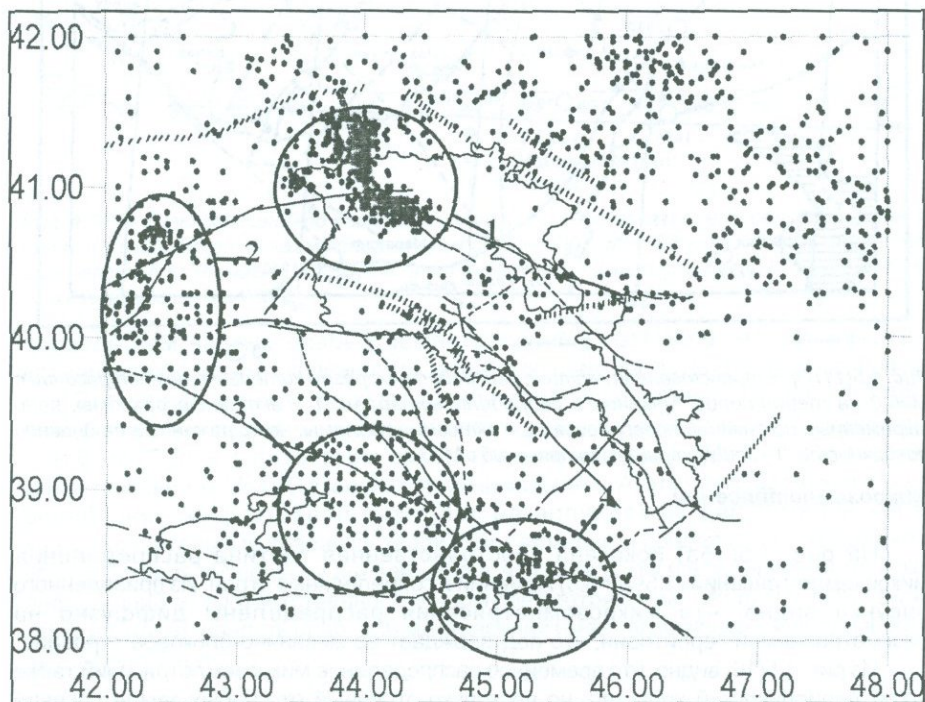


Рис. 1.5(13) Пространственное распределение эпицентров землетрясений с  $3 \leq M < 5$   
1, 2, 3, 4 – зоны концентрации землетрясений ("предохранительные клапаны").

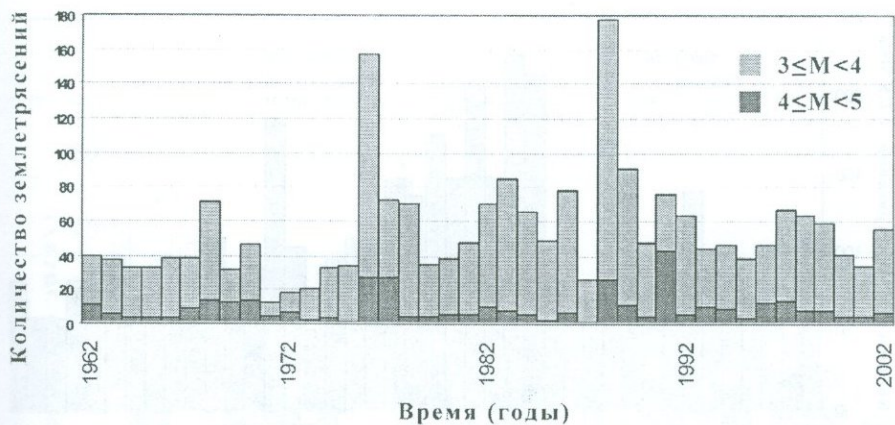


Рис. 1.5(14) Временное распределение землетрясений с  $3 \leq M < 5$ , выраженное в их годовом количестве.

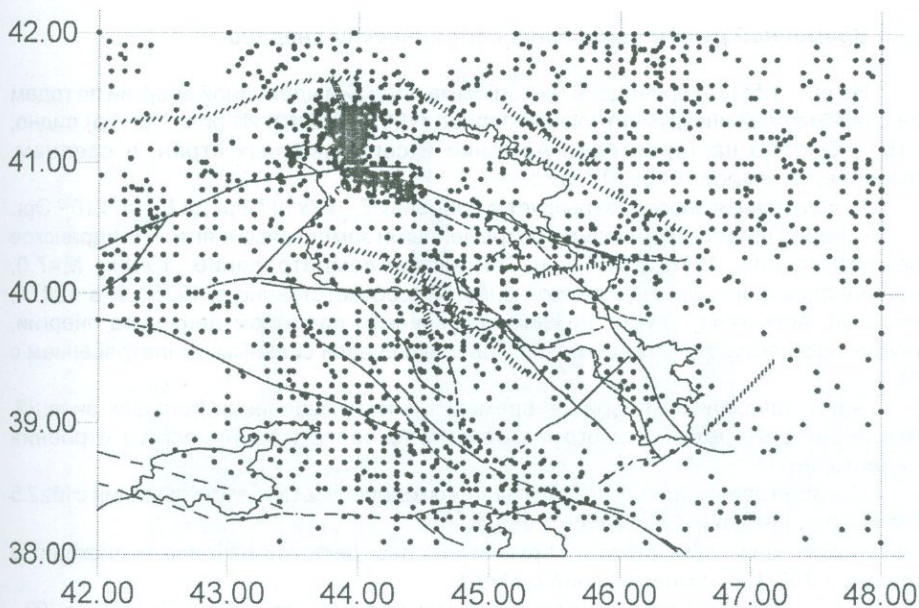


Рис. 1.5(15) Пространственное распределение эпицентров землетрясений с  $2.5 \leq M < 3$ .

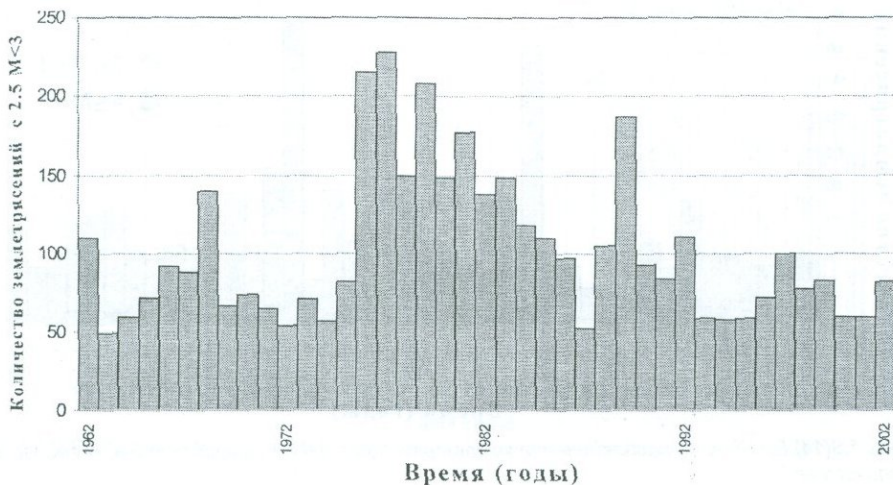


Рис. 1.5(16) Временное распределение землетрясений с  $2.5 \leq M < 3$ , выраженное в их годовом количестве.

### Временной режим выделения сейсмической энергии

На рис. 1.5(17а) приведена гистограмма полной выделенной энергии по годам за современный инструментальный период (1962-2002г.). Из рис. 1.5(17а) видно, что: ежегодно на территории Армении и сопредельных стран, в среднем, выделяется энергия  $E = 5 \times 10^{19}$  Эрг.;

- выделенная энергия варьирует в пределах  $E_{\min} = 7 \times 10^{18}$  Эрг до  $E_{\max} = 7 \times 10^{22}$  Эрг.

- перед двумя сильнейшими современными землетрясениями – Чалدرانское землетрясение, 1976г.,  $M=7.0$  и Спитакское землетрясение, 1988г.,  $M=7.0$ , наблюдался минимум выделенной энергии, соответственно в 1975г. и в 1987г., который, возможно, служит нижним критическим пределом дефицита энергии, после чего наступает ее выделение, завершающееся сильным землетрясением с  $M \geq 7.0$ ;

- нет однозначного периода времени (цикла) выделения больших энергий, что характерно для сложного мозаично-блокового тектонического строения территории.

Из гистограммы (рис. 1.5(17б)) годового количества ( $N$ ) землетрясений с  $M \geq 2.5$  (за период времени 1962-2002г.) видно, что:

- ежегодно на территории Армении и сопредельных районов происходит в среднем 100-120 землетрясений с  $M \geq 2.5$ ,

- ежегодное количество землетрясений варьирует в пределах  $N_{\min} = 70$  до  $N_{\max} = 400$ .

- перед сильнейшими Чалدرانским (1976г.) и Спитакским (1988г.) сейсмическими событиями количество землетрясений было ниже среднего,  $N=70-90$ ,

- в течение современного инструментального времени выделяется период высокой частоты землетрясений с 1976-1986г., который определяется как период

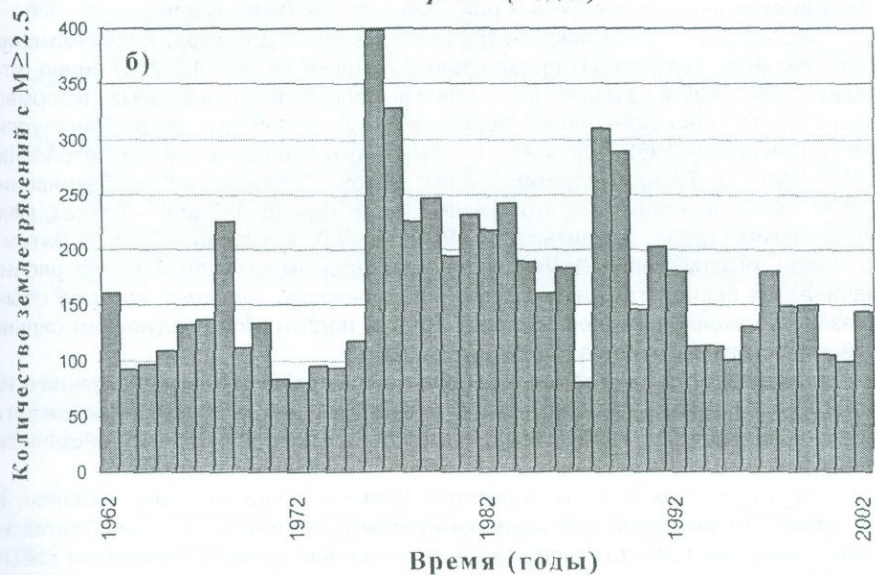
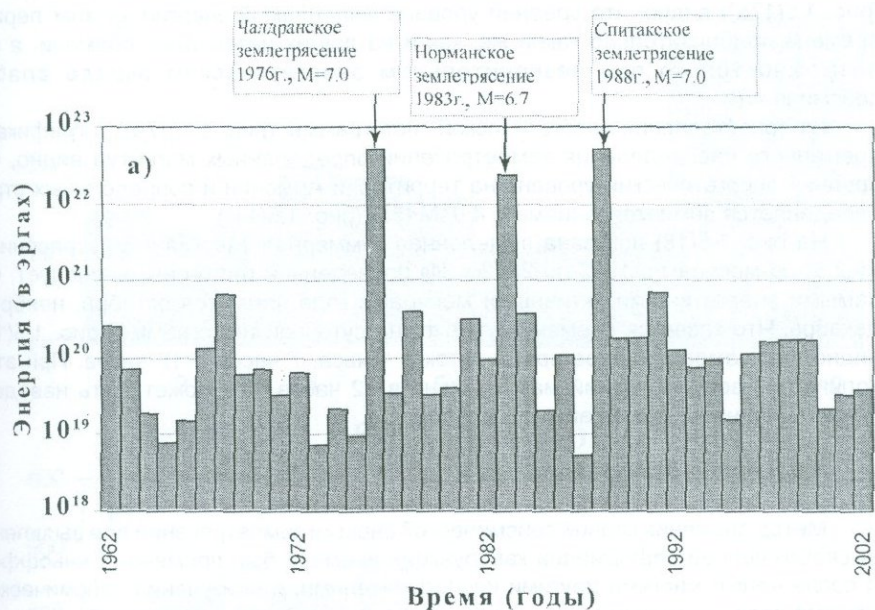


Рис. 1.5(17) Гистограмма выделенной энергии (а) и количества землетрясений с  $M \geq 2.5$  (б) по годам за 1962-2002гг.

повышения частоты слабой сейсмичности, т.к. из энергетической гистограммы (рис. 1.5(17а)) видно, что средний уровень выделяемой энергии за этот период времени приблизительно такой же, как и на других интервалах времени, а это возможно только при незначительном энергетическом вкладе слабой сейсмичности.

Из сопоставления энергетической гистограммы (рис. 1.5(17а)) с графиками временного распределения землетрясений определенных магнитуд видно, что средний энергетический уровень на территории Армении и сопредельных стран определяется землетрясениями с  $4.0 \leq M < 5.0$  (рис. 1.5(14)).

На рис. 1.5(18) показана выделенная суммарная энергия землетрясений с  $M \geq 2.5$  по месяцам с 1962 по 2002гг. Из приведенной гистограммы следует, что самыми энергетически активными месяцами года являются октябрь, ноябрь и декабрь. Что касается времени суток, то на суточной гистограмме (рис. 1.5(19)) видно, что самое активное время суток – 4 часа, 7 часов и 12 часов. При этом количество землетрясений максимально в 12 часов, что может быть наведено гравитационными приливами Луны и Солнца.

### **Выделение деформаций**

Метод сложения корней сейсмической энергии землетрясений для выявления высвобожденной деформации как функции времени был применен Беньоффом, а после него и многими другими исследователями, для изучения сейсмического режима отдельных исследуемых районов, а также Земли в целом.

Так, на рис. 1.5(20) показан график Беньоффа для территории Армении и сопредельных районов. Из приведенного графика на рис. 1.5(20б) видно, что в период 1962-1988гг. на нашей территории выделение накапливаемых деформаций носит достаточно отчетливый периодический характер: между Зангезурским землетрясением 1968 года ( $M=5.1$ , Армения) и Чалдранским землетрясением 1976г. ( $M=7.0$ , Турция) период  $T=8$ лет; между Чалдранским землетрясением (1976г.) и Норманским землетрясением 1983г. ( $M=6.8$ , Турция) -  $T=7$ лет; между Норманским (1983г.) и Спитакским 1988г. ( $M=7.0$ , Армения) -  $T=5$ лет. Затем на площади, ограниченной Армянским национальным каталогом землетрясений, начинается период так называемого *сейсмического затишья*, которое обычно связано с *накоплением* деформаций, то есть подготовкой следующего сильного сейсмического события на искомой площади.

Если рассмотреть накопленное (кумулятивное) число землетрясений с 1962 по 2004 год (рис. 1.5(20а)), то становится ясно, что дефицит энергии, образовавшийся после 1988 года, может быть восполнен одним сейсмическим событием.

Наряду с этим фактом, в регионе Кавказа и прилегающих районов, вне площади, ограниченной армянским каталогом землетрясений, после Спитакского землетрясения 1988 года произошла серия сильнейших сейсмических событий с еще большей частотой: Рудбарское землетрясение, 1990г. ( $M=7.7$ , Иран), Рачинское, 1991г. ( $M=7.1$ , Грузия), Ерзнка, 1992г. ( $M=6.8$ , Турция), Барисахо, 1992г. ( $M=6.8$ , Грузия), Ардебилское, 1997г. ( $M=6.7$ , Иран), Кайенское 1997г.

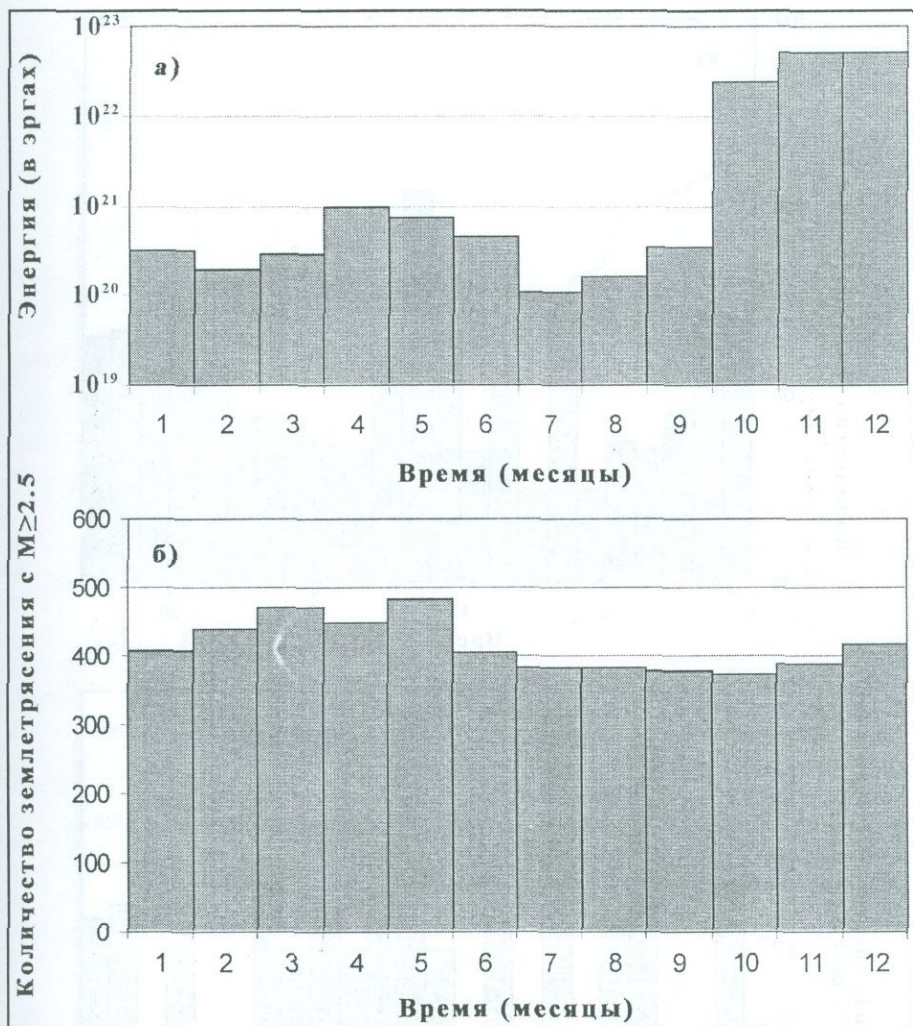


Рис. 1.5(18) Гистограмма суммарной выделенной энергии (а) и количества землетрясений (б) с  $M \geq 2.5$  по месяцам за 1962-2002гг.

( $M=7.3$ , Иран) и другие.

Таким образом, одной из сложнейших задач использования графика Беньоффа является выбор территории с однородным запасом энергии для потенциально возможных землетрясений в этом районе. Если это условие достигнуто, то можно оценить максимальную деформацию, которая может выделиться при землетрясении в определенное время, если рассмотреть разницу

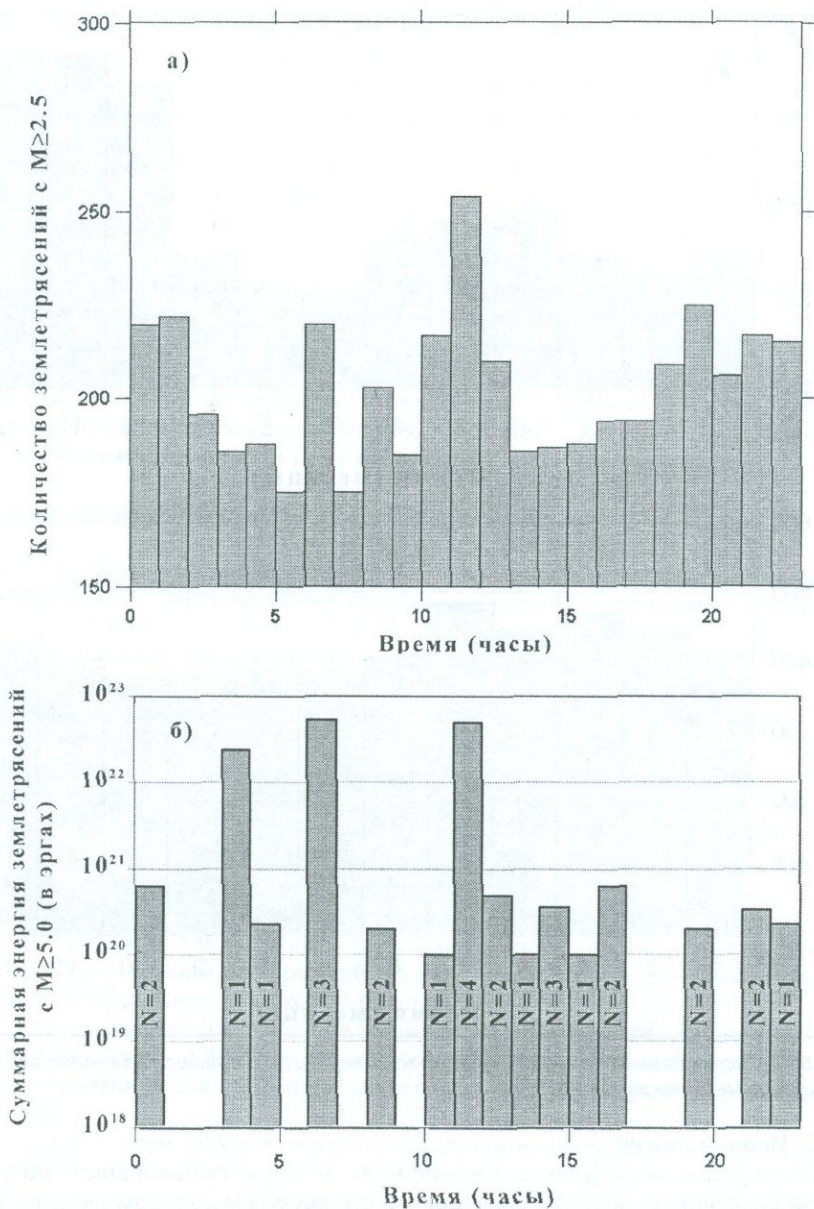


Рис. 1.5(19) Гистограмма суммарной выделенной энергии с  $M \geq 5.0$  (а) и суммарного (б) количества землетрясений с  $M \geq 2.5$ , по часам за сутки (1962-2002гг).

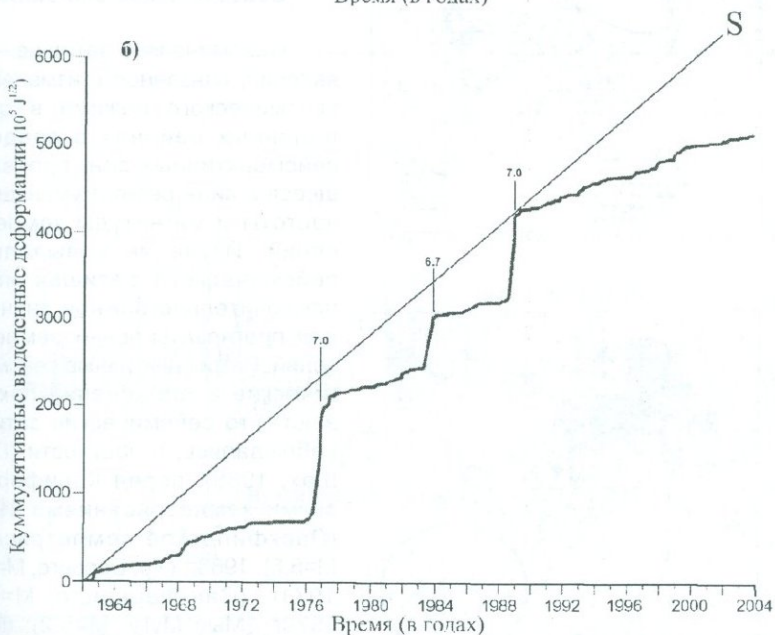
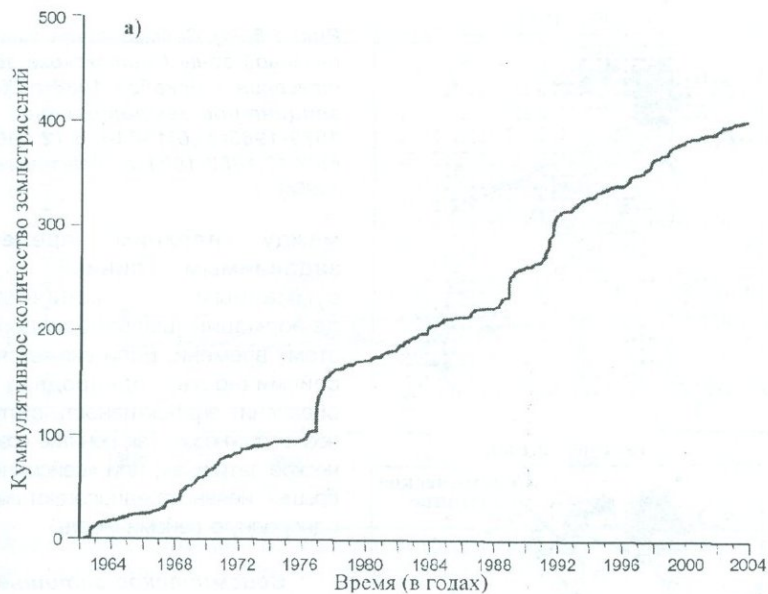


Рис. 1.5(20) График Бенъоффа за период 1962-2003гг.: (а) куммулятивное количество сейсмических событий; (б) куммулятивные выделенные деформации.

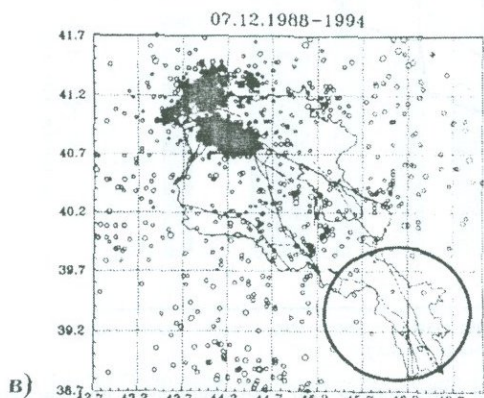
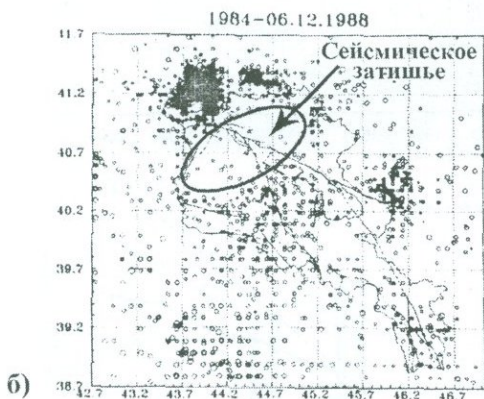
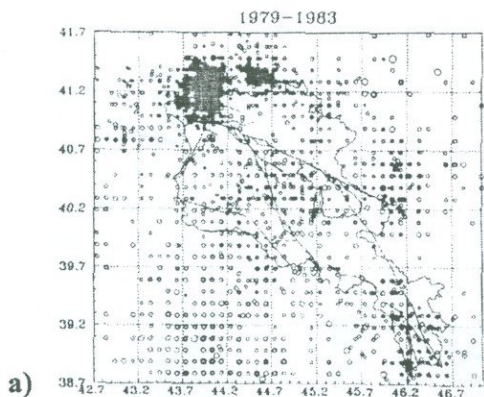


Рис. 1.5(21) Сейсмическое затишье очаговой зоны Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 г. Карта эпицентров землетрясений а) за 1979–1983гг.; б) 1984–0.6.12.1988гг.; в) 07.12.1988–1994гг. (Balassanian et al, 1995a)

между верхним пределом, задаваемым линией S, и суммарным количеством деформаций, высвободившихся к этому времени. Если окажется, что сейсмичность однородна, это обеспечит эффективность статистических прогнозов. Так, понятие «сейсмическое затишье», или «сейсмическая брешь», неявно предполагают именно однородную сейсмичность.

### Сейсмическое затишье

Сейсмическое затишье – это явление, связанное с изменением сейсмического режима в определенных районах в пределах сейсмоактивных зон, проявляющееся в виде резкого уменьшения частоты и магнитуды землетрясений. Изучение и выявление сейсмического затишья имеет исключительно важное значение для прогноза сильных землетрясений. Ретроспективные сейсмологические исследования показывают, что сейсмические затишья наблюдались, в частности (Гир и Шах, 1988), перед Калифорнийскими землетрясениями 1966г. (Паркфилдское землетрясение  $M=5.6$ ), 1968г. (Хр. Боррего,  $M=6.4$ ), 1971г. (Сан-Фернандо,  $M=6.5$ ), 1973г. (Мыс Мугу,  $M=5.2$ ); перед рядом землетрясений  $M=6.0$  в Японии, как показал К. Моги (1979); перед рядом турецких землетря-

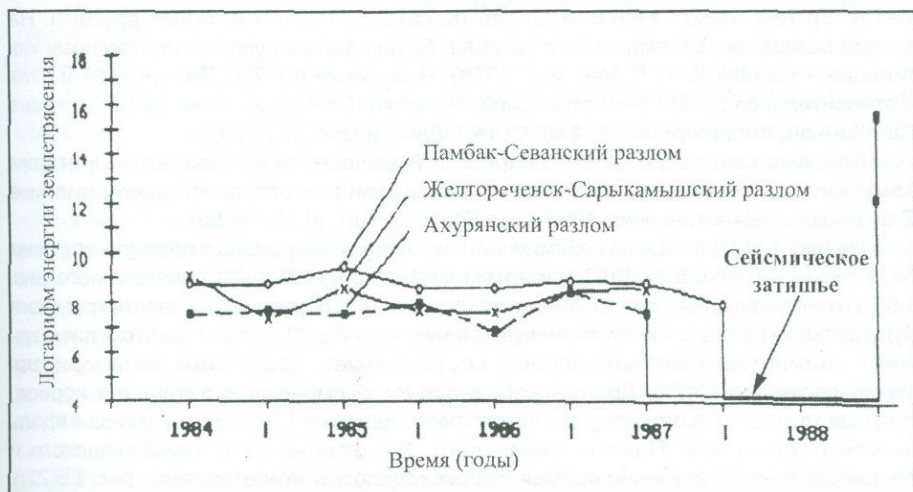


Рис. 1.5(22) Сейсмическое затишье вдоль активных разломов, участвовавших в подготовке Спитакского землетрясения 7 декабря 1988г. (Balassanian et al, 1995a)

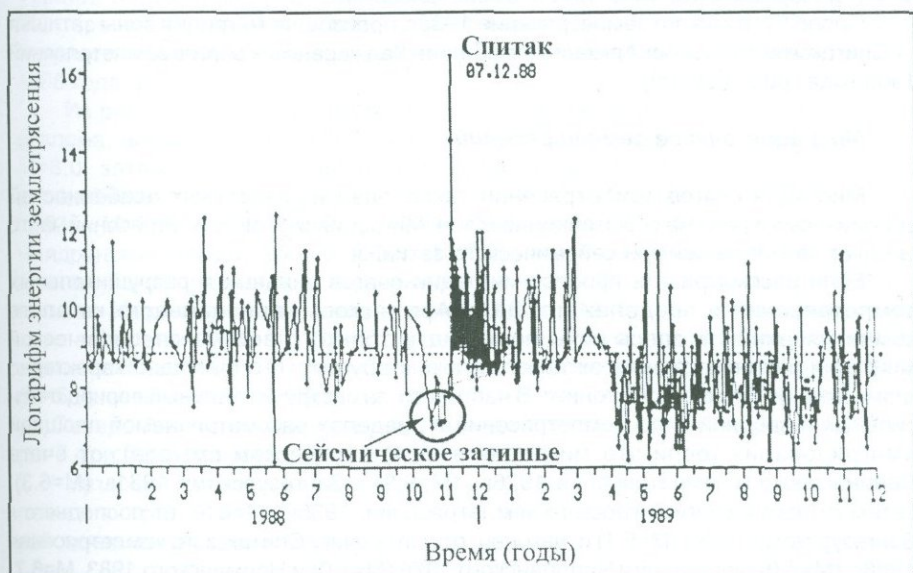


Рис. 1.5(23) Сейсмическое затишье на территории Армянского нагорья перед Спитакским землетрясением 7 декабря 1988г. (Balassanian et al, 1995a)

сений вдоль Северо-Анатолийского разлома – Измитское землетрясение, 1999г.,  $M=7.4$ , Ерзнка, 1992г.,  $M=6.8$ , и другие (Касахара, 1985) и многими другими. На основе выявления сейсмического затишья были сделаны успешные прогнозы как сильных – Оахака ( $M=7.8$ , Мексика, 1978), Нэмуруоки ( $M=7.4$ ) Япония, 1973г., так и относительно слабых землетрясений: Ямасаки ( $M=4.0$ ), Япония, 1977г., а также Сан-Каньон, Калифорния ( $M=4.6$ ), США, 1986г. и многих других.

Впервые многовариантный эффект сейсмического затишья на территории Армении и сопредельных районов был обнаружен при ретроспективном анализе Спитакского землетрясения 1988 года (Balassanian, et al, 1995a).

На рис. 1.5(21) показана сейсмичность исследуемого района в периоды времени 1979-1983г., 1984-0.6.12.1988г. и затем 07.12.1988-1994г. Из приведенного рис. 1.5(21) отчетливо видна зона сейсмического затишья, сформировавшаяся вокруг очага будущего Спитакского землетрясения в течение 1984-0.6.12.1988г. При этом, площадь зоны пятилетнего затишья хорошо соответствует статистике Канамори для землетрясений с  $M=7.0$ . Другой особенностью сейсмического затишья в период, предшествующий Спитакскому землетрясению, является 1.5-годичное затишье вдоль активных разломов: Памбак-Севанского, Желтореченск-Сарыкамьшского и Ахурянского, на пересечении которых и происходило это землетрясение (рис. 1.5(22)). Третья особенность – за 1.5 месяца до Спитакского землетрясения краткосрочным затишьем была охвачена вся территория Армении и сопредельных стран (рис. 1.5(23)).

Эффект сейсмического затишья был выявлен также для Чалдранского, 1976,  $M=7.0$  и Норманского, 1983,  $M=6.7$  землетрясений.

После Спитакского землетрясения 1988г. произошла миграция зоны затишья от Спитакской зоны на юг Армении – в область Каджаранских очагов землетрясений 1968 года (рис. 1.5(21с)).

### ***Миграция очагов землетрясений***

*Миграция очагов землетрясений также одна из известных особенностей сейсмического режима сейсмоактивных зон. Миграция очагов землетрясений часто следует за миграцией зон сейсмического затишья.*

Если рассматривать процесс миграции очагов сильных и разрушительных землетрясений в пределах площади Армянского национального каталога землетрясений, то здесь речь может идти только о весьма специфической миграции очагов от одного активного блока к другому, что очевидно характерно для мозаично-блоковой тектоники. В частности, за инструментальный период очаги сильных и средней силы землетрясений в пределах рассматриваемой площади «мигрировали» (если это миграция в ее классическом смысле): от очага Ленинанканского землетрясения 1926г., ( $M=9.8$ ) к Зангезурскому 1931г. ( $M=6.3$ ), затем от него к очагу Текорского землетрясения, 1935г. ( $M=6.3$ ), от последнего к Зангезурскому 1968г. ( $M=5.1$ ) и, наконец, от него к очагу Спитакского землетрясения 1988г. ( $M=7.0$ ), через очаги Чалдранского 1976 ( $M=7.0$ ) и Норманского 1983,  $M=6.7$ , землетрясений.

Скорость «миграции» очагов меняется от 4 до 33 лет, т.к. это зависит от многих известных факторов, связанных с региональным и локальным (местным) сейсмическим

режимом и физико-геологическим строением региона и искомой площади.

Направление «миграции» очагов с 1927г. по 1968г. – с севера (1927) на юг (1931), затем обратно на север (1935) и вновь на юг (1968); а с 1968г. по 1988г.- по кругу, с юга (1968) на юго-запад (1976), затем на север (1983) и северо-восток (1988).

Если продолжить эту круговую тенденцию миграции или вернуться к схеме север  $\rightleftharpoons$  юг, то в обоих случаях очередное направление «миграции» - на юг. Это хорошо согласуется и с миграцией сейсмического затишья после Спитакского землетрясения 1988г. с севера на юг (рис. 1.5(21с)). Учитывая интервал времени повторяемости Зангезурских землетрясений за инструментальный период – 37 лет (между землетрясениями 1931 и 1968 годов), можно считать, что опасным периодом после 1968г. на юге Армении является 2005 год, что согласуется и с порядком интервала скоростей «миграции» - 4÷33 года. Разумеется, подобный среднесрочный прогноз постоянно должен уточняться, поскольку накопление и разрядка упругих деформаций очень сложный и динамичный процесс, ускоряющийся и замедляющийся в зависимости от многих известных факторов, за которыми ежедневно ведут наблюдения и анализ государственные сейсмологические службы.

Если рассматривать процесс миграции очагов сильных и разрушительных землетрясений, не ограничивая его площадью Армянского национального каталога землетрясений, то заслуживает внимания схема В. И. Уломова (1989) о миграции очагов сильных землетрясений по Северо-Анатолийскому разлому на территории Турции, переходящей на Восточно-Анатолийский разлом, соединяющей с Желтореченск-Сарыкамышским, на сочленении которого с Памбак-Севанским и Ахурянским разломами и произошло катастрофическое Спитакское землетрясение 1988 года (рис. 1.5(24)).

Из рис. 1.5(24) видно, что постепенное вспарывание Северо-Анатолийского разлома, начавшееся в 1939г. в районе Эрзинджана (Ерзнка) с землетрясения  $M=8.0$ , затем последовательно мигрировавшее на запад и вновь на восток сильнейшими землетрясениями 1942г. ( $M=7.3$ ), 1943г. ( $M=7.6$ ), 1944г. ( $M=7.6$ ), 1953г. ( $M=7.2$ ), 1957г. ( $M=7.1$ ), 1966г. ( $M=6.8$ ), 1967г. ( $M=7.1$ ), могло вызвать Чалدرانское землетрясение 1976г. ( $M=7.0$ ) на восточном продолжении Северо-Анатолийского разлома и «перекинуться» на Восточно-Анатолийский разлом, вызвав Норманское землетрясение 1983г. ( $M=6.7$ ) и затем Спитакское землетрясение 1988г. ( $M=7.0$ ), после которого произошло Рачинское землетрясение 1991г. ( $M=7.1$ ) в Грузии, а затем вновь землетрясение Ерзнка 1992г. ( $M=6.8$ ), землетрясение Барисахо ( $M=6.4$ ), и вновь новую волну миграции очагов по Северо-Анатолийскому разлому в виде Измитского землетрясения 1999г. ( $M=7.4$ ) и землетрясения Дюссе (1999г.,  $M=7.2$ ).

Интересно отметить, что обычно скорость миграции очагов землетрясений лежит в пределах 10÷100 км/год во всех известных случаях по всем сейсмоактивным зонам мира.

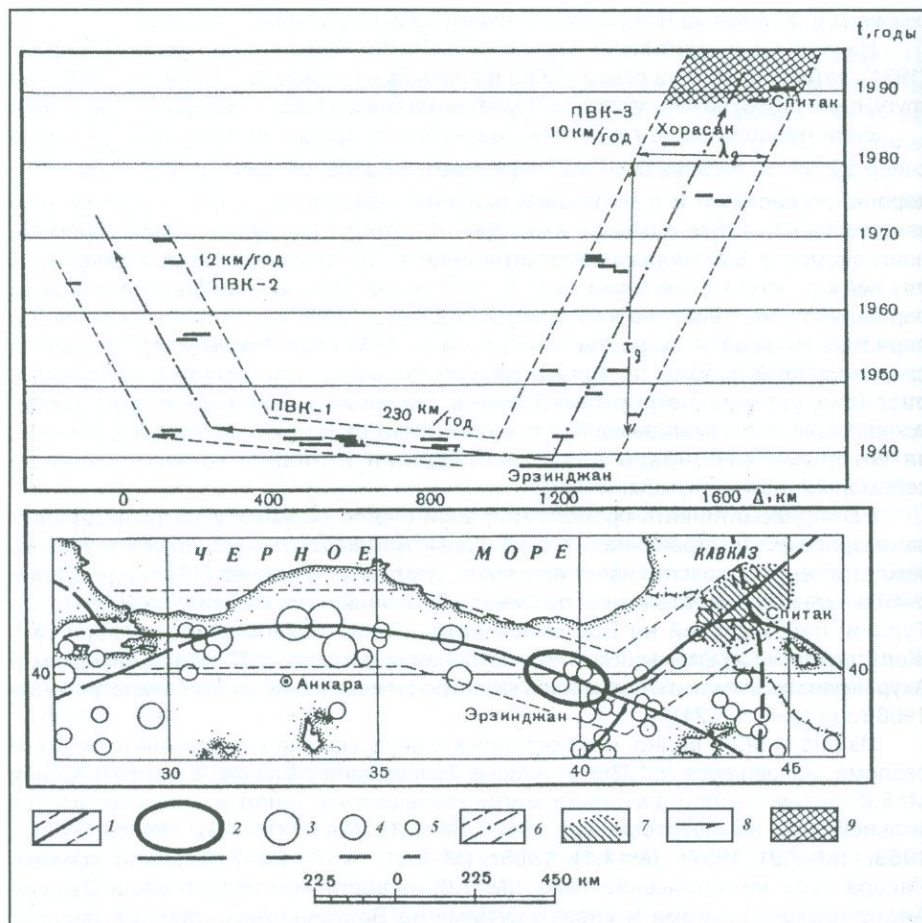


Рис. 1.5(24) Пример миграции очагов сильных землетрясений в районе Северо-Анатолийских разломов

1 – зоны разломов; 2 – очаг землетрясения с  $M=8.0$ ; 3-5 – землетрясения с  $7.5 > M \geq 7.0$  (3);  $7.0 > M \geq 6.5$  (4);  $6.5 > M \geq 6.0$  (5); 6 – направление миграции вдоль пространственно-временного канала; 7 – область ожидания сильного землетрясения в 1988г., 8 – смещения крыльев разломов; 9 – область ожидания землетрясения, начиная с 1990г. (Уломов, 1989)

### Наведенная сейсмичность

Наведенная сейсмичность одна из интереснейших и важнейших проблем современной сейсмологии. Она существенно влияет на сейсмический режим сейсмоактивных районов, т.к. приводит к индуцированной (инициированной)

**Рис. 1.5(25)** Явление наведенной сейсмичности на территории Кавказа Измитским землетрясением 1999г. ( $M=7.4$ ).

разрядке упругих напряжений и выделению деформаций в виде землетрясений внешними физическими воздействиями как искусственного (взрыв, заполнение водохранилищ, закачка воды в скважины, проходка горных выработок, и др.), так и естественного происхождения (землетрясения, распространение сейсмических волн, гравитационные приливы Луны и Солнца и др.).

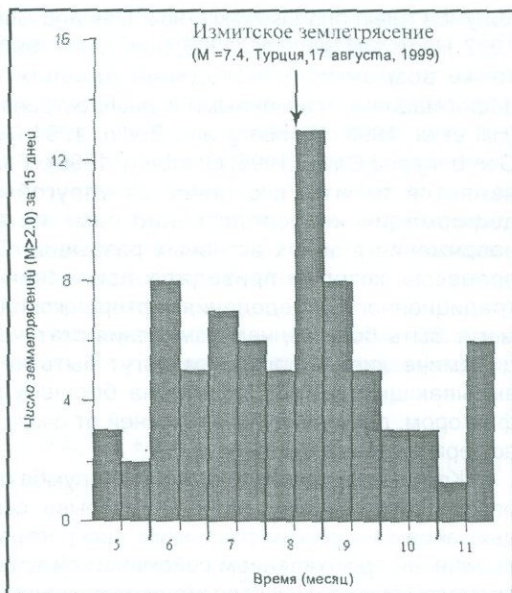
Проблему наведенной сейсмичности на территории Армении и сопредельных стран изучал С.Ю. Баласанян. Им, в частности, показано, что в пределах одной и той же сейсмоактивной зоны коллизии Аравийской и Евразийской плит одно произошедшее

сильное землетрясение с  $M \geq 7.0$  провоцирует другие независимо от расстояния между очагами первого и последующего землетрясений.

На рис. 1.5(25) приведены результаты исследования наведенной сейсмичности от Измитского землетрясения 1999г.  $M=7.4$ . Из рис. 1.5(25) хорошо видно, что Измитское землетрясение 1999г. (очаг которого расположен на расстоянии 1380 км от территории Армении) вызвало резкое повышение сейсмичности по всему Армянскому нагорью. Такие же результаты получены от всех других сильных землетрясений, происшедших в зоне коллизии Аравийской и Евразийской плит.

Сейсмологи, занимающиеся проблемой наведенной сейсмичности, в частности, А. Николаев, Кинг, Стейн, Лин и другие пришли к выводу о том, что сброс напряжений в одной точке пространства вызывает так называемое изменение напряжения Колумба, известное как критерий разрушения Колумба, сопровождающееся повышением напряжения в других точках пространства, подготавливая следующее землетрясение, или действующее как триггер на «созревшую» для разрыва область критически деформированных пород. На основе исследования напряжений Колумба при землетрясениях Джошуа Три ( $M_L=6.1$ , 1992, Калифорния, США), Хомстед Вaley ( $M_L=5.2$ , 1979, Калифорния, США), Биг Бир ( $M_L=6.5$ , 1992, Калифорния, США) и Ландерс ( $M_L=7.4$ , 1992, Калифорния, США) американские сейсмологи пришли к заключению, что все эпицентры этих землетрясений могли быть спрогнозированы, используя теорию наведенной сейсмичности, основанную на критерии разрушения Колумба.

Помимо наведения землетрясений и их афтершоков статическим напряжением



Колумба (Stein and Lisowski, 1983; Das and Sholz, 1981; Reasenberg and Simpson, 1992; Harris and Simpson, 1992; Stein et al., 1992; King et al., 1994), была исследована также возможность наведения дальних землетрясений динамическими деформациями, связанными с распространяющимися сейсмическими волнами (Hill et al, 1993; Gomberg and Bodin, 1994; Anderson et al., 1994; Spudich, 1995; Gomberg and Davis, 1995; Gomberg, 1995). Главным выводом этих исследований является то, что, в отличие от упругой модели Колумба, динамические деформации непосредственно сами не вызывают большого повышения напряжения в зонах активных разрывов. Они инициируют такие вторичные процессы, которые приводят к понижению порового давления. В пределах традиционного определения афтершоковой зоны динамические деформации могут быть больше, чем изменения статических напряжений. Таким образом, динамические деформации могут быть не только действующим фактором, вызывающим землетрясения на больших расстояниях, но и существенным фактором, действующим в ближней от очага землетрясений зоне, в частности в афтершоковой области.

Кроме изменения напряжения Колумба (в результате смещения по разлому; распространения сейсмогенного разрыва; сейсмогенного движения, вызванного движением по другим разломам; распространения динамической деформации, вызванной прохождением сейсмической волны), нижеприведенные физические процессы предложены для объяснения наведенной сейсмичности при изменении поля напряжение / деформация; – газы, выдавливаемые из разлома (Melosh, 1979), термическое расширение поровых флюидов (Masse and Smith, 1987); сверхдавление, вызванное подъемом пузырьков газа (Linde et al., 1994) и раскрытие разломов с соответствующим увеличением или уменьшением порового давления (Blanpied et al., 1992; Smith and Geil, 1982; Marone et al., 1990; Chester, Evans and Biegel., 1993).

Все вышеприведенные физические процессы были вовлечены в объяснение наведенной сейсмичности мощными триггерами на больших расстояниях от пункта их воздействия, поскольку прямое изменение поля напряжение / деформация на больших расстояниях от триггера, в общем, меньше, чем воздействие земных приливов. Именно поэтому дополнительные силы необходимы для усиления первичного воздействия на большие расстояния.

Для дальнейшего понимания физики наведенной сейсмичности мощными воздействиями различных триггеров на литосферу С.Ю. Баласаняном предложена следующая гипотеза на примере зоны коллизии Аравийской и Евразийских плит, которая, в соответствии с современными данными (Balassanian, 1995; 2000), имеет иерархическую активно-блочную структуру, состоящую из мегаблоков (Аравия и Евразия), субблоков (Анатолийский, Кавказский, Черноморский, Иранский и др.) и множества микроблоков в пределах каждого субблока.

Это означает, что в зоне коллизии мы имеем активные блоки различных масштабов, сформированные активными разломами соответствующих масштабов.

Предполагая активно-блочную структуру зоны коллизии, С.Ю. Баласанян показал (Balassanian, 2003) передачу напряжения Колумба на большие расстояния не только по причине спровоцированной триггером подвижки на каком-либо разломе,

но и вследствие подвижки микроблока, вызванной движением одного из его граней, под действием триггера, в поле региональных сил упругих напряжений.

Каждый блок в иерархической активно-блоковой структуре зоны коллизии находится в поле региональных сил упругих напряжений. Это означает, что каждый активный микроблок имеет текущую потенциальную энергию ( $E_n^i$ ), вследствие накопления напряжения до текущего момента времени. Потенциальная энергия неоднородно распределяется внутри каждого блока, имея максимумы на границах блоков, где накоплены максимальные напряжения. Каждый активный микроблок характеризуется также критическим уровнем деформаций ( $E_{крит}^i$ ), зависящим от свойств вещества, слагающего активные разломы, которые формируют грани микроблоков.

Алгоритм предлагаемой гипотезы о механизме наведенной сейсмичности на больших расстояниях от пункта воздействия триггера на литосферу выглядит следующим образом:

$$E_n^{i,i+1} + \Delta E_{трис}^{i,i+1} \geq E_{крит}^{i,i+1} \rightarrow E_{земл}^{i,i+1} \rightarrow E_{двж}^{i,i+1} + E_{д,д}^{i,i+1} \rightarrow E_n^{i+1,i+2} + \Delta E_{трис}^{i+1,i+2} \geq E_{крит}^{i+1,i+2} \rightarrow E_{земл}^{i+1,i+2} \rightarrow \dots, \quad 1.5(1)$$

$$\rightarrow E_{двж}^{i+1,i+2} + E_{д,д}^{i+1,i+2} \rightarrow E_n^{i+(n-1),i+n} + \Delta E_{трис}^{i+(n-1),i+n} \geq E_{крит}^{i+(n-1),i+n} \rightarrow E_{земл}^{i+(n-1),i+n} \rightarrow \dots,$$

где  $i$  переменная по любому азимуту от зоны воздействия триггера;  $E_n$  - потенциальная энергия на границе активных блоков;  $\Delta E_{трис}$  - энергия подвижки, вызванной триггером;

$E_{крит}$  - критическая энергия;  $E_{земл}$  - энергия наведенного землетрясения;  $E_{двж}$  - энергия движения активных блоков, под действием региональных сил упругих напряжений;  $E_{д,д}$  - энергия динамических деформаций, связанных с распространением сейсмической волны.

Алгоритм 1.5(1) показывает следующее. В случае, если потенциальная энергия  $E_n^{i,i+1}$  на границе активных блоков ( $i$ ) и ( $i+1$ ) находится на пред-критическом уровне, то дополнительное напряжение  $\Delta E_{трис}^{i,i+1}$  созданное триггером (повышение напряжения Колумба вследствие землетрясения, или мощного взрыва, или глубокопроникающего бомбометания), может повысить потенциальную энергию  $E_n^{i,i+1}$  до критического уровня  $E_{крит}^{i,i+1}$ , в определенной зоне активного разлома на границе блоков ( $i$ ) и ( $i+1$ ), вызвав ее разрыв и, соответственно, землетрясение  $E_{земл}^{i,i+1}$ . Вызванное землетрясение означает сброс энергии ( $E_{земл}^{i,i+1}$ ), которая вызовет компенсирующую подвижку  $E_{двж}^{i,i+1}$  микроблока ( $i+1$ ) под действием региональных сил упругих напряжений, и сейсмическую волну (динамическая деформация / напряжение). Движение активного блока ( $i+1$ ) и распространение динамической деформации наведут повышение напряжения Колумба вдоль всех границ блока ( $i+1$ ). Это означает, что та зона на границе блоков ( $i+1$ ) и ( $i+2$ ), которая имеет пред-критический уровень потенциальной энергии  $E_n^{i+1,i+2}$ , получит дополнительное напряжение Колумба, которое может послужить триггером для следующего сейсмического события, и, таким образом, цепь наведенных землетрясений будет продолжена, в соответствии с алгоритмом (1).

Расстояние между пунктами воздействия мощного триггера на литосферу ( $\Delta E_{трис}^{i,i+1}$ ) и наведенным землетрясением ( $E_{земл}^{i,i+1}$ ), а также расстояние между всеми последующими сейсмическими событиями ( $E_{земл}^{i+1,i+2}$ , ...  $E_{земл}^{i+(n-1),i+n}$ ) будут зависеть от размеров активных

микроблоков и расположения пред-критических уровней потенциальной энергии на границах этих микроблоков и, таким образом, может быть больше тысячи километров.

Магнитуда наведенных землетрясений будет зависеть от уровня критических напряжений, который лимитирует накопление потенциальной энергии, и размеров зоны накопления критических энергий. Время наведенной сейсмичности зависит от наличия зоны с пред-критическим уровнем накопленной потенциальной энергии на границах искомого микроблока, наведенное движение которого вызовет землетрясение. В этом случае землетрясение произойдет сразу же после действия триггера. В том же случае, когда наведенной величины  $\Delta E_{\text{тригг}}^{i,i+1}$  не хватит для того, чтобы потенциальная энергия  $E_n^{i,i+1}$  искомого фрагмента границы раздела блоков ( $i$ ) и ( $i+1$ ), достигла критической величины  $E_{\text{крит}}^{i,i+1}$ , понадобится еще некоторое время для достижения критической величины следующим триггером или естественным накоплением потенциальной энергии под действием региональных сил.

Таким образом, если предлагаемая гипотеза верна, то возможна реализация разных сценариев наведенной сейсмичности – от отсутствия вызванного землетрясения в течение длительного времени после воздействия триггера и близких землетрясений малой магнитуды до сильного землетрясения на любом расстоянии в пределах границ искомого активного микроблока, с линейными размерами более тысячи километров. Время передачи напряжения от триггера до искомой зоны первого разрыва будет зависеть от многих факторов – общей геодинамики региона, сейсмотектонической позиции искомого микроблока, геологических условий, кинематики и динамики активного блока, размеров и массы этой структуры, распределения критического уровня вдоль границ микроблока, мощности триггера.

Период времени наведения сейсмичности, после воздействия триггера, может меняться от секунд до десятков месяцев в различных случаях.

При любых сценариях событий наведенная сейсмичность стартует от главного события – триггера, который вызывает первое землетрясение, а затем первое землетрясение вызывает второе и т.д. до тех пор, пока очередное сейсмическое событие, в этой цепи наведенных событий, не будет подавлено следующим условием:

$$E_n^{i+(n-1),i+n} + \Delta E_{\text{тригг}}^{i+(n-1),i+n} < E_{\text{крит}}^{i+(n-1),i+n} \quad 1.5(2)$$

В заключение заметим, что предложенная гипотеза с многосценарной природой не может быть оценена на основе формальной математической статистики, поскольку каждый случай наведенной сейсмичности уникален. Исходя из этого, для корректной оценки эффекта наведения должен быть накоплен однородный статистически представительный материал, состоящий из одних и тех же сценариев наведения землетрясений.

В развитие этой гипотезы С. Ю. Баласаньяном, совместно с Р. С. Геворкяном, путем математического моделирования было показано, что сброс напряжений при Измитском землетрясении, 1999г. (M=7.4) привел к компенсирующей подвижке Аравийской плиты на расстояние 0.2 см в северо-западном направлении, вызвав наведенную сейсмичность по всему фронту ее движения (рис. 1.5(25)) (Balassanian, 2003b).

Необходимо также отметить, что повышение напряжения менее чем на 0.5 Бар достаточно для того, чтобы вызвать землетрясение, а понижение напряжения на ту же величину достаточно для того, чтобы подавить его.

Таким образом, наведенные (даже дальними сильными землетрясениями) изменения полей напряжения способны существенно перестраивать региональное деформационное поле, прямо воздействуя на сейсмический режим региона.

### **Повторяемость землетрясений**

Другой важной особенностью сейсмического режима является повторяемость землетрясений.

На рис. 1.5(26) приведен график Гутенберга-Рихтера – повторяемости землетрясений по всей площади исследований – который описывается уравнением:

$$\lg N = A - b \cdot M, \quad 1.5(3)$$

где  $A=6.25$  и  $b=1$  - постоянные коэффициенты, отражающие общие особенности сейсмического режима территории Армении и сопредельных районов.

Из приведенного графика повторяемости на рис. 1.5(26) видно, что в этом регионе ежегодно могут происходить 7000 землетрясений с  $M=2$ , 1000 землетрясений с  $M=3$ , 100 землетрясений с  $M=4$ , 10 землетрясений с  $M=5$  и одно землетрясение с  $M=6$ . Из этого же графика повторяемости следует, что в исследуемом регионе можно ожидать одно землетрясение с  $M=7.0$  в течение каждых 10 лет.

При этом нужно иметь в виду, что исходя из низкого уровня сейсмостойкого строительства все землетрясения с  $M \geq 4.4$  могут оказаться разрушительными, если они произойдут в густонаселенных пунктах, как это имело место при Ноемберянском землетрясении 1997г. ( $M=4.4$ ).

Анализ периодов повторяемости землетрясений, выполненный для всех очагов сильных землетрясений, показывает, что в среднем периоды повторяемости землетрясений в одном и том же очаге составляют 30 лет для землетрясения с  $M=4.4$ ; 94 года для землетрясения с  $M=5.1$ ; 340 лет для землетрясения с  $M=6.0$ ; 1190 лет для землетрясения с  $M=6.9$ , и 1600 лет для землетрясения с  $M=7.4$ . Учитывая большое количество действующих и потенциальных очагов землетрясений на территории Армении и сопредельных стран, общий характер повторяемости землетрясений выглядит так, как это показано на рис. 1.5(26).

### **Современные деформации земной коры на территории Армении и сопредельных стран**

Современные деформации земной коры на территории Армении и сопредельных стран исследовались под руководством С. Ю. Баласаняна (Армения) и Р. Рейлинджера (США) в рамках сотрудничества НССЗ при правительстве РА с Массачусетским технологическим институтом США и Национальным Агентством Аэронавтики США, с 1991 по 2002 год.

На рис. 1.5(27) приведены уникальные данные этих исследований,

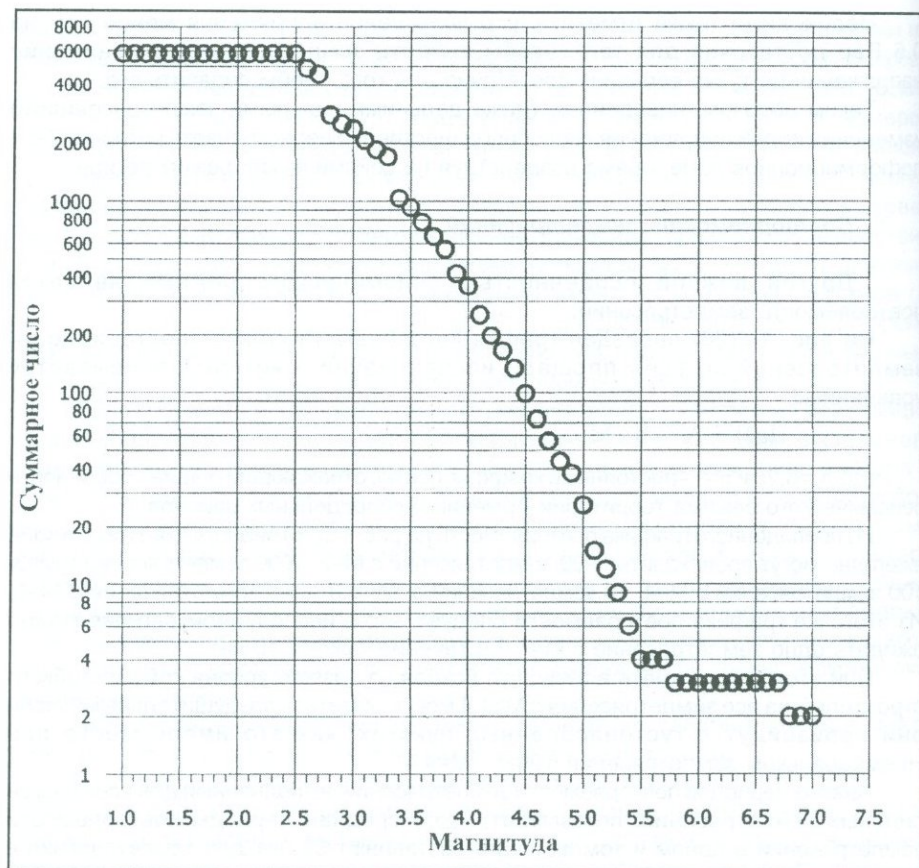


Рис. 1.5(26) График повторяемости землетрясений Гутенберга-Рихтера.

выполненных с помощью глобальной позиционной системы (ГПС), представляющей собой высокоточные спутниковые геодезические наблюдения, позволяющие регистрировать горизонтальные деформации земной коры с точностью до 0.1 мм.

На основе данных, полученных С.Ю. Баласаняном, по разности скоростей движения активных блоков и векторов направления их движения проведены зоны градиентов деформаций типа сжатие, растяжение, сдвиг (рис. 1.5(28)).

Анализ современных деформаций земной коры позволяет, в сопоставлении с сейсмическим режимом, судить о зонах высокой потенциальной опасности землетрясений на территории Армении и сопредельных стран.





Рис. 1.5(28) Зоны напряжений типа сжатие (1), растяжение (2), сдвиг (3) на Кавказе и Армянском нагорье, полученные по данным спутниковой геодезии (GPS-наблюдения), с направлением движения активных блоков (4) и позицией образованных надвигов (5) (по С.Ю. Баласаняну).

## 1.6 Спитакское землетрясение

Спитакское землетрясение 7 декабря 1988г. уникально во многих отношениях. Из всех землетрясений XX века это самое разрушительное сейсмическое событие в мире, сила которого по разным оценкам колеблется от  $M=6.7$  (\*, \*\*, \*\*\*) до  $M=7.0$  (Balassanian et al., 1995a). Подобные землетрясения происходят в мире ежегодно в количестве от 15 до 20, и ни одно из них в XX веке никогда не приводило к столь катастрофическим последствиям.

Сейсмическое событие 7 декабря 1988г. в Армении пробудило небывалую солидарность народов и государств с терпящей бедствие Арменией. Возможно, впервые весь мир объединился в стремлении оказать помощь жертвам разрушительного землетрясения, воспринимая боль далекой Армении как свою собственную. Спитакское землетрясение инициировало многие международные программы ООН, направленные на предотвращение катастроф. Наиболее крупная из них – Международная декада снижения опасности природных катастроф (IDNDR), провозглашенная ООН в 1991 году. И, наконец, Спитакское землетрясение считается одним из наиболее хорошо изученных землетрясений, так как в его исследовании принимали участие, как никогда, ученые многих стран: бывшего СССР, США, Франции, Японии и других.

В представленном параграфе мы попытались вкратце изложить как общедоступные научные результаты исследования Спитакского землетрясения, так и анализ его социальных последствий. Мы попытались также ответить на вопросы, которые часто задаются и до сих пор волнуют людей.

Уроки Спитакской трагедии должны быть тщательно изучены для обеспечения сейсмической защиты Армении как неотъемлемой части национальной безопасности страны. Они должны найти свое отражение в государственной политике Армении, направленной на устойчивое развитие общества и государства.

### Основная сейсмологическая характеристика Спитакского землетрясения

Спитакское землетрясение произошло 7 декабря 1988 года, в 07:41:23.2 по Гринвичу, или в 11 часов 41 минуту 23.2 секунды по местному времени. Оно было зарегистрировано всеми крупнейшими сейсмологическими службами мира. В таблице 1.6 (1) приведены координаты гипоцентра и сила Спитакского землетрясения по различным данным.

---

\* - Геофизическая служба РАН, г. Обнинск

\*\* - Международный сейсмологический центр, Великобритания (ISC)

\*\*\* - Сейсмологический центр Геологической службы США

Согласно Национальному каталогу землетрясений НССЗ при Правительстве РА координаты и сила Спитакского землетрясения выглядят следующим образом: широта 40.90°N, долгота 44.20°E, гипоцентральная глубина  $h=5\pm 3$ км,  $M=7.0$ . Механизм очага, т.е. тип разрыва в очаге: по единодушному мнению всех исследователей - взброс с компонентой правостороннего сдвига.

Спитакское землетрясение состояло из трех форшоков; сложного главного толчка с несколькими субочагами; длительной афтершоковой активности с сильнейшим афтершоком  $M_L=5.9$ , происшедшим через 4 минуты 17 секунд после главного толчка.

**Таблица 1.6(1)** Координаты гипоцентра Спитакского землетрясения по различным данным (Арефьев, 2003)

Агентство	Координаты		Глубина, км	M
	с.ш	в.д		
OBN	40.91	44.25	10	6.7
ISC	40.962	44.164	5	6.7
NEIC	40.987	44.185	5	7.0
ESE	40.886	44.261	5.5	-
EUR	40.90	44.20	5.0	6.9
TBI	40.916	44.233	7.0	6.9
VJI	40.84	44.08	10	7.0
CSEM	40.99	44.24	10	-

### Форшоки

Перед основным сейсмическим ударом 7 декабря 1988 года произошли три чувствительных для населения форшока: первый – 3 декабря, второй и третий – 6 декабря (таблица 1.6 (2)), т.е. за день до основного сейсмического события. В дополнение к этому, на дальних станциях мировой сейсмографической сети IRIS был зарегистрирован еще один слабый форшок за 4 секунды до главного толчка.

**Таблица 1.6(2)** Основные параметры форшоков Спитакского землетрясения (Balassanian et al, 1995a)

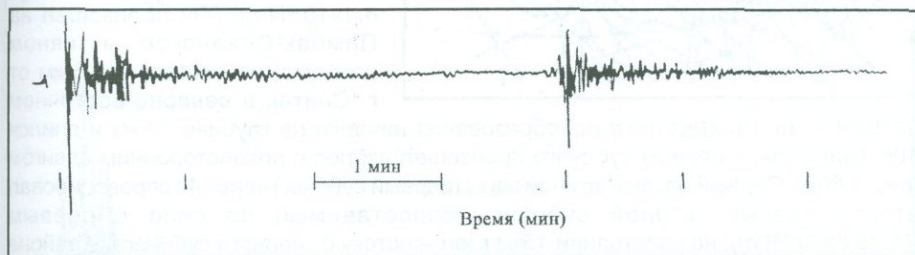
Дата	Время	Широта	Долгота	LgE
03.12.88	15.54.19	40.54.00	44.15.00	7.8
06.12.88	15.27.15	40.55.12	44.13.12	9.8
06.12.88	18.44.35	40.52.12	44.15.00	8.0

OBN-Геофизическая служба РАН, г. Обнинск; ISC-Международный сейсмологический центр, Великобритания; NEIC-Сейсмологический центр Геологической службы США; ESE-Каталог эпицентральной экспедиции ИФЗ АН СССР; EUR-Каталог землетрясений Северной Евразии, составленный Н.В. Кондорской и В. И. Уломовым [Сейсмичность ..., 1993]; TBI-Кавказский региональный центр, г. Тбилиси; VJI-Сейсмологическая служба Китая, г. Пекин; CSEM- Средиземноморский сейсмологический центр.

По свидетельству одного из авторов этого учебника, очевидца Спитакского землетрясения, С. Н. Назаретяна – один из форшоков, происшедших 6 декабря в 7:27 вечера, был настолько сильным, примерно интенсивностью в 5 баллов, что некоторая часть жителей г. Спитак выбежала из домов, но переждав некоторое время, вернулась обратно.

### **Основной (главный) сейсмический толчок**

Нужно отметить, что во время Спитакского землетрясения все сейсмические станции региональной сейсмической сети СССР, расположенные вблизи или в эпицентральной зоне землетрясения, зашкалили так, как это показано на рис. 1.6(1). Поэтому о характере главного сейсмического толчка можно судить только по уникальной записи нестандартного прибора ИГИС, сделанной в г. Ленинакан – эпицентральной зоне (рис. 1.6(2)) и на больших расстояниях от эпицентра – дальняя зона (рис. 1.6(3)).

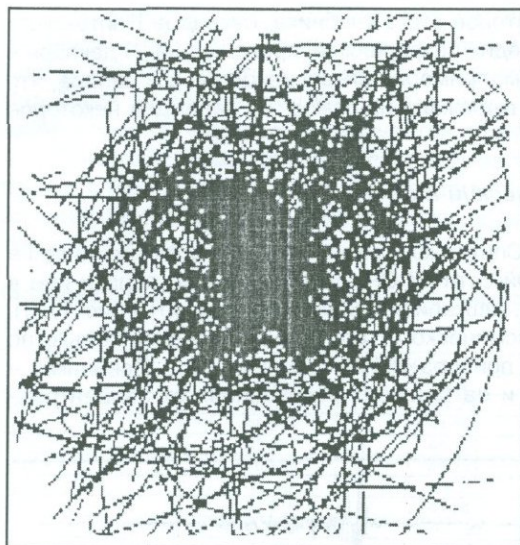


**Рис. 1.6(1)** Запись Спитакского землетрясения на близлежащей сейсмической станции Ленинакан.

Из приведенных записей видны разнонаправленный сложный характер движений грунта в эпицентре землетрясения (рис. 1.6(2)) и достаточно четкая сейсмограмма различных типов волн (рис. 1.6(3)), полученная в дальней зоне на станции «Гарм» глобальной сейсмографической сети IRIS, расположенной в Таджикистане на Гармском сейсмологическом полигоне. На рис. 1.6(4) показаны записи Спитакского землетрясения на различных станциях мировой сейсмографической сети.

Из сейсмограммы, приведенной на рис. 1.6(3), следует, что землетрясение началось со слабого форшока, вслед за которым через 4с наступил главный сейсмический толчок. Длительность Р-волны главного толчка варьировала от 25с до 45с на разных станциях. Дальнейший анализ сейсмограмм показал, что Р-волна состоит из нескольких импульсов (рис. 1.6(5)).

Специальные исследования главного толчка Спитакского землетрясения, проведенные различными исследовательскими группами, привели к единодушному выводу о том, что очаг землетрясения состоял из нескольких субочагов. Мнения разделились только в отношении их количества. Так, американские сейсмологи (Pacheco et al., 1989) по записям объемных волн, полученных 14 цифровыми



**Рис. 1.6(2)** Запись сейсмометра (маятник с периодом колебаний 0.8с) марки ИГИС в Ленинакане во время Спитакского землетрясения ( $M=7.0$ ) 7-го декабря 1988г.

станциями IRIS и GDSM в различных районах Земли, и по результатам полевых наблюдений пришли к выводу о том, что очаг Спитакского землетрясения состоял из трех субочагов (рис. 1.6(5)), параметры которых приведены в таблице 1.6(3).

Первый разрыв земной коры был самым сильным ( $M_0 = 6.4 \times 10^{18} \text{N}\cdot\text{m}$ ). Он произошел на Памбак-Севанском активном разломе, на расстоянии 5 км от г. Спитак в северо-восточном

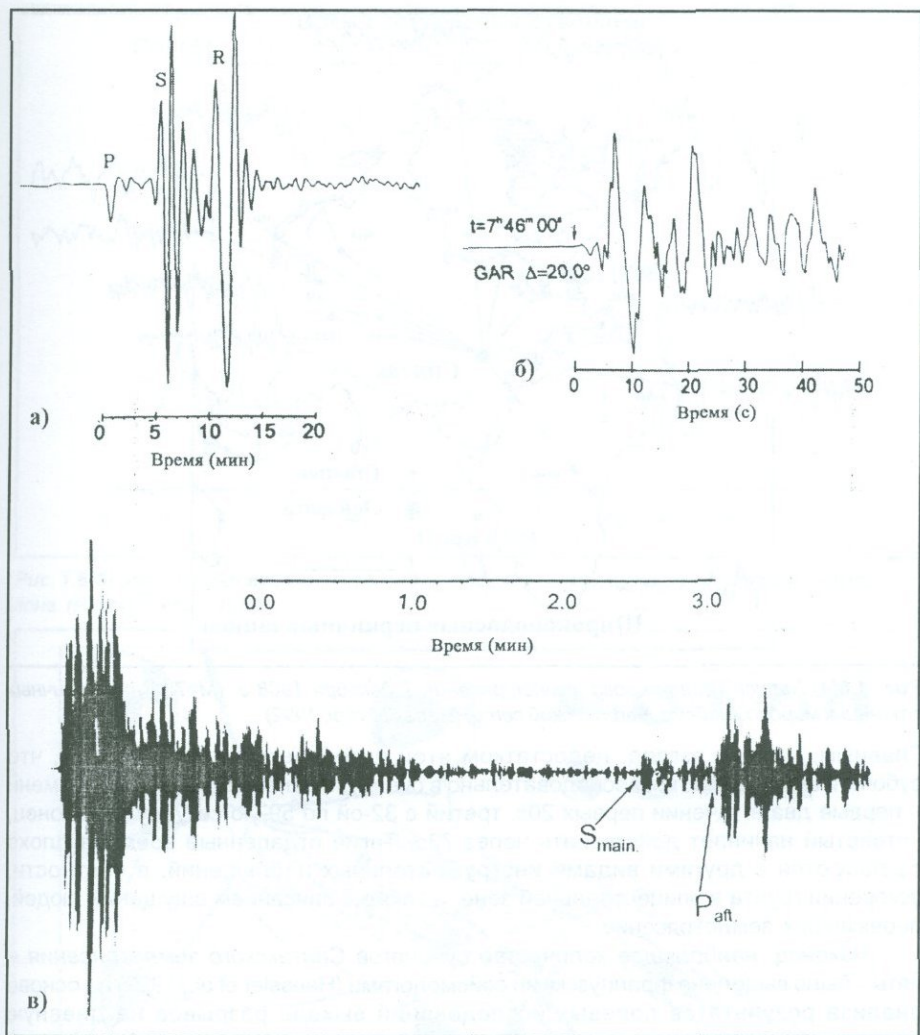
направлении. Процесс разрывообразования начался на глубине 2.5км и длился 10с. При этом, в первом субочаге произошел взброс с правосторонним сдвигом (рис. 1.6(6)). Первый разрыв земной коры (первый субочаг) через 4с спровоцировал второй разрыв (второй субочаг), сопоставимый по силе с первым ( $M_0 = 5.8 \times 10^{18} \text{N}\cdot\text{m}$ ), на расстоянии 15км к юго-востоку от первого субочага, в районе села Алавар, неподалеку от г. Кировакан (ныне Ванадзор). Процесс второго разрывообразования начался на глубине 6км и длился 8с. Разрыв произошел от правостороннего сдвига с небольшим взбросом во второй субочаговой зоне. Два первых субочага спровоцировали третий разрыв ( $M_0 = 5.1 \times 10^{18} \text{N}\cdot\text{m}$ ), вдоль Желтореченск-Сарыкамышского активного разлома, в районе села

**Таблица 1.6(3)** Параметры субочагов основного толчка (Balassanian et al, 1995a)

Параметры очага						
Субочаг	Момент ( $10^{18} \text{N} \times \text{m}$ )	Глубина центраида	Сдвиг	Падение	Наклон	
1	6.4	2.5	290	44	131	
2	5.8	6.0	314	83	151	
3	5.1	7.3	269	71	142	

Дзорашен, на расстоянии 32км к западу от первого субочага. Процесс третьего разрывообразования - правосторонний сдвиг начался на глубине 7.3км через 10с после второго разрыва и длился 6с.

Таким образом, суммарный сейсмический момент трех субочагов эквивалентен  $M_w = 6.8$  для единичного источника, что соответствует  $M_s = 6.9$  и  $M_L = 7.0$ , т.е. сообщениям многих международных сейсмологических центров (см. Таблицу 1.6(1)). Суммарная длительность формирования трех субочагов оценивается в 20-24с на всех станциях, кроме восточных, где она составляет более 30с.



**Рис. 1.6(3)** Запись Спитакского землетрясения в дальней зоне, на станции Гарм (Новикова и Рутлан, 1991): а) длиннопериодический канал вертикальной компоненты (60-30с, 0,1 Гц - частота оцифровки); б) начало записи вертикальной компоненты Спитакского землетрясения; в) основной толчок и афтершок после 14 мин 17с (полоса фильтрации 1.1-1.6 Гц записи IRIS).

Другой вывод о главном сейсмическом толчке, заслуживший внимание специалистов, был сделан японскими сейсмологами (Kikuchi, et al., 1993). Они высказали предположение о существовании четырех субочагов Спитакского землетрясения, по данным 17 широкополосных станций IRIS, GDSN, GEOSCOPE.



Рис. 1.6(4) Запись Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 г. ( $M=7.0$ ) на различных станциях мировой сейсмографической сети. (Haessler et al, 1992)

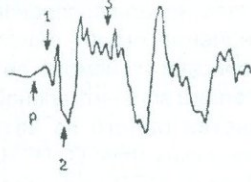
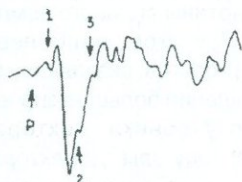
Главным, на наш взгляд, недостатком этой интерпретации является то, что субочаги активизируются последовательно в очень длительном диапазоне времени – первые два в течении первых 20с, третий с 32-ой по 59-ую секунду и, наконец, четвертый начинает действовать через 73с. Такие отдаленные времена плохо согласуются с другими видами инструментальных наблюдений, в частности, ускорений грунта в эпицентральной зоне, а также с описанием ощущений людей, переживших землетрясение.

Наконец, наибольшее количество субочагов Спитакского землетрясения – пять – было выделено французскими сейсмологами (Haessler et al., 1992) на основе анализа результатов полевых исследований выхода разрывов на дневную поверхность и поверхностных деформаций, а также изучения афтершоков, записанных сетью временных сейсмических станций. Главным, на наш взгляд, недостатком этой интерпретации также является то, что она не соответствует ощущениям людей, переживших землетрясение, и не очень хорошо согласуется с макросейсмическими данными, в частности с характером распределения разрушений в эпицентральной зоне.

Время вступления субочагов

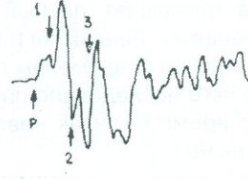
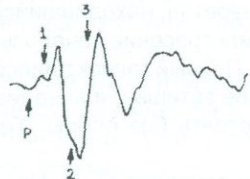
Col (5)

Lzh (76)



Sir (196)

Tol (285)



0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120  
Время (с)

Рис. 1.6(5) Запись трех субочагов основного толчка Спитакского землетрясения в дальней зоне. (Pacheco et al., 1989)

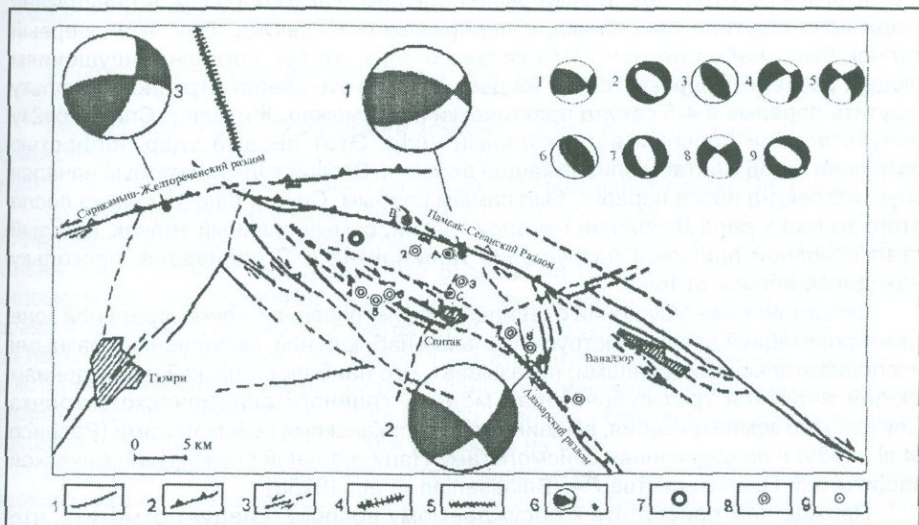


Рис. 1.6(6) Механизмы субочагов основного толчка (Pacheco et al., 1989) и афтершоков (по определениям М. Даниловой) вдоль сейсмогенного разлома на сеймотектонической схеме очаговой зоны (Трифонов et al., 1994): 1-активные разломы неизвестного типа; 2-взброс; 3-сдвиг; 4-зоны растяжения; 5-сейсмогенные разрывы; 6-эпицентр субочагов и их механизмы; 7-эпицентр землетрясения 1967 г.; 8-афтершоки; 9-форшоки. (Balassarian et al, 1995)

## *Ощущения очевидцев главного толчка в эпицентральной зоне*

Как известно, для воспроизведения полной картины сильного землетрясения важное значение имеют описания очевидцев. При этом, наиболее ценными являются описания сейсмологов – геофизиков или геологов, оказавшихся в момент землетрясения в эпицентральной зоне. В этом отношении большое значение имеют свидетельства одного из авторов настоящего учебника, доктора геолого-минералогических наук С. Н. Назаретяна, в 1988 году зам. директора по науке ИГИС АН Арм. ССР, т.е. исследовательского института, который, будучи расположенным в г. Ленинакан, оказался в эпицентральной зоне землетрясения.

Вот как описывает главный толчок С. Н. Назаретян, находившийся в момент землетрясения в г. Ленинакан (ныне Гюмри): «Землетрясение началось довольно-таки медленно, но со временем толчки усилились. Первый толчок длился примерно 20с, после чего последовало пятнадцатисекундное затишье, и начались сильные толчки, во время которых невозможно было устоять без опоры. Толчки были вертикальными».

Многие имели те же самые ощущения. Как отмечает С. Н. Назаретян: «С начала землетрясения до наиболее сильного толчка, который был причиной основных разрушений в г. Ленинакан (ныне Гюмри), у населения было 35с времени, чтобы выйти из зданий. Были люди, которые в течение этого времени успели выбежать даже с 4-ого этажа жилого здания, а число людей, выбежавших и спасшихся со 2-го и 3-го этажей было большим. Таким образом, в Ленинакане люди ясно ощутили два толчка, с перерывом в 15 секунд. При этом, первый толчок был слабее второго. Что касается того, чтобы, согласно ощущениям людей, разделить первый толчок на две части, то это сделать трудно, поскольку ощутить перерыв в 4-5 секунд практически невозможно. Жители г. Спитак сразу почувствовали сильный вертикальный удар. Этот первый удар полностью разрушил город Спитак и близлежащие деревни. Второй толчок, который начался спустя 5 секунд после первого, был самым слабым. Спустя еще 15 секунд после этого толчка у села Дзорашен начался третий, самый сильный толчок, который стал основной причиной разрушений Ленинакана и Степанавана, поскольку находился вблизи от них».

Сопоставление ощущений очевидцев землетрясения в эпицентральной зоне с интерпретацией данных инструментальных наблюдений, выполненных разными исследовательскими группами, показывает, что наиболее близкой к ощущениям людей является трех-субочаговая модель главного сейсмического толчка Спитакского землетрясения, выдвинутая американскими сейсмологами (Pacheco et al., 1989) и поддержанная сейсмологами Национальной службы сейсмической защиты при Правительстве РА (Balassanian et al., 1995a).

Прежде чем приступить к обсуждаемому вопросу, следует отметить, что при сопоставлении ощущений человека с инструментальной записью нужно иметь в виду, что обычно секунды в момент сильного землетрясения кажутся человеку продолжительнее, чем реальная их длительность. Итак, из описания С.Н. Назаретяна - «землетрясение началось довольно-таки медленно, но со временем толчки усилились» - можно отнести к моменту слабого форшока,

который произошел за 4с до главного толчка. «Первый толчок длился примерно 20с» - можно отнести к суммарному ощущению первых двух толчков, которые последовали друг за другом с интервалом в 4с; «... , после чего последовало пятнадцатисекундное затишье, и начались сильные толчки, во время которых невозможно было устоять без опоры. Толчки были вертикальные» - между первыми двумя (воспринятыми как один толчок) и третьим (воспринятым как второй) толчками действительно был перерыв в десять секунд. Что касается того, что третий (воспринятый второй) толчок ощущался сильнее, чем первые два, то его субочаг был гораздо ближе к г. Лениканан, чем первые два субочага. И неслучайно этот толчок был воспринят как вертикальный, что характерно для тех случаев, когда очевидец находится близко к его очагу, где сильнее вертикальная компонента сейсмической волны. А о том, что по инструментальным данным первый толчок был самым сильным, свидетельствует ход событий в г. Спитак: «Жители г. Спитак сразу почувствовали сильный вертикальный удар. Этот первый удар полностью разрушил г. Спитак и близлежащие деревни.»

Таким образом, очевидец в Лениканане объективно воспринял второй (третий инструментальный) толчок как самый сильный, поскольку его субочаг расположен был близко к этому городу. В результате именно этот толчок стал «основной причиной разрушений в г. Лениканан и в г. Степанаван». В Спитаке же первый толчок был самым разрушительным, так как первый субочаг находился вблизи этого города.

### ***Выход субочагов Спитакского землетрясения на поверхность***

Разрывы субочагов Спитакского землетрясения, вышедшие на поверхность, были детально исследованы сразу после землетрясения во время эпицентральных наблюдений 1988-1989гг, а также во время полевых работ летом 1989 года.

Субочаг первого, наиболее сильного из толчков вышел на поверхность вдоль Алаварского разлома, в споров 27км тектонической перемычки между Памбак-Севанским и Алаварским активными разломами (рис. 1.6(7)). Двадцатисемикометровый сейсмогенный разрыв представлял собой двухметровый взброс с правосторонним сдвигом на 1.8 метра (рис. 1.6(8)) с углом падения в 44° на север, согласно механизму очага (рис. 1.6(6)), т.е. в сторону Памбак-Севанского разлома, с которого и начался разрыв, судя по сейсмологическим данным. Кроме этого разрыва, вдоль самого Памбак-Севанского разлома образовалась сейсмогенная трещина с правым сдвигом на 3см и взбросом на 6см.

Субочаг второго толчка, который произошел спустя 4с в 15км юго-восточнее первого, вышел на поверхность в виде сейсмогенного разрыва длиной в 10км на северо-западном продолжении Алаварского разлома (рис. 1.6(6)).

Субочаг третьего толчка, который произошел через 10с после второго в 30км к западу от первого, вышел на поверхность, вспарывая Сарыкамыш-Желтореченский разлом на отрезке 350м с левосторонним сдвигом на 15см. Таким образом, третий субочаг приурочен к области сочленения Ахурянского разлома с Сарыкамыш-Желтореченским (рис. 1.6(6)).

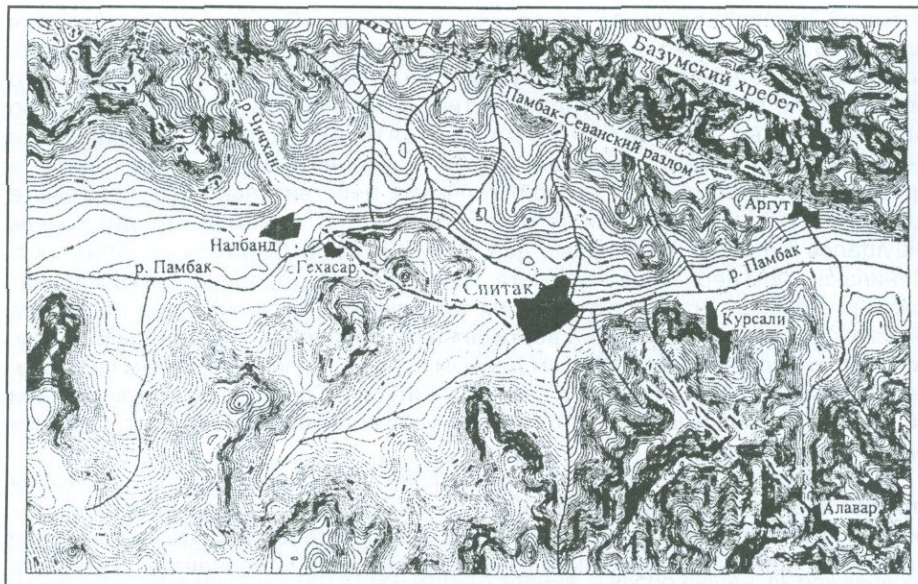
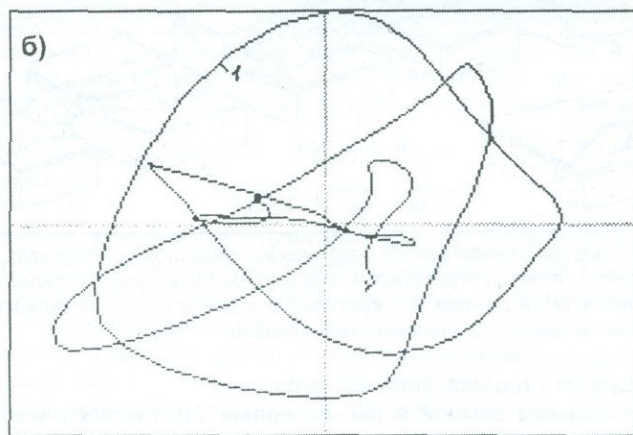
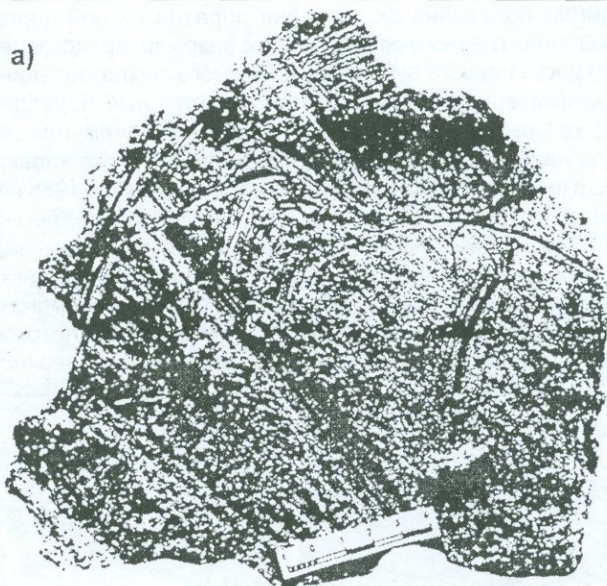


Рис. 1.6(7) Изолинии высот окрестностей очага Спитакского землетрясения и выход разрыва на поверхность на фоне изолиний. (Philip et al., 1992)



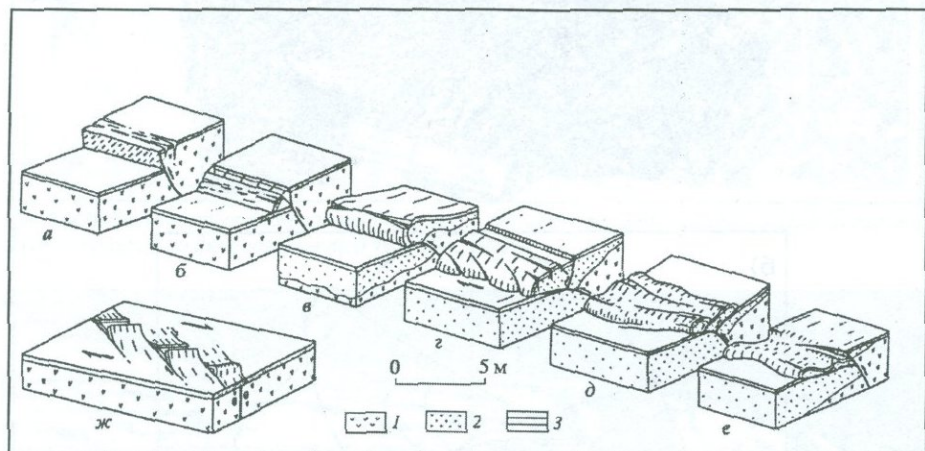
Рис. 1.6(8) Выход первого субочага Спитакского землетрясения на дневную поверхность 7 декабря 1988г., образовавший 27-километровый разрыв с амплитудой взброса 2м. и правостороннего сдвига 1.8м. (Фото Луи Дорбата)



**Рис. 1.6(9)** Сложные движения горных масс в процессе Спитакского землетрясения 7-ого декабря 1988г.: а) образец горной породы, взятой с поверхности смещения главного сейсмогенного разрыва, имеет свежие борозды, которые свидетельствуют о многофазовом и разнонаправленном характере движений в очаге Спитакского землетрясения (фото А. Караханяна); б) запись сложных движений грунта вызванных афтершоком Спитакского землетрясения (31 декабря 1988г.; 0.4 часа, 0.7 мин. станция Гогаран) - данные любезно предоставлены С.Ю. Баласаняну Э. Крансвиком (Геологическая служба США). 1 - Траектория движения точки на поверхности Земли по сейсмологическим данным.

На рис. 1.6(9а) приведена фотография образца горной породы, взятой с поверхности смещения главного сейсмогенного разрыва, представляющего собой выход на поверхность первого субочага Спитакского землетрясения (рис. 1.6(8)). Из приведенной фотографии видны разнонаправленные борозды на образце горной породы, которые передают сложный характер движения горных масс в процессе выхода на поверхность первого субочага. Такой же характер движения горных пород был выявлен по записям афтершока 31 декабря 1988 г. (рис. 1.6(9б)).

Сейсмогенный разрыв, образованный тремя субочагами, был откартирован на протяжении 35км – примерно от с. Алавар на юго-западе до с. Дзорашен на северо-западе, как советскими, так и французскими геологами (1.6(7)). На рис. 1.6(7), по данным французских геологов, показаны выходы сейсмогенного разрыва на фоне изолиний высот окрестностей очага Спитакского землетрясения. На рис. 1.6(10) показаны типичные проявления выхода разрывов на поверхность, согласно



**Рис.1.6(10)** Типичные проявления выхода разрывов на поверхность (Philip et al., 1992): а - простой взброс; б - взброс с обрушением висячего крыла; в - простая складка сжатия; г - правосторонняя складка сжатия; д - обратная складка; е - пологая складка; ж - эшелон складок: 1 - коренные породы; 2 - четвертичные осадки; 3 - туф.

данным французского геолога Эрве Филлипа.

Помимо разрывов земной коры, во время Спитакского землетрясения образовались мощные сейсмогравитационные оползни, в частности, в районе Ашоцка перед с. Дзорашен, на склонах горы Большой Цмак и на правом берегу реки Гетик. Прежде всего эти оползни заметны на местности своими громадными размерами и перемещением огромных масс горных пород. Их возникновение обусловлено как силой землетрясения, так и гравитационными силами. На рис. 1.6(11) показано одно из таких образований в районе с. Дзорашен. Это гигантский оползень – размерами 600х300м, мощностью 15-20м, массой примерно в 2млн.т., - который сполз на 30-50м вниз по склону, с углом падения 10-15°.

По данным американских сейсмологов именно здесь, в районе с. Дзорашен,

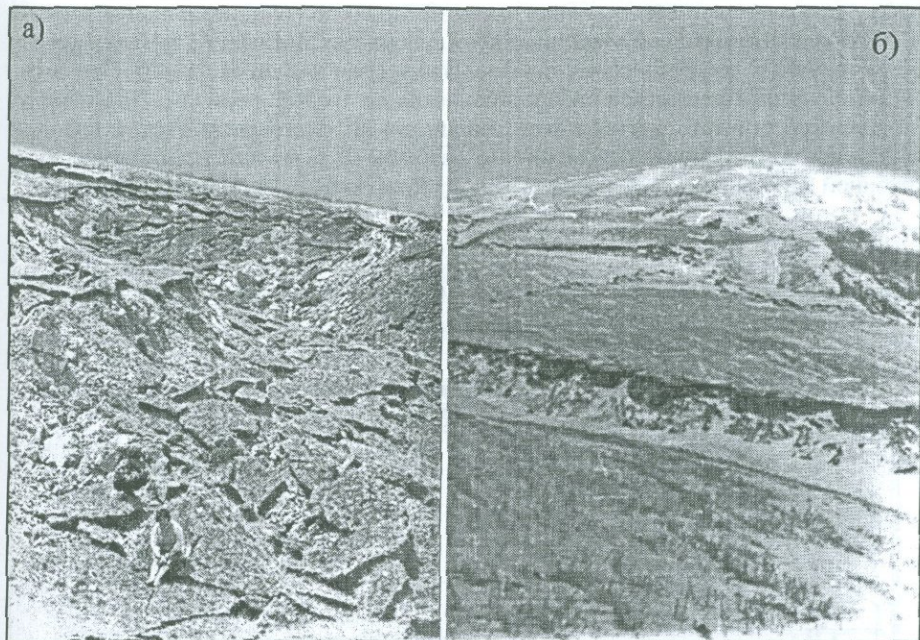


Рис. 1.6(11) Задняя (а) и фронтальная (б) части Дзюрашенского сейсмогравитационного образования (фото С. Назаретяна). В результате сдвига огромных масс образовался овраг глубиной 20м и длиной 600м, а на фронтальной части – стена высотой в 2-6м.

возник третий субочаг Спитакского землетрясения.

### **Афтершоки**

Спитакское землетрясение характеризовалось длительной афтершоковой активностью, которая началась сразу после основного толчка 7 декабря 1988г. и продолжалась, постепенно спадая, до 1991 года. Первый афтершок произошел спустя 4мин 17с после главного толчка с  $M_L=5.9$ .

Детальное исследование сейсмологами афтершоковой активности началось в СССР, США и Франции с середины декабря 1988 года. В дополнение к стационарным сейсмическим станциям СССР, четыре передвижные станции были установлены в эпицентральной зоне советскими специалистами, 25 различных станций установили французы и 32 станции (12 аналоговых и 20 цифровых) американцы.

С 7 декабря 1988г. по 31 декабря 1989г. франко-советской объединенной группой было зарегистрировано 2836 афтершоков, а американскими сейсмологами 135 афтершоков с 23 декабря по 4 января 1989г.

На рис. 1.6(12а) показано распределение афтершоков по данным советско-французской группы, а на рис. 1.6(12б) по данным американских сейсмологов.

Из данных, приведенных на рис. 1.6(12б), видно, что в период с 23 декабря

1988г. до 4 января 1989г. основная часть афтершоков концентрировалась в трех областях, совпадающих с позициями трех субочагов Спитакского землетрясения, установленных американскими сейсмологами (Racheco et al., 1989). При этом, глубина очагов афтершоков распространяется до 15км. В период с 7 декабря до 31 декабря область афтершоков, выявленная франко-советской группой сейсмологов, трассирует сейсмогенные разрывы от с. Алавар до с. Дзорашен, с глубиной залегания очагов афтершоков до 10км по всем профилям А, В, С, D, E,

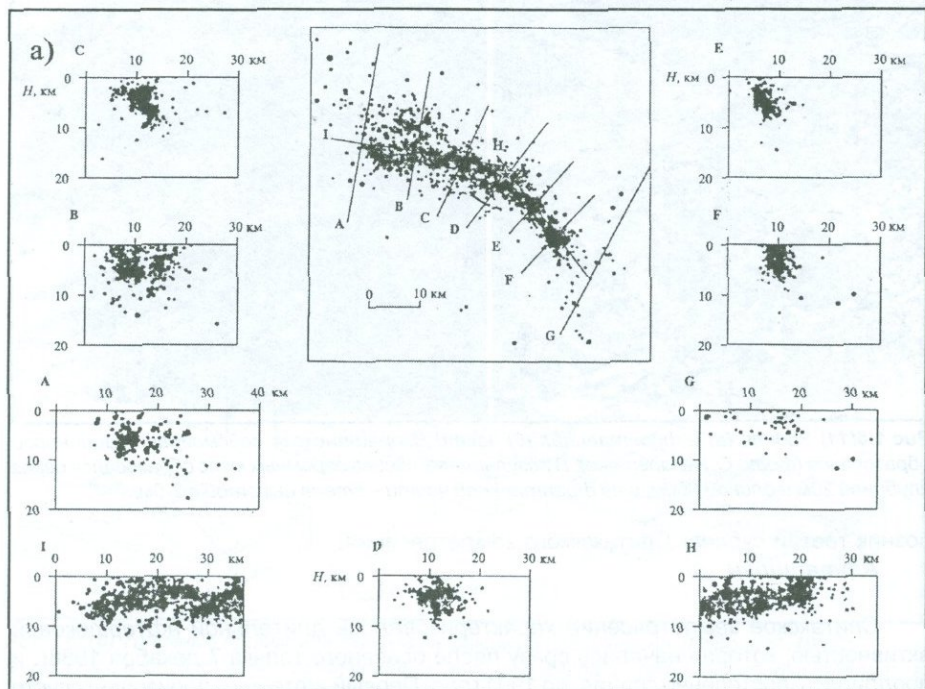


Рис. 1.6(12) Карта эпицентров афтершоков Спитакского землетрясения и разрезы по глубине. а) по данным франко-советской группы. (Dorbath et al., 1992)

F, G, I, H (рис. 1.6(12а)).

Изучение механизмов афтершоков показывает, что в эпицентральной зоне Спитакского землетрясения были представлены практически все виды движений, хотя преобладающим типом оставались взбросо-сдвиги (рис. 1.6 (13)).

### **Исторические сейсмические события в очаговой зоне Спитакского землетрясения**

Район окрестностей очаговой зоны Спитакского землетрясения, как это видно из рис. 1.6(14), был всегда достаточно сейсмически активным. По крайней мере,

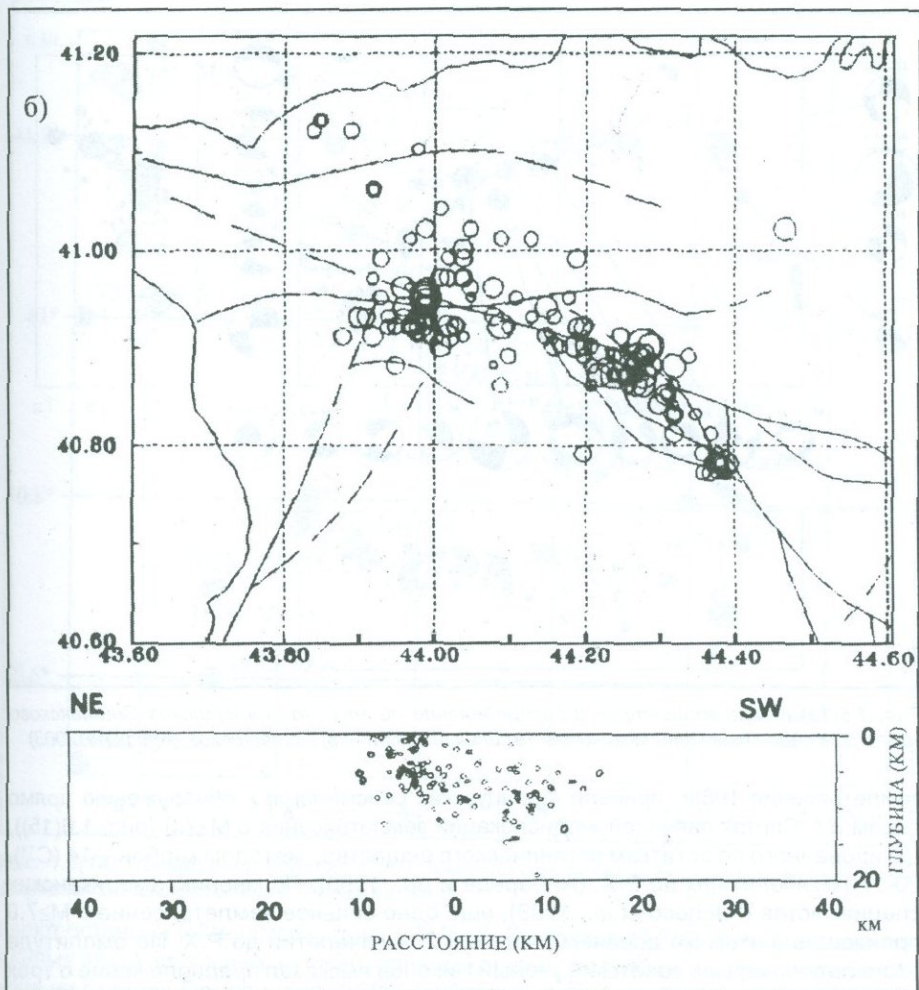


Рис. 1.6(12) Карта эпицентров афтершоков Спитакского землетрясения и разрезы по глубине. б) по американским данным. (Borcherdt et al., 1993)

только за раннеинструментальный период здесь произошли следующие землетрясения: 1906г. ( $M=5.2$ ), 1916г. ( $M=5.3$ ), 1925г. ( $M=5.1$ ), 1926г. – два землетрясения в районе г. Ленинакан, одно с  $M=5.2$ , другое, известное разрушительное землетрясение, с  $M=5.8$ , 1935г. – два землетрясения, одно в районе г. Гукасян ( $M=5.0$ ), другое юго-западнее г. Ленинакан ( $M=6.2$ ). За современный инструментальный период землетрясение с  $M=5.0$  было зарегистрировано непосредственно в очаговой зоне Спитакского землетрясения.

Нужно отметить, что исследования сейсмогенного разрыва Спитакского

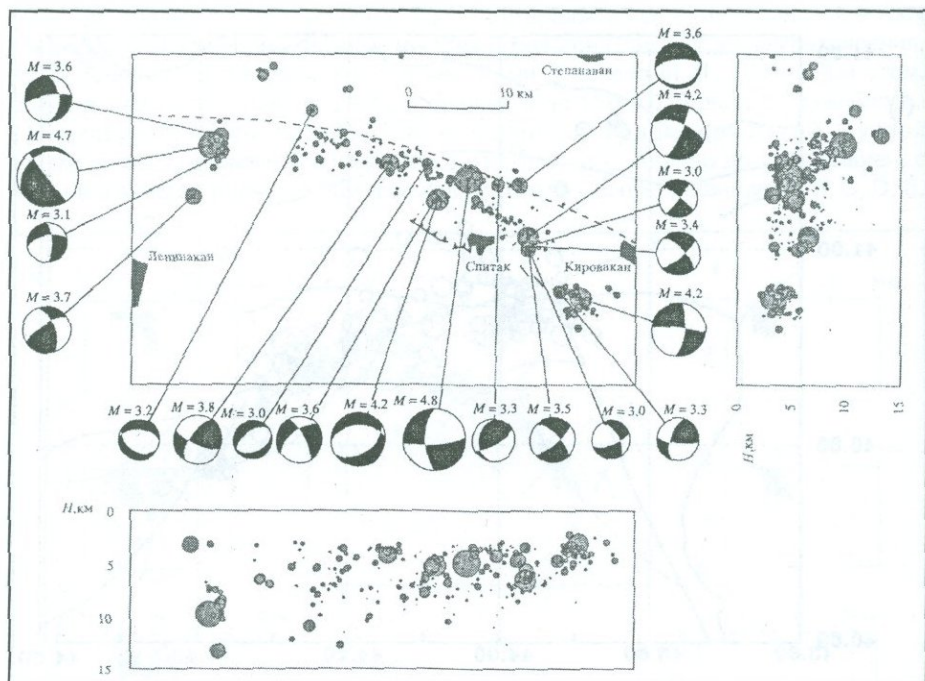


Рис. 1.6(13) Карта эпицентров и распределение по глубине афтершоков Спитакского землетрясения. Приведены механизмы 19 сильнейших ( $M > 3.5$ ) афтершоков. (Арефьев, 2003)

землетрясения 1988г. привели французских сейсмологов к обнаружению прямо рядом с г. Спитак палеосейсмодислокации землетрясения с  $M \geq 7.0$  (рис. 1.6(15)), датированного по остаткам органического вещества, методом карбон – 14 ( $C^{14}$ ), 20-17 тысячелетием до Р.Х. (Албарде и др., 1990). По мнению американских специалистов (Pacheco et al., 1989), еще одно сильное землетрясение с  $M \geq 7.0$  произошло в этом же древнем очаге в 3-2 тысячелетии до Р.Х. По амплитуде этого палеоразрыва советский ученый Никонов высказал предположение о трех сильнейших землетрясениях, происшедших в этой очаговой зоне с 20-17 тысячелетия до Р.Х. до современного Спитакского землетрясения 1988г. (Грайзер и др., 1991).

### Запись сильных движений

К сожалению, из-за неразвитой и плохо работавшей сети акселерографов в Армянской ССР и на Кавказе вообще сильные движения главного толчка Спитакского землетрясения были записаны всего на трех станциях. Одна запись ускорений грунта была получена на станции Гукасян (рис. 1.6(16а)), другая на Ереванской сейсмостанции (рис. 1.6(16б)) и третья на Армянской атомной

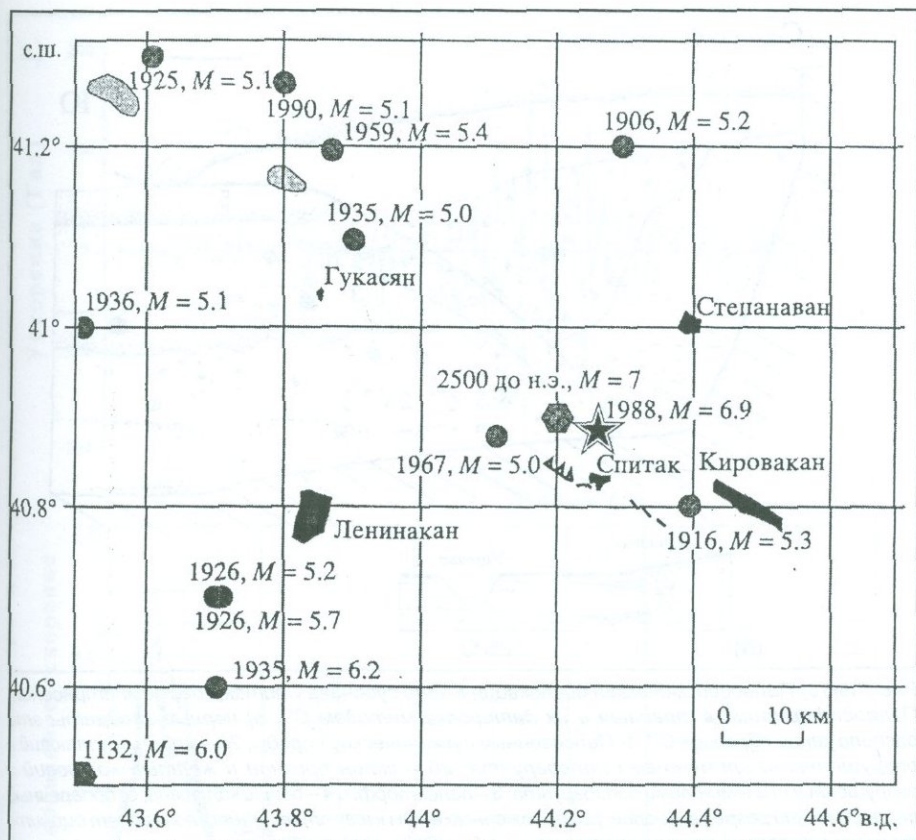
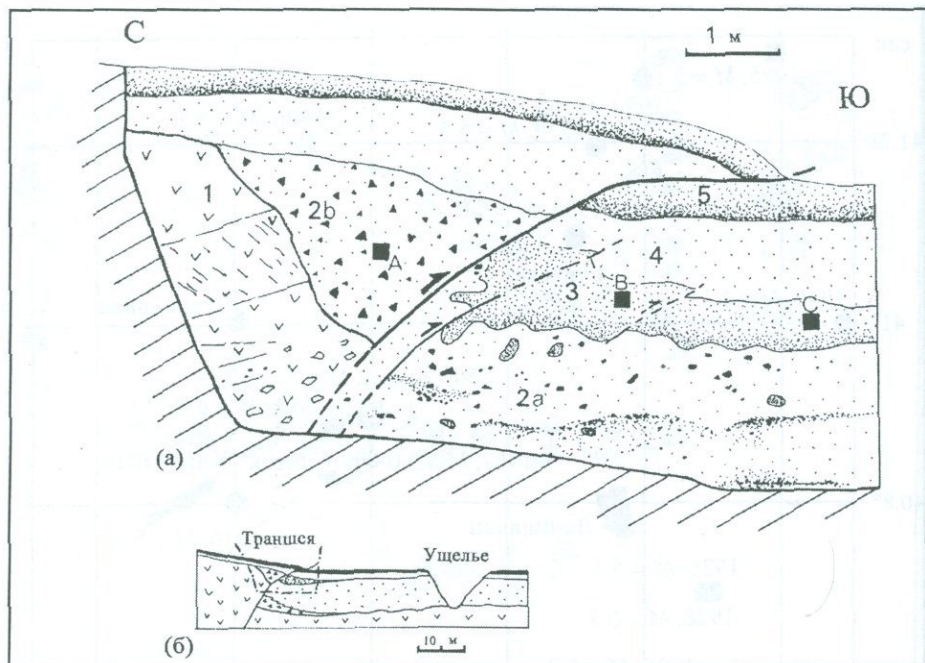


Рис. 1.6(14) Сильнейшие исторические землетрясения окрестностей очаговой зоны Спитакского землетрясения. (Арефьев, 2003)

электростанции («Мецамор») (рис. 1.6(16в)). В таблице (1.6(4)) приведен анализ данных этих уникальных записей, одна из которых, полученная в эпицентральной зоне на станции Гукасян (рис. 1.6(16)), облетела весь мир. В таблице (1.6(4))  $R$  – эпицентральное расстояние,  $PGA$  – максимальное ускорение грунта,  $T_s$  – период максимального ускорения на спектре реакции грунта с 5% затуханием;  $\tau_{0.5}$  – постоянная времени затухания на уровне 0.5  $PGA$ .

Из приведенных акселерограмм (рис. 1.6(16)) видно, что сильные движения грунта состоят из нескольких импульсов на разных периодах. При этом они имеют аномально короткую продолжительность, по сравнению с длительностью главного толчка, зарегистрированного в г. Ленинакан (рис. 1.6(1)). Более того, частотный спектр акселерограмм сдвинут в область относительно высоких частот. Отмеченные особенности ускорений грунта характерны для случаев сильного влияния местных грунтовых условий (site effect).



**Рис. 1.6(15)** Палеосейсмическая дислокация в зоне субочага Спитакского землетрясения. Палеодеформации в траншее и их датировка методом  $C^{14}$ : а) черные квадраты это расположение образцов  $C^{14}$ . 1- Палеогенные вулканические породы; 2а – желтый коллювий с разрушенными элементами палеогрунта; 2б – склон брекчии и желтый коллювий с разрушенными элементами палеогрунта; 3 – палеоторф; и 4 – белый коллювий; б) поперечный геологический разрез в ущелье, расположенном в 40м к югу от траншеи, позволяет оценить толщину отложений коллювия примерно в 6м. (Philip et al, 1992)

### Влияние местных грунтовых условий

Одна из загадок Спитакского землетрясения – это огромная разница между разрушениями в г. Ленинакан и в г. Кировакан. Имея в виду, что главный сейсмогенный разрыв прошел гораздо ближе к г. Кировакан, чем к г. Ленинакан (рис. 1.6(б)), естественно было бы предположить, что разрушения в Кировакане должны были быть сильнее, чем в Ленинакане, при одинаковом качестве строительства, однако в **Таблица 1.6(4)** Параметры сильных движений, зарегистрированных во время главного толчка Спитакского землетрясения (Balassanian et al, 1995a)

	R km	PGA gal	T <sub>a</sub> s	τ <sub>0.5</sub> s
Гукасян	35	188	0.2	5
Ереван	80	62	0.1	25
Метсамор	80	20	0.25	20

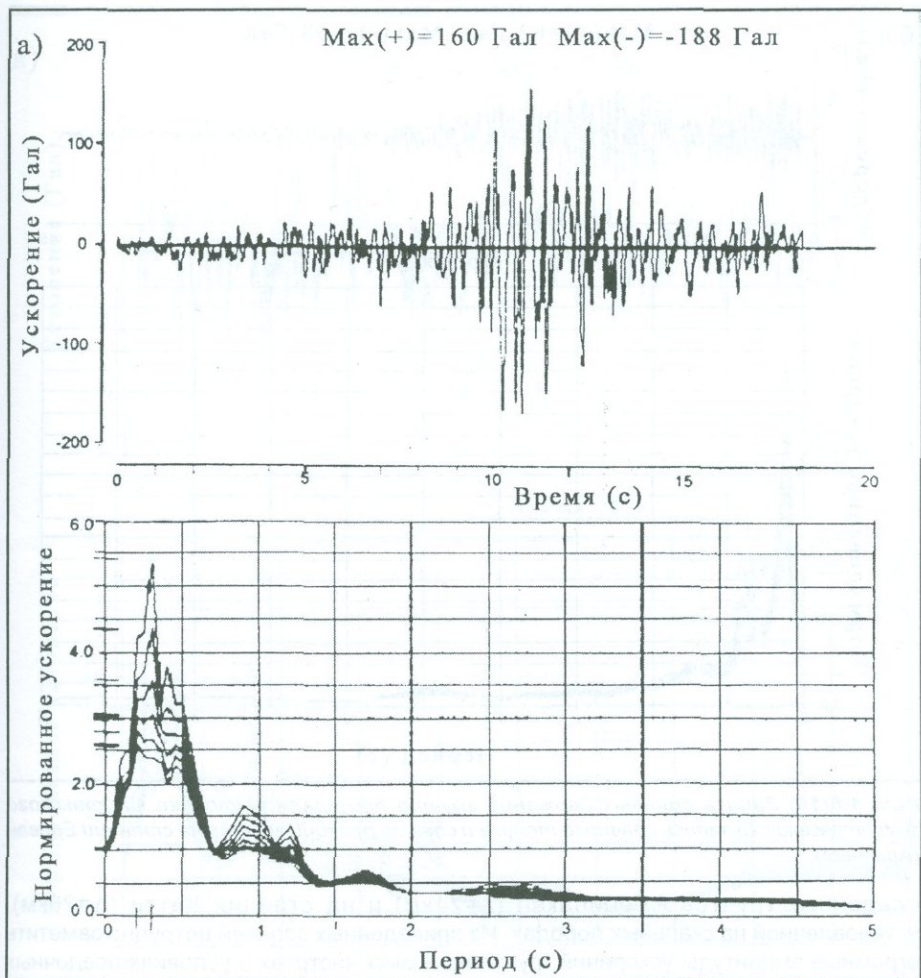
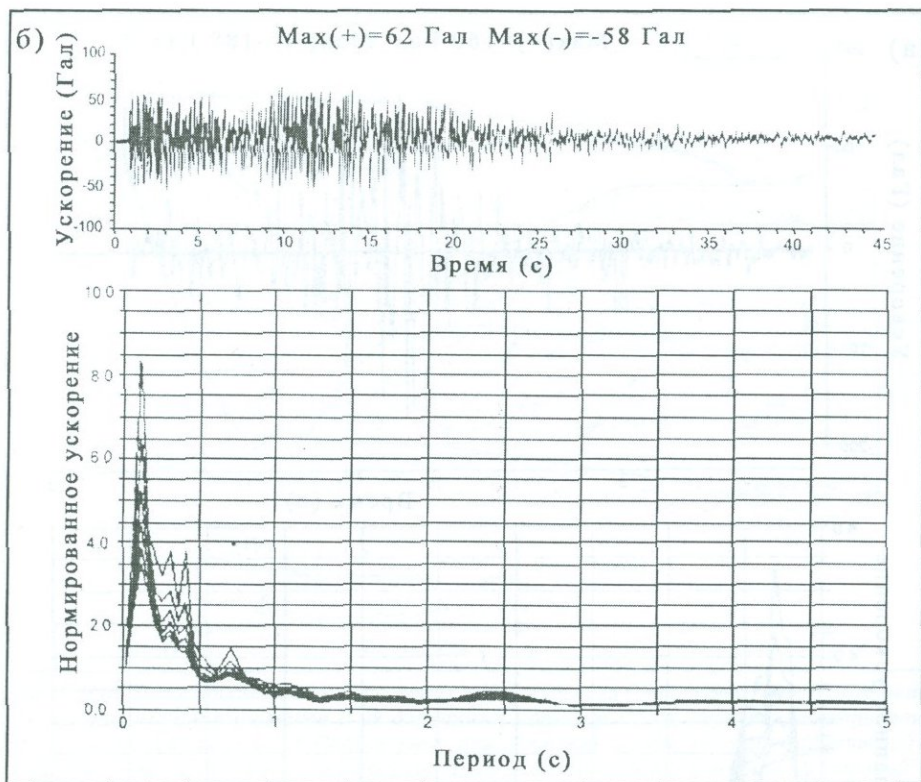


Рис. 1.6(16) Запись сильных движений грунта при главном толчке Спитакского землетрясения: а) запись главного толчка и спектр реакции грунта на станции Гукасян (Армения);

реальности наблюдалась обратная картина.

Кажущийся парадокс был объяснен американскими сейсмологами (Borchardt et al., 1993) сильным влиянием местных геологических (включая грунтовые) условий. Из рис. 1.6(17) видно, что Ленинакан расположен на мощном слое осадочных образований, в то время как Кировакан – на скальных породах.

На рис. 1.6(18) показаны две записи одного и того же афтершока с  $M=5.0$ , на приблизительно одинаковом расстоянии ( $\Delta$ ) от его эпицентра, в условиях



**Рис. 1.6(16)** Запись сильных движений грунта при главном толчке Спитакского землетрясения: б) запись главного толчка и спектр реакции грунта на станции Ереван (Армения);

осадочных грунтов г. Ленинакан ( $\Delta = 24 \text{ км}$ ) и на станции Кетти ( $\Delta = 20 \text{ км}$ ), установленной на скальных породах. Из приведенных записей нетрудно заметить огромные амплитуды ускорений грунта на низких частотах в условиях осадочных образований г. Ленинакан. Этот эффект еще лучше заметен на рис. 1.6(19), где показаны отношения спектров реакций грунта на наблюдательных пунктах Ленинакан и Кетти: на периодах 0.5-2с горизонтальная компонента амплитуды ускорений грунта на осадочных образованиях (Ленинакан) в 23-25 раз интенсивнее, чем на скальных породах (Кетти).

Таким образом, приведенный выше анализ хорошо объясняет, почему в Ленинакане разрушения были столь масштабными по сравнению с Кироваканом и другими населенными пунктами, расположенными на скальных породах – это большое усиление сейсмического эффекта и необычное увеличение его длительности на осадочных образованиях.

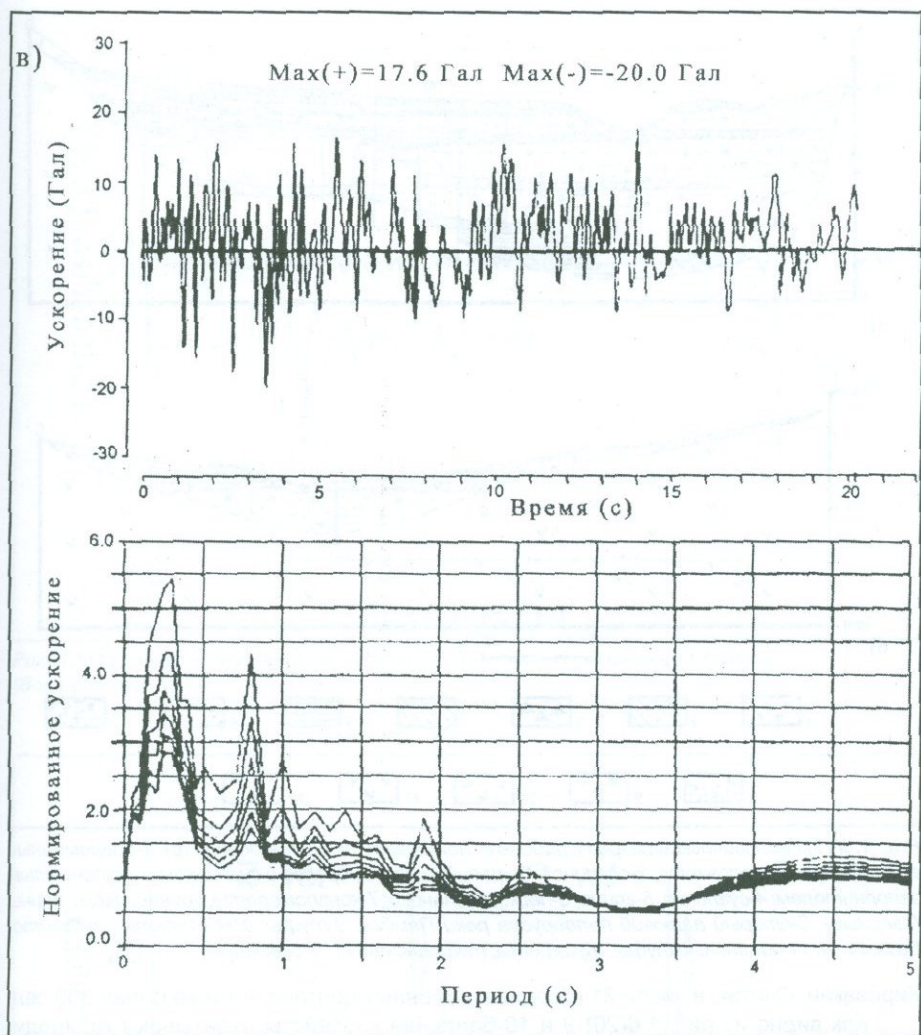
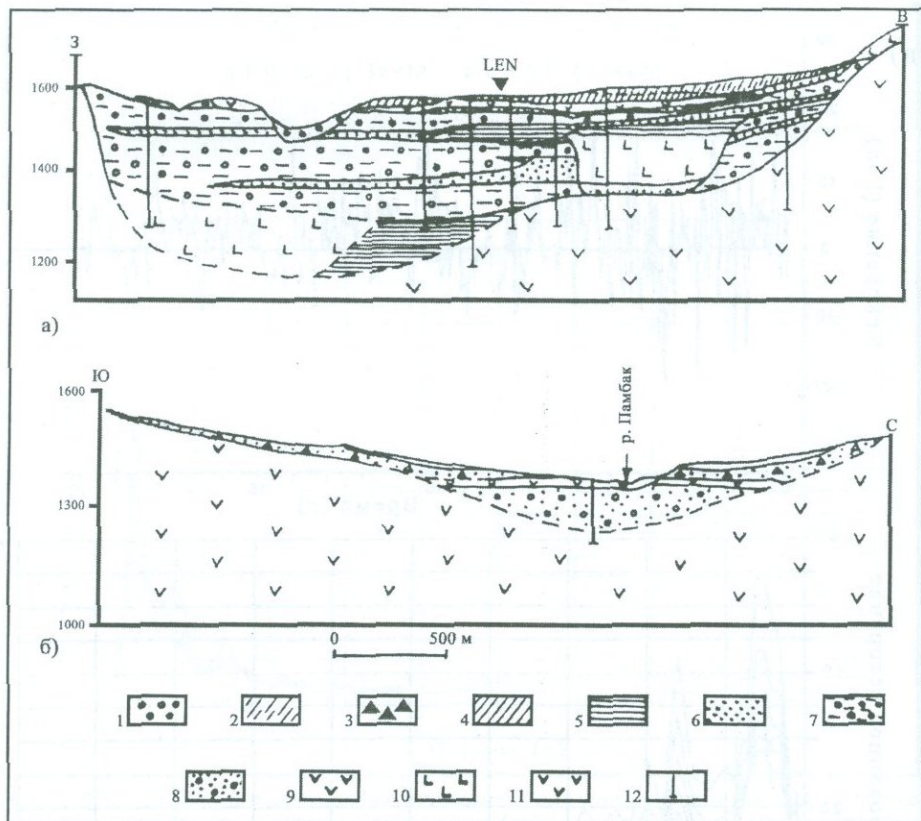


Рис. 1.6(16) Запись сильных движений грунта при главном толчке Спитакского землетрясения: в) запись главного толчка и спектр реакции грунта на станции Мецамор (Армении).

### **Макросейсмический эффект: интенсивность землетрясения**

Разрушительный эффект Спитакского землетрясения распространился на огромную площадь. Зона разрушений охватила 3 крупных города – Ленинакан,



**Рис. 1.6(17)** Геологический разрез в районе г. Лениканан (а) и г. Кировакан (б): 1-современные аллювиальные отложения; 2-суглинок; 3-гравий, щебень, дресва с суглинком и суглинистым заполнителем; 4-суглинки; 5-глина; 6-пески, песчаники; 7-конгломераты, гравий, пески, глины (озерные); 8-старый аллювий палеорула реки Памбак; 9-туфы; 10-базальты, андезитобазальты; 11-эоценовые туфы, туффиты, туффопесчаники; 12-скважины.

Кировакан, Спитак, в числе 21 городов и районных центров, а также более 300 сел.

Как видно из рис. 1.6(20) 9 и 10-балльная изосейсты охватывают площади, соответственно, в  $46 \times 11 \text{ км}^2$  и  $77 \times 30 \text{ км}^2$ , по данным советских сейсмологов (Шебалин и др., 1991; Geodakian et al., 1991; Соболев, 1993). Площадь 8-балльной изосейсты имеет субширотное направление и покрывает  $115 \times 65 \text{ км}$ .

Спитакское землетрясение осталось в истории сильных землетрясений как сейсмическое событие, сила которого неадекватна огромным масштабам разрушений и жертв.

Один из главных вопросов, которым задаются специалисты и просто люди, почему масштабы потерь были столь велики.

Помимо неблагоприятных для строительства условий – на осадочных

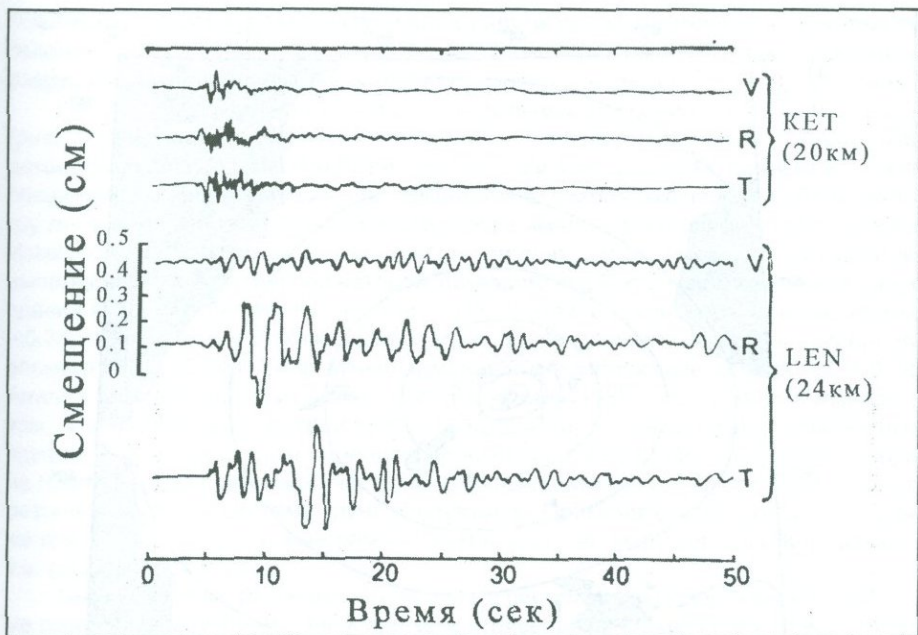


Рис. 1.6(18) Запись афтершока с  $M=5.0$  в г. Ленинакан и на станции Кетти. (Borcherdt et al, 1993)

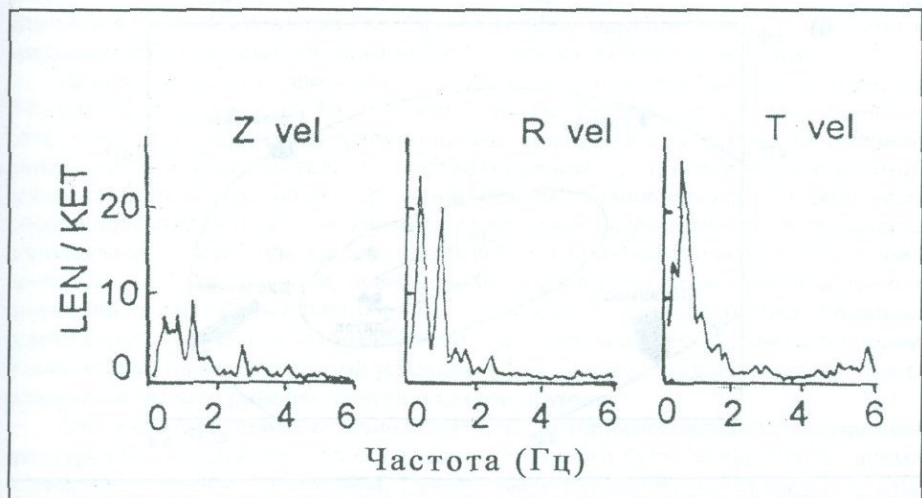


Рис. 1.6(19) Отношения спектров реакций грунта, на наблюдательных пунктах г. Ленинакан и станции Кетти. (Borcherdt et al, 1993)

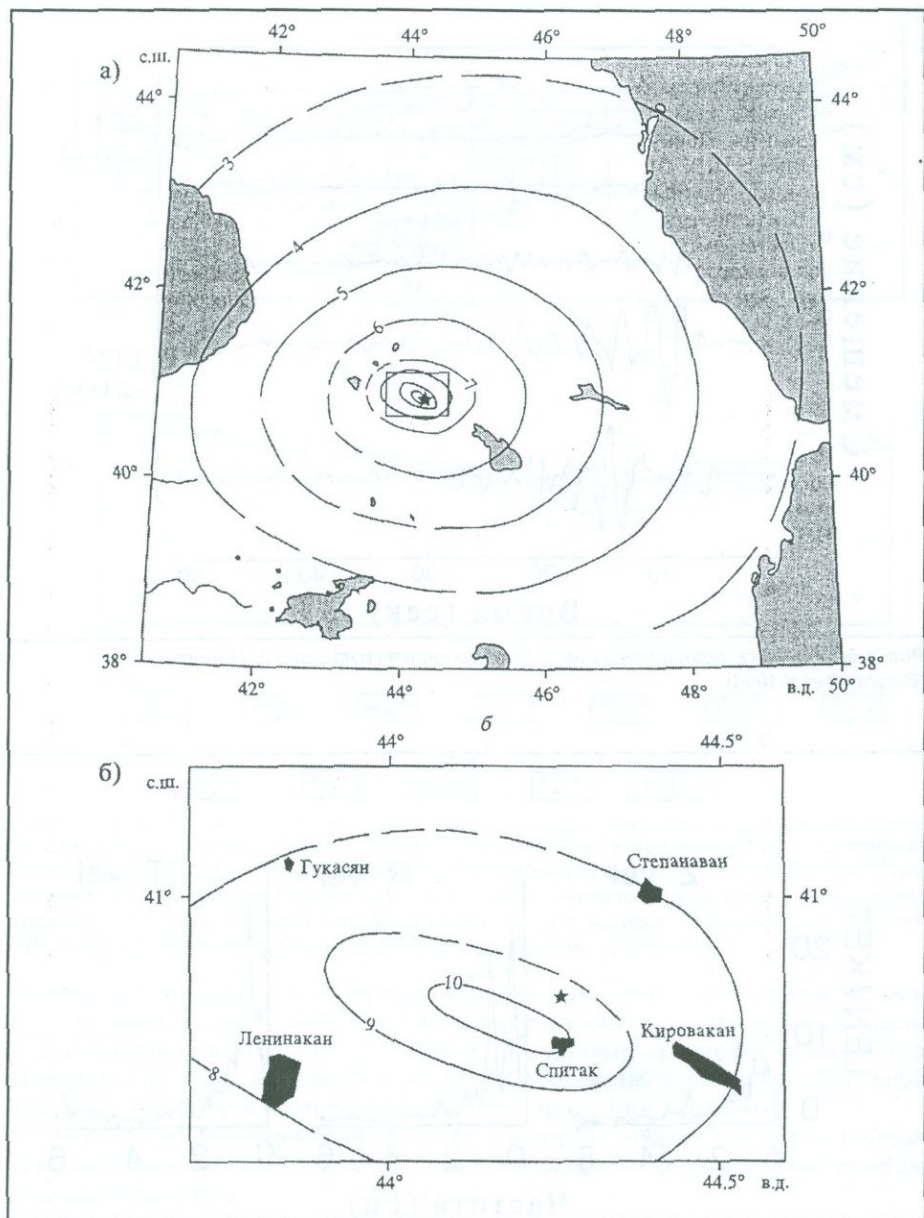


Рис. 1.6(20) Схема изосейст Спитакского землетрясения:  
 а – дальняя зона; б – ближняя зона.

(«збыких») образованиях, усугубивших силу и продолжительность локального сейсмического эффекта, как это было показано выше для условий Ленинакана, разрушительную роль сыграл и эффект резонанса в системе грунт-сооружение.

При общем доминирующем периоде сильных движений грунта от 0.5с до 2с (рис. 1.6(19)) на осадочных образованиях, в различных частях г. Ленинакан доминирующими периодами были 0.5, 0.6, 0.9 и 1.5с. Согласно данным японских специалистов, проводивших эти измерения в различных частях г. Ленинакан, грунты северной и центральной части города имели доминирующий период 0.6с. Измерения собственных колебаний различных типов зданий и сооружений, выполненные той же группой авторов, показали, что 9-этажные рамно-панельные здания в Ленинакане имели период – 0.6с; 9-этажные крупнопанельные здания – 0.35с; комплексные 5-этажные каменные здания, усиленные железобетонными элементами, – 0.3с.; 1-4-этажные каменные и комплексные здания – 0.1-0.2с. Анализ разрушений Спитакского землетрясения 1988 года привел к выводу о том, что наибольшие потери (89%) были среди 9-этажных рамно-панельных зданий, с доминирующим периодом собственных колебаний 0.6с, построенных на грунтах с доминирующей частотой сильных движений - 0.6с., т.е. имел место резонанс частот в системе грунт-сооружение. Примечательно, что здания этой же конструкции – 9-этажные рамно-панельные – не разрушились в Кироваване, т.е. на скальных грунтах.

Таким образом, резонансный эффект в системе грунт-сооружение сыграл ту же разрушительную роль, как и при землетрясениях в Мехико (1957, 1962, 1985), Бухаресте (1940, 1977) и других районах.

Приведенный выше анализ влияния местных грунтовых условий на сейсмический эффект лежит в основе сейсмомикрорайонирования, которому, к сожалению, до Спитакского землетрясения не уделялось, да и сегодня не уделяется, должного внимания. Другие грубые ошибки, которые привели к массовым разрушениям, связаны непосредственно со строительством.

Начнем с того, что нормы сейсмостойкого строительства были рассчитаны на 7-8- балльную опасность. Это означает, что уже изначально в проект зданий и сооружений закладывалась грубая ошибка, связанная с заведомо заниженной сейсмической опасностью и, соответственно, с заведомо заниженной сейсмостойкостью зданий и сооружений. Другой принципиальной ошибкой норм сейсмостойкого строительства является то, что в них не учитывались: возможность вертикальных воздействий, которая всегда велика в ближней от очага землетрясений зоне; наличие сил кручения, возникающих под действием разнонаправленных движений, вызываемых различными субочагами главного толчка; большая длительность сейсмического воздействия, обусловленная несколькими субочагами и неблагоприятными грунтовыми условиями; резонансный эффект в системе грунт-сооружение; спектр реакции грунтов и многое другое.

Специальная правительственная комиссия, которая исследовала последствия катастрофы, обнаружила, что определенные ошибки были допущены во время планировки зданий и сооружений. То есть, были нарушены действовавшие, хоть и плохие, но все-таки стандарты и нормы сейсмостойкого строительства. Значительная часть жилых домов, построенных в зоне бедствия, была

запланирована с недостатками.

Неудачно были выбраны места для многих разрушившихся зданий, то есть не были учтены инженерно-геологические, а следовательно, и сейсмические условия местности.

Качество строительства было низким. Очень часто грубо нарушалась технология строительства, а стройматериалы не соответствовали государственным стандартам (особенно цемент и арматура). Это вопиющие недостатки, поскольку, в случае обеспечения необходимого качества строительства, большинство домов в зоне бедствия сильно пострадали бы, но не разрушились. Так, например, многие здания в Гюмри были рассчитаны на восемь баллов, и при землетрясении с интенсивностью в девять баллов они должны были бы получить большие повреждения, но не рухнуть. К несчастью, большинство из некачественно построенных зданий превратились в руины. Многие люди причиной массовых разрушений считают многоэтажность зданий. Необходимо заметить, что это ошибочное мнение: в случае правильного планирования, проектирования и качественного строительства с точки зрения надежности сооружения его этажность не имеет значения.

Достаточно большое количество зданий разрушились или стали полуразвалинами в результате незаконных конструктивных изменений со стороны жителей, а в учреждениях – со стороны работников. Что можно сказать о людях, которые вырыли «шкафы» в несущей капитальной стене, открыли место для электрического счетчика, срезав арматуру колонн, или разрушили значительную часть несущей стены. Ясно, что все это привело к значительному снижению сейсмостойкости здания. По всей эпицентральной зоне можно было найти много примеров, когда разрушилась та часть здания, где жителями или работниками были проделаны незаконные конструктивные изменения.

На многих предприятиях и заводах установкой тяжелых станков и оборудования на верхних этажах были открыто нарушены условия эксплуатации зданий. Результат – тысячи человеческих жертв и большие потери. По той же самой причине обрушались жилые дома, поскольку большие емкости питьевой воды устанавливались жильцами на крышах.

Итак, необычно масштабные разрушения зданий и сооружений и связанные с этим жертвы, для землетрясения ординарной силы, каким является Спитакское сейсмическое событие, обусловлены во многом грубыми ошибками во всех компонентах сейсмостойкого строительства.

### **Быстрое реагирование**

Другой причиной, увеличившей количество жертв Спитакского землетрясения, стала неготовность к быстрому реагированию на всех уровнях – от рядового гражданина до правительства.

Практически никто из населения в пострадавших районах не знал, как вести себя во время и после землетрясения. Это безусловно увеличило количество жертв.

Неожиданная катастрофа привела в замешательство организации и службы,

призванные действовать в чрезвычайных ситуациях. Они попросту не были готовы оказать организованную и эффективную помощь пострадавшим, снизить масштабы потерь. Речь идет о гражданской обороне, медицинской, пожарной, связи и других службах. Особенно плохо действовала гражданская оборона. Она практически осталась не у дел. Ее функции взяли на себя воинские подразделения Минобороны СССР. Правда, масштабы катастрофы были такими, что республиканские службы только своими силами и средствами просто не в состоянии были решить все проблемы в создавшейся сложной ситуации. Но речь идет об их полной неготовности, особенно в первые дни, когда так нужны были их четкие и организованные действия. Что касается спасателей, то их почти не было у нас в республике. Организованные спасательные работы начались только спустя 2-3 дня, когда уже было довольно-таки поздно. С первых минут землетрясения самоотверженно работало население. Увы, недостаток опыта и очень часто элементарных знаний, как действовать в экстремальных ситуациях, отрицательно отражались на эффективности спасательных работ, иногда становились причиной напрасных жертв. В наиболее сильно пострадавших городах люди на руках несли спасенных из-под обломков раненых из одного объекта медицинской службы в другой, потому что не получали необходимой помощи, поскольку большая часть поликлиник и больниц вышли из строя. Большая часть медработников спешили на помощь родственникам. В то же самое время врачи, пришедшие на помощь извне, не знали, куда идти и кому помочь. Получалось так, что в одной части города было скопление врачей, а в другой – острая нехватка. Одним словом, не было предварительных планов действий – где должны были встретиться врач и пострадавший в случае, если разрушится медучреждение. Сколько людей погибло, которых можно было спасти, если бы вовремя оказали первую медпомощь!

Другой острой проблемой первых дней была нехватка спасательной техники. Спасательные работы сначала носили стихийный характер, а потом стали более организованными. В них приняли участие многие зарубежные спасательные отряды, а также спасатели из различных республик СССР. Они спасли тысячи жизней.

Неоценимую работу выполнили профессиональные силы быстрого реагирования, имеющие особую подготовку. Их общее число достигло 900 человек. Чтобы вытащить оставшихся в живых и погибших из-под обломков, в Армению была доставлена техника в громадных количествах. Спасательные работы выполнялись при помощи 900 подвижных подъемников, 250 бульдозеров, более чем 1000 грузовых машин и другой техники. Спустя 13 дней после землетрясения в Леникане под завалами был найден и спасен живой человек.

Усилиями населения и спасателей из-под завалов были извлечены (живыми или мертвыми) более чем 45000 человек, госпитализированы – 12500 человек. До середины марта в больницах прошли лечение и выписались 11350 человек. На длительное лечение остались тяжело больные, некоторую часть которых перевезли в медицинские центры СССР и зарубежья.

119474 жителей – женщины, дети и старики из разрушенных городов и сел – были эвакуированы: из коих 74.5 тысяч – в разные дома отдыха и санатории СССР. Среди эвакуированных большое число составили дети, примерно 32000.

В разные регионы республики были распределены 23000 детей, которые спустя несколько дней после землетрясения продолжали обучение во временно организованных школах. Чтобы помочь оставшимся без крова людям, в зону бедствия в больших количествах были доставлены временные домики.

Самоотверженно работали врачи, которые оказали разного рода медпомощь 17000 людям. Днем и ночью в зоне бедствия и в близлежащих районах действовала огромная армия медицинских работников, примерно 5000 человек, из них 1150 (приблизительно 130 бригад) приехали из республик СССР. Пострадавшим помогали приблизительно 350 военных врачей. Высококвалифицированные врачи приехали даже из зарубежья: их общее число вместе со спасателями составило 2000 человек.

Большую работу проделали военные, число которых в зоне бедствия достигло 20000 человек: из них – 10626 работали в Ленинакане. Военные летчики совершили 900 полетов, из них 150 – на сверхтяжелых грузовых самолетах «Руслан» и «Антей».

Большую работу проделали пожарники по тушению распространяющихся пожаров, вспыхнувших вследствие землетрясения на 170 промышленных и общественных объектах. Пожарники 1500 раз получали сигнал тревоги и выезжали на место происшествия.

Бедствующей Армении помогли все республики СССР и 113 государств мира.

Итак, причиной многих жертв стали задержка спасательных работ и их неправильная организация, отсутствие у населения минимальных знаний, как действовать в чрезвычайных ситуациях. Подавляющее большинство людей были извлечены из-под завалов в течение первых двух дней, то есть тогда, когда гражданская оборона и местные власти были бессильны организовать спасательные работы, когда против тяжелых строительных конструкций люди боролись голыми руками (из-за недостатка необходимой техники), когда извлеченных из-под завалов людей не знали куда отвести за медпомощью, когда помощь, пришедшая извне, не могла добраться до города, потому что на дорогах были «пробки», когда не знали, как оказать первую медпомощь живому человеку, вытасченному из-под завала. Работы стали носить организованный характер только на третий день, когда для многих пострадавших уже было очень и очень поздно.

### **Краткие сведения о потерях**

Землетрясение охватило 40 процентов территории Армении, с населением приблизительно 1млн человек. Зона разрушений, где интенсивность землетрясения составила 8 баллов и более, охватила территорию в 3000км<sup>2</sup>. Пострадали 21 город и район, 342 села, 514 тысяч людей остались без крова. Приблизительно 20000 людей получили ранения разной степени, из которых 12500 человек были госпитализированы. Число жертв составило 25000 человек. Особенно много жертв было в Ленинакане (приблизительно 15-17 тысяч) и в Спитаке (4 тысячи).

Была разрушена половина жилищного фонда в зоне катастрофы, приблизительно площадью в 8 млн м<sup>2</sup>, что составляло 17 процентов от его общего

числа по Армении. В Спитаке жилищный фонд разрушился полностью, а в Ленинакане – на 70 процентов (рис. 1.6(21)). Сильно пострадали города Кировакан, Степанаван, Дилижан, а также районы - Спитакский, Ахурянский, Гугаркский, Туманяновский, Ашоцкий, Амасийский, Алавердский, Таширский, Арагацкий, Артикский, Талинский, Апаранский, Анийский, Степанаванский.



*Рис.1.6(21) Панорама центра г. Ленинакан (ныне Гюмри) 7.12.88г. после Спитакского землетрясения (фото М. Шахбазяна и др. из книги «Землетрясение», 1989г.).*

В результате землетрясения прекратили действовать 170 производственных предприятий с 82 тысячами рабочих мест (рис. 1.6(22)). Их производственная мощность в год составляла 1.9 миллиарда долларов США.

Большой ущерб был также нанесен селам и агропромышленному комплексу: 58 сел с 21000 домами были полностью разрушены, сильно пострадали 54000 домов в 342 селах, 84 школы, 90 детских садов, 84 здравоохранительных и 2260 пищевых, торговых и других объектов. Большой ущерб был нанесен 90 коллективным и 209 советским хозяйствам, 12 межхозяйственным, 32 производственным и 52 строительным организациям. Были уничтожены 24000 голов крупного рогатого скота. Разрушены 4 птицефабрики, примерно 1200 животноводческих зданий, 2 молочных завода, 2 мясных комбината.

Были повреждены 600км водной магистрали сельскохозяйственного назначения, напорные трубопроводы 90000 гектаров орошаемых земель. Потери сельхоз-производственной системы составили приблизительно 2 миллиарда долларов США.

Землетрясение нанесло необратимый ущерб архитектурным, историческим, культурным памятникам. Из 8461 памятника зоны бедствия полностью были



*Рис. 1.6(22) Разрушения в 10-балльной зоне Спитакского землетрясения (фото М. Шахбазяна и др. из книги «Землетрясение», 1989г.).*

разрушены 155 (в том числе 5 церквей, 2 - в Ширакамуте, по одной в Гюмри, Гюлагараке и Мец Сариасе), серьезно повреждены 984, полуразрушены 1216. Из поврежденных памятников 179 – сокровища армянской архитектуры, имеющие международное значение, 2698 – республиканское. Были разрушены и вышли из строя 250 объектов здравоохранения, 324 клуба и дома культуры.

Сильно пострадали 917 очагов народного образования, где учились 200000 учеников, работали 20000 человек: 199 объекта были полностью разрушены, 6000 человек погибло. Ущерб от разрушенных и аварийных зданий составил 658 млн. долларов США.

Большой урон был нанесен «жизненным артериям» республики: вышел из строя 40-километровый участок железной дороги Тбилиси-Ереван, а также линии электропередач протяженностью 80 км. На некоторых участках рельсы остались под завалами объемом в 70000 куб. м. Отдельные каменные глыбы весили до 20-30т. 117 населенных пункта были лишены телефонной связи. Электроснабжение было приостановлено. Только в Ленинкане вышли из строя 316 электрических подстанций.

Общая сумма материальных потерь от Спитакского землетрясения составила 9-10 (а по некоторым данным до 16.5) миллиардов долларов США.

### **Основные причины потерь**

Главная причина огромных жертв и потерь при Спитакском землетрясении – отсутствие государственной политики в области сейсмической защиты.

Это привело к парадоксальной ситуации – в зоне высокой сейсмической опасности не было закона о сейсмической защите, не было государственных программ по снижению сейсмического риска и, наконец, просто не было органа государственного управления – типа Национальной службы сейсмической защиты при Правительстве РА, ответственной за разработку и реализацию государственной политики в области сейсмической защиты государства и населения.

В результате, сейсмическая опасность в республике была искусственно занижена, что привело к низкому качеству и уровню сейсмостойкого строительства и к полной неготовности народа и органов власти всех уровней к очередному сильному землетрясению, которое согласно закону повторяемости сильных землетрясений неизбежно в сейсмоактивных зонах.

### **Послесловие**

После Спитакской катастрофы 1988г. люди часто задаются вопросами, на которые мы хотели бы дать ответы в этом разделе.

### **Землетрясение или взрыв?**

С первых же дней Спитакской трагедии среди населения возникли подозрения об искусственном характере землетрясения. Эти подозрения усилились особенно после девятибалльного землетрясения в Грузии и сохранились по сей день. Слухи (которых было три) утверждали следующее:

- а) это было не землетрясение, а мощный взрыв,
- б) взрыв спровоцировал землетрясение,
- в) землетрясение стало причиной взрыва, что усилило силу разрушений.

Обсудим последовательно эти вопросы

*Была ли катастрофа 7 декабря 1988г. спровоцирована землетрясением или это был взрыв?* Ответ однозначен – землетрясением. Почему? Во время землетрясения с  $M=7.0$  выделяется  $10^{22}$  Эрг энергии, что соответствует энергии

одновременного взрыва сотни атомных бомб, сброшенных на Хиросиму. Естественно, что произвести такой взрыв в мирной Армении не имело никакого политического смысла. С организационной точки зрения тайно произвести подобный сверхмощный взрыв тоже было бы невозможно по следующей причине. Гипоцентры трех субочагов землетрясения находились примерно на глубине  $5 \pm 3$  км. На такую глубину можно проникнуть только путем бурения, которое невозможно было бы осуществить тайно, в трех точках густонаселенного района. С другой стороны, одного бурения мало, нужно было бы пройти соответствующие  $5 \pm 3$ -километровые шахты для подготовки таких взрывов в трех пунктах. Следов подобной деятельности на территории Армении нет.

И, наконец, с научной точки зрения – взрыв достаточно определенно идентифицируется на сейсмограммах, а также по разрывам грунта на поверхности Земли. И то (сейсмограммы), и другое (разрывы в субочагах, вышедшие на дневную поверхность) изучено сейсмологами разных стран. Анализ данных свидетельствует однозначно о естественной природе Спитакского землетрясения.

*Мог ли взрыв спровоцировать Спитакское землетрясение?* Ответ – нет. Для того, чтобы спровоцировать Спитакское землетрясение взрывом, нужно было бы иметь детерминированный, т.е. однозначный прогноз того, что зона субочагов Спитакского землетрясения созрела для сейсмического события с  $M=7.0$ . С одной стороны, современная сейсмология не дошла до уровня детерминированного прогноза землетрясений (прогноз носит вероятностный характер, смотри главу 2), с другой стороны, взрыв не мог не быть зарегистрирован на сейсмограммах этого сейсмического события.

*Могло ли Спитакское землетрясение стать причиной взрыва, который усилил бы разрушения?* Ответ – нет. Как уже об этом говорилось выше, на записях Спитакского землетрясения нет следов взрывов, также как и на местности, которая тщательно была исследована не только советскими, но и многими зарубежными учеными.

### **Были ли предвестники Спитакского землетрясения?**

После Спитакского землетрясения, в частности сотрудниками НССЗ при правительстве РА, был проведен тщательный анализ всех видов наблюдений, выполнявшихся в Армении до 7 декабря 1988 года.

В результате было установлено, что подготовка Спитакского землетрясения была достаточно хорошо проявлена практически во всех видах наблюдений: сейсмологических, геофизических, геохимических, гидрогеодинамических и других (1.6(23)). При этом, предвестники этого землетрясения были обнаружены во всех трех фазах геологической среды: твердой, жидкой и газообразной, причем как долгосрочные, так и среднесрочные, краткосрочные и даже оперативные.

#### *Изменения в земной коре*

Изменения в земной коре при Спитакском землетрясении характеризовались: сейсмическим затишьем, вариациями содержания химических элементов в подземных водах, вариациями уровня подземных вод, вариациями подпочвенного

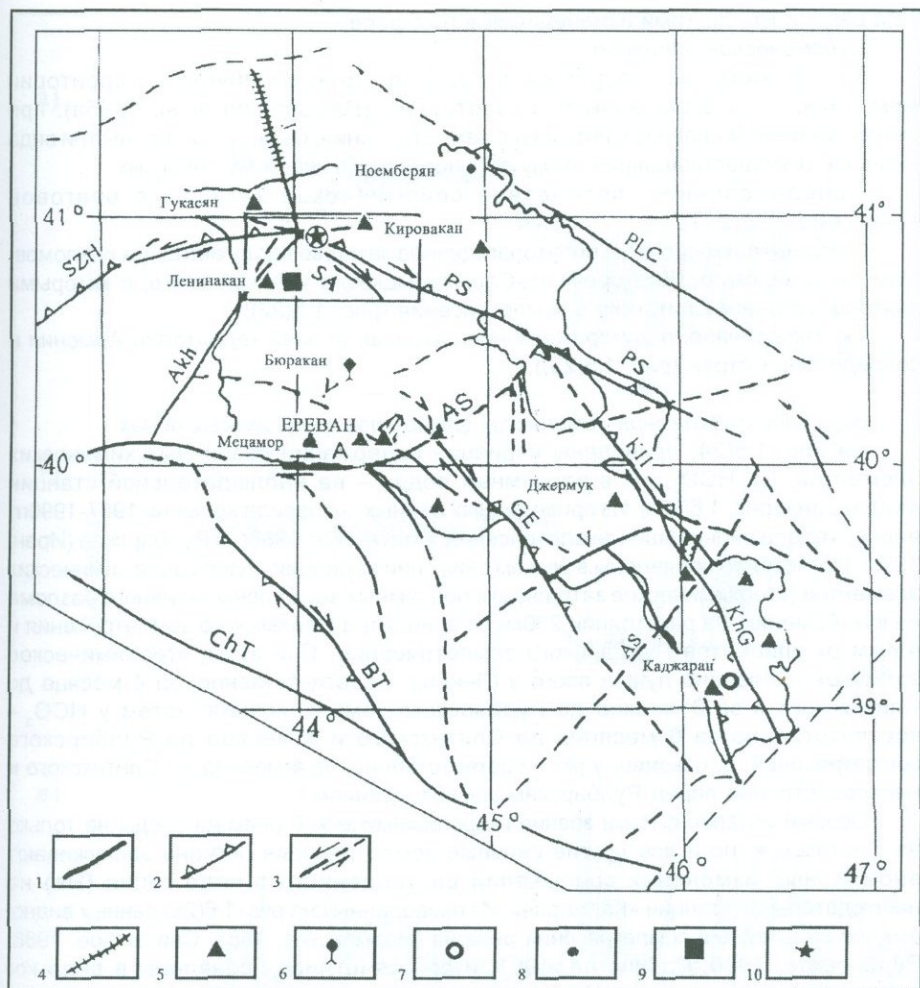


Рис. 1.6.(23) Позиция наблюдательных пунктов на схеме активных блоков территории Армении и сопредельных районов (Balassanian et al, 1995а); Сарыкамыш-Желтореченский разлом (SZh); Ахурянский разлом (AKh); Джавахкская зона растяжения (J); Предмалокавказский разлом (PLC); Памбак-Севанский разлом (PS); Ереванский разлом (Y); Араксинский разлом (A); Азат-Севанский разлом (AS); Хонарасарский разлом (Kh); Гарни-Елпинский разлом (GE); Вайкский разлом (V); Абракунис-Сисианский разлом (AS); Хуступ-Гиратахский разлом (KhG); Баликгел-Тебризский разлом (BT); Чалдран-Тебризский разлом; 1- активные разломы неясной морфологии; 2- взброс; 3- сдвиг; 4- зоны растяжения; 5- сейсмические станции; 6- Бюраканская астрофизическая обсерватория; 7- гидрогеохимическая станция «Каджаран»; 8- гидро-геодинамическая станция «Ноемберян»; 9- Ленинанканская радонотметрическая станция; 10-эпицентр Спитакского землетрясения, 1988.

газа радона Rn, другими изменениями в геосфере.

#### *Сейсмическое затишье*

Как об этом уже говорилось в разделе 1.5 «сейсмичность территории Армении», С.Ю. Баласаняном с соавторами (Balassanian et al, 1995a), при ретроспективном анализе Спитакского землетрясения, были установлены три вида затишья, предшествовавшие этому сильному сейсмическому событию:

- среднесрочное, пятилетнее сейсмическое затишье в очаговой зоне (рис. 1.5(21));

- поздне-краткосрочное, полуторагодичное затишье вдоль активных разломов: Памбак-Севанского, Желтореченск-Сарыкамышского и Ахурянского, с которыми связаны субочаги Спитакского землетрясения (рис. 1.5(22));

- краткосрочное, полуторамесячное затишье по всей территории Армении и сопредельных стран (рис. 1.5(23)).

#### *Вариации содержания химических элементов в подземных водах*

На рис. 1.6(24) приведены вариации содержаний различных химических элементов: Cl,  $\text{HCO}_3$ , pH в подземных водах – на наблюдательной станции «Каджаран» (рис. 1.6(23)). Из приведенных данных, за период времени 1987-1990гг, видно, что два сильнейших землетрясения, Спитакское 1988г. и Рудбарское (Иран, 1990г.), отчетливо проявлены в резком снижении вариаций содержания химических элементов («геохимическое затишье») в подземных водах зоны активного разлома на юге Армении, на расстоянии 260км от эпицентра Спитакского землетрясения и 450км от эпицентра Рудбарского землетрясения. При этом, «геохимическое затишье» проявлено лучше всего у Cl-иона – соответственно, за 4 месяца до Спитакского и за 3 месяца до Рудбарского землетрясения; затем у  $\text{HCO}_3$  – соответственно за 6 месяцев до Спитакского и 3 месяца до Рудбарского землетрясений; и, наконец, у pH – соответственно, за 4 месяца до Спитакского и непосредственно перед Рудбарским землетрясением.

Особый интерес с точки зрения гидрогеохимической реакции среды не только на Спитакское, но и все другие сильные землетрясения региона заслуживают аномальные изменения содержаний растворенного в воде гелия (He) на наблюдательной станции «Каджаран». Из приведенных на рис. 1.6(25) данных видно, что все сильнейшие землетрясения региона (Норманское, 1983; Спитакское, 1988; Рудбарское, 1990; Рачинское, 1991; и др.) отчетливо проявлены в виде ко-сейсмических минимумов He. Нужно отметить, что всем им предшествуют краткосрочные геохимические затишья, наподобие тех, которые показаны на рис. 1.6(24).

#### *Вариации уровня подземных вод*

На рис. 1.6(26а) показаны вариации уровня подземных вод на станции «Ноемберян», расположенной на расстоянии 75км северо-восточнее очага Спитакского землетрясения (см. рис. 1.6(23)).

После фильтрации годовых вариаций уровня подземных вод, на основе Фурье-анализа, получены «чистые» сейсмогенные аномалии (рис. 1.6(26б)), которые предшествуют Спитакскому и Рачинскому (Грузия, 1991г.) землетрясениям. При

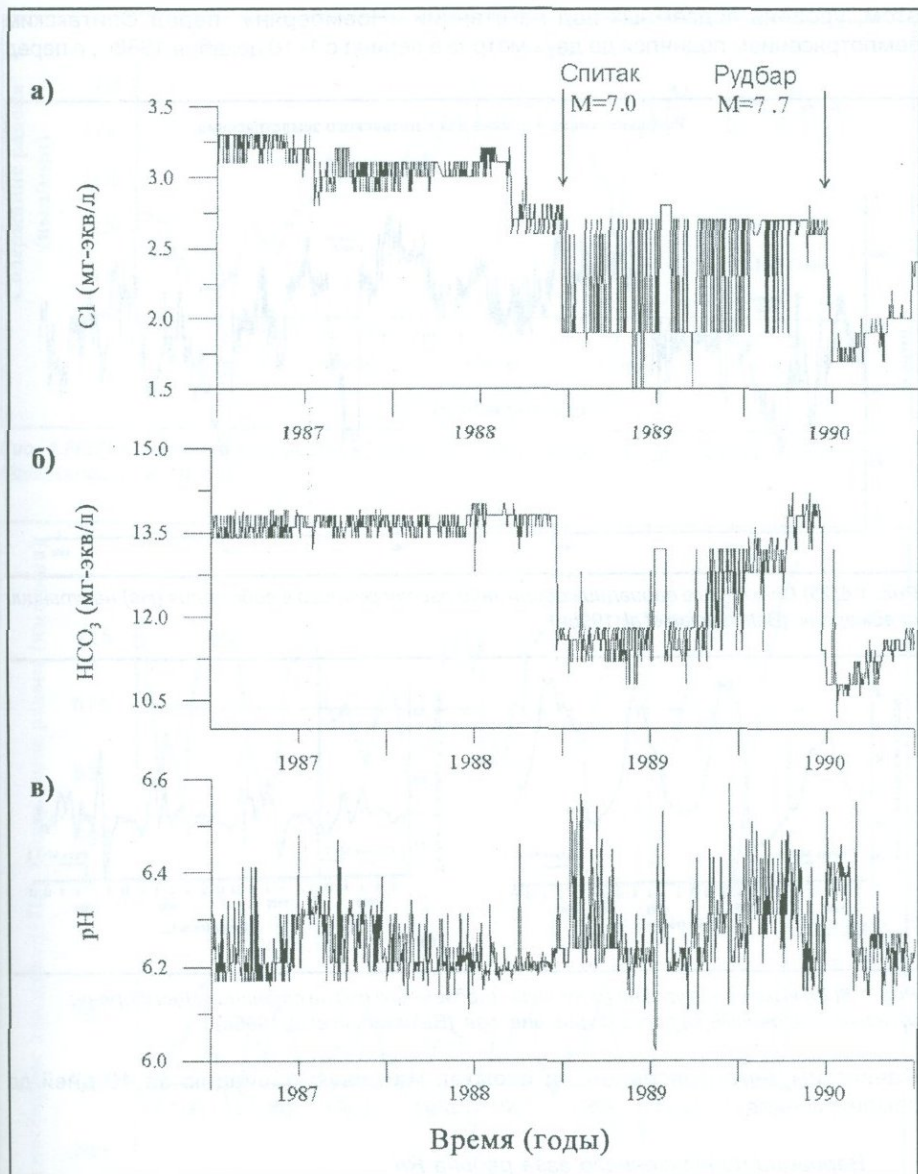


Рис. 1.6(24) Гидрогеохимические аномалии на станции «Каджаран» в период подготовки и реализации Спитакского (1988) и Рудбарского (1990) землетрясений; временные вариации в грунтовых водах: а) иона хлора ( $Cl^-$ ); б) иона гидрокарбоната ( $HCO_3^-$ ); в) водородного индекса (pH). (Balassanian et al, 1995)

этом, уровень подземных вод на станции «Ноемберян» перед Спитакским землетрясением поднялся до двух метров в период с 1+10 декабря 1988г., а перед



Рис. 1.6(25) Временные вариации содержаний растворенного в воде гелия (He) на станции «Каджаран». (Balassanian et al, 1995a)

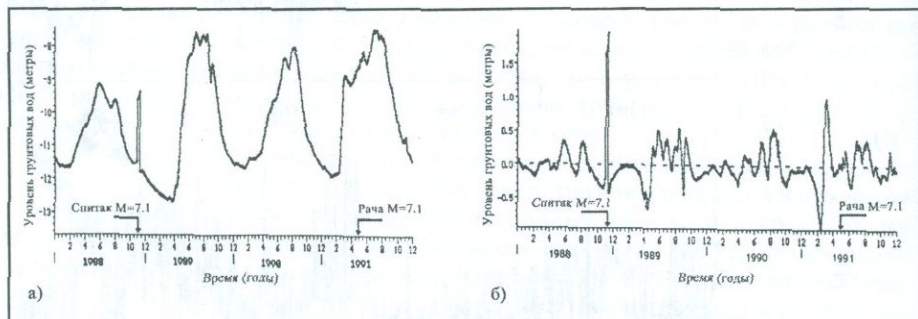


Рис. 1.6(26) Изменения уровня грунтовых (подземных) вод на станции «Ноемберян»: а) первичные данные; б) после Фурье-анализа. (Balassanian et al, 1995a)

Рачинским землетрясением он испытал метровую вариацию за 40 дней до землетрясения.

#### Вариации подпочвенного газа радона Rn

На рис. 1.6(27) приведена вариация содержаний подпочвенного газа радона (Rn) на станции «Ленинакан». Из приведенных данных видно, что за 1 месяц до Спитакского землетрясения наблюдалась интенсивная аномалия в виде сильного падения содержаний Rn. На другой станции «Джермук» (см. рис. 1.6(28)) хорошо



Рис. 1.6(27) Временные вариации содержаний газа радона ( $Rn$ ) на станции «Ленинakan». (Balassanian et al, 1995a)

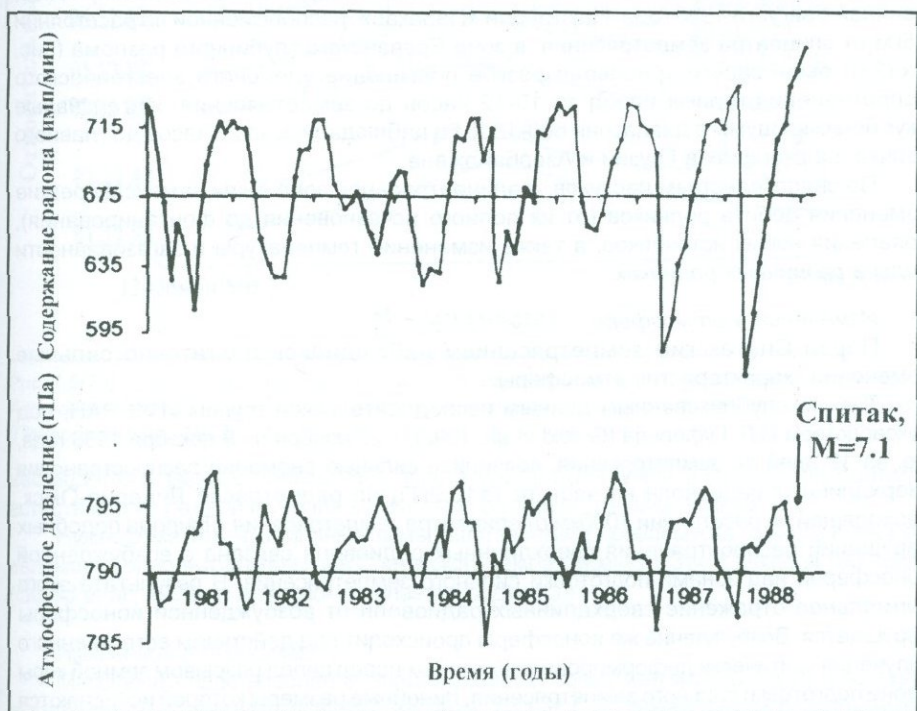


Рис. 1.6(28) Временные вариации содержаний подпочвенного газа радона ( $Rn$ ) на станции «Джермук» в сопоставлении с вариациями атмосферного давления. (Бассейян и Рудаков, 1989)

виден рост амплитуды годовых вариаций  $R_n$  начиная с 1981г. При этом, резкое повышение амплитуды годовой вариации  $R_n$  произошло за 1 год до землетрясения, становясь еще больше в 1988 году. Сопоставление вариаций  $R_n$  с вариациями атмосферного давления на том же рис. 1.6(28) свидетельствует о сейсмогенной природе аномальных вариаций  $R_n$  в 1987-1988гг.

#### *Другие изменения в геосфере*

В дополнение к вышеизложенному, многими исследователями были опубликованы различные аномальные эффекты, наблюдавшиеся ими перед Спитакским землетрясением.

Так, интенсивные вертикальные движения земной коры были выявлены повторными геодезическими съемками, выполненными за несколько лет до этого сейсмического события. Интенсивные знакопеременные деформации земной коры, с начала 1988 года, были зарегистрированы деформографом на Гарнийской геофизической обсерватории, расположенной на расстоянии 96км от эпицентра Спитакского землетрясения (рис. 1.6(23)), в районе активного Гарнийского разлома. На этой же обсерватории были зафиксированы наклоны земной поверхности, а также длинно- и короткопериодные аномалии теллурических (земных) токов, начиная с августа 1988 года. На станции «Паракар», расположенной на расстоянии 75км от эпицентра землетрясения, в зоне Ереванского глубинного разлома (рис. 1.6(23)) было зарегистрировано резкое повышение удельного электрического сопротивления горных пород за 10-12 часов до землетрясения. Интенсивные акустические шумы в диапазоне 800-1200 Гц наблюдались за 25 часов до главного толчка, на станциях в Грузии и Азербайджане.

По свидетельствам пастухов, в эпицентральной зоне были замечены резкие изменения дебита родников (от их полного исчезновения до фонтанирования), появления новых источников, а также изменение температуры и загазованности воды в различных родниках.

#### *Изменения в атмосфере*

Перед Спитакским землетрясением наблюдались достаточно сильные изменения характеристик атмосферы.

Так, по опубликованным данным исследовательской группы ИФЗ РАН, под руководством И.Л. Гуфельда (Gufeld et al., 1992), с 27 ноября по 8 декабря 1988 года, т.е. за 12 дней до землетрясения, появились сильные аномалии распространения сверхдлинных радиоволн на частоте  $f=10.2$ кГц по радиотрассе Либерия-Омск, проходящей на расстоянии 1000км от эпицентра землетрясения. Природа подобных нарушений распространения сверхдлинных радиоволн связана с возбужденной ионосферой над зонами подготовки сильного землетрясения. В результате этого нормальное отражение сверхдлинных радиоволн от возбужденной ионосферы нарушается. Возбуждение же ионосферы происходит под действием естественного излучения критически деформированных горных пород перед разрывом земной коры в зоне подготовки сильного землетрясения, линейные размеры которой исчисляются сотнями километров.

Явление нарушения распространения сверхдлинных радиоволн наблюдалось затем исследовательской группой С.Ю. Баласаяна, при подготовке практически

всех сильных землетрясений в зоне коллизии Аравийской и Евразийской плит (Balassanian et al., 1997).

Другое примечательное явление было обнаружено группой армянских астрофизиков (Ганарджян и др., 1989), проводивших в этот период на Бюраканской обсерватории наблюдения за свечением звезды Лебедь А, в диапазоне 74МГц. Из данных, приведенных на рис. 1.6(29), видно, что в период с 5 по 7 декабря 1988г. над территорией Армении

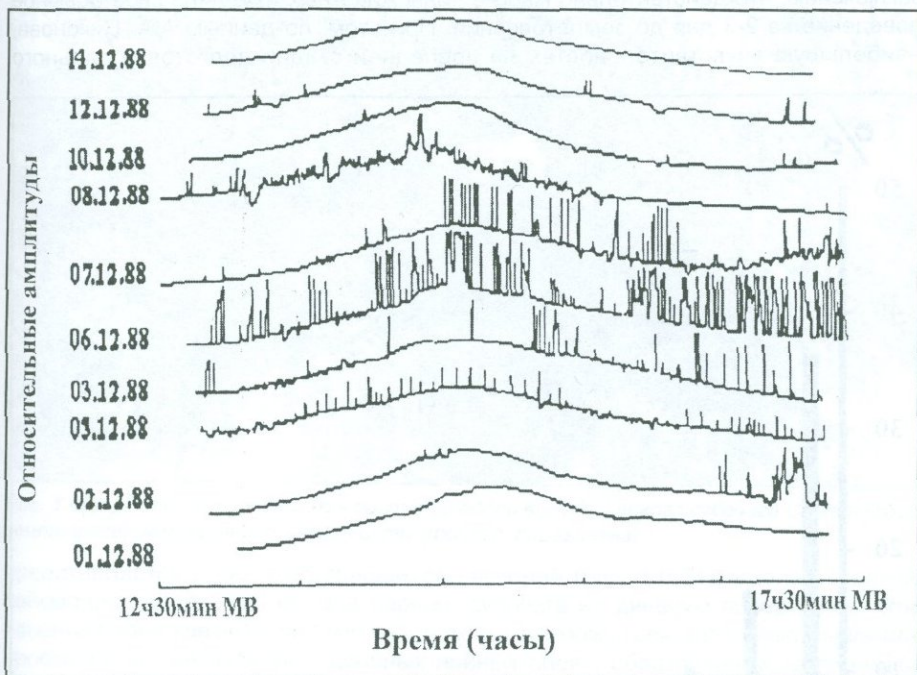


Рис. 1.6(29) Ионосферные мерцания космического радиосточника Лебедь А на Бюраканской Астрофизической Обсерватории, в период подготовки Спитакского землетрясения 1988г. (Ганарджян и др., 1989)

наблюдалось резкое повышение амплитуды радиошумов в диапазоне приема естественного радиоизлучения космического радиосточника Лебедь А.

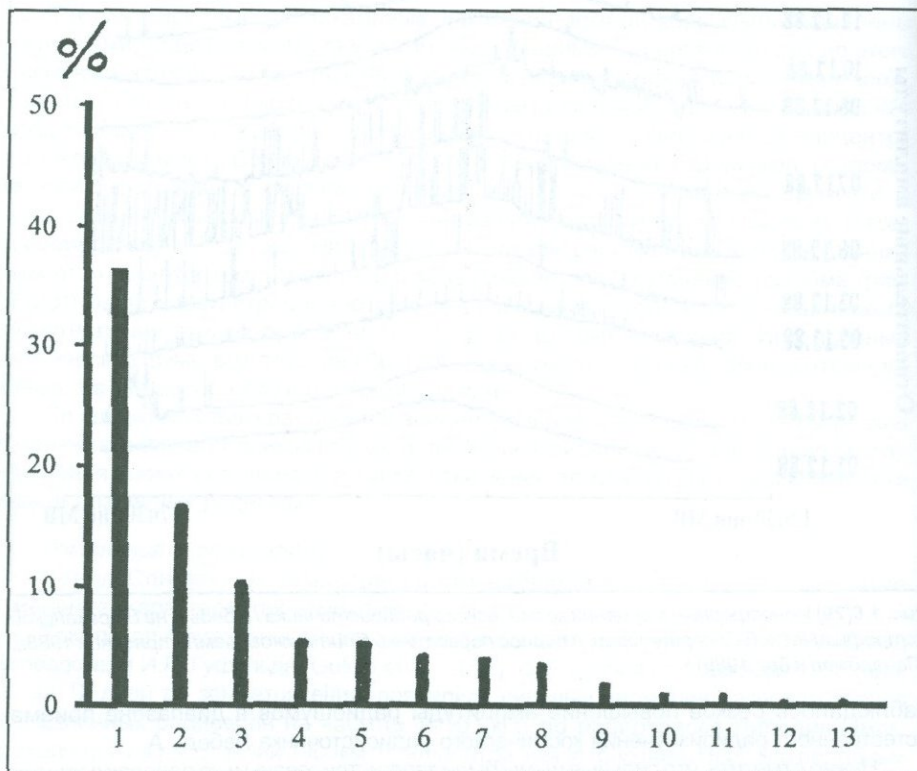
Нужно отметить, что сильные шумы были зарегистрированы и на радарх военных ведомств в эпицентральной зоне Спитакского землетрясения с 3 по 6 декабря 1988года (Gufeld et al., 1992), в метровом диапазоне радиоволн.

#### Изменения в биосфере

Массовый опрос населения эпицентральной зоны Спитакского землетрясения, выполненной сотрудником ИГИС АН Арм. СССР Г.О. Игнатсяном с коллегами, свидетельствует о том, что в период времени от двух дней до нескольких минут перед землетрясением многие животные и птицы в эпицентральной зоне резко изменили

свое обычное поведение. Это выражалось у разных видов по-разному. Одни начали больше шуметь, другие непрерывно, беспокойно передвигаться с места на место. Некоторые домашние животные отказывались от еды, странно вели себя крысы и мыши и т.д.

Другой советский ученый из ИФЗ РАН А.А. Никонов опубликовал результаты своих наблюдений и опросов населения (рис. 1.6(30)), из которых он приходит к заключению, что действительно многие виды животных изменили свое обычное поведение за 2-3 дня до землетрясения. При этом, по данным А.А. Никонова, наибольшую «чувствительность» на последней стадии подготовки сильного



**Рис. 1.6(30)** Аномальное поведение различных видов животных перед Спитакским землетрясением 7 декабря 1988г. (Никонов, 1992): 1-собаки; 2-кошки; 3-птицы; 4-рыбы; 5-крысы; 6-мыши; 7-коровы; 8-лошади; 9-свины; 10-насекомые; 11-черепахи; 12-черви

землетрясения проявили собаки, кошки и птицы.

Перед Спитакским землетрясением необычные изменения были замечены и в растительном мире: появление свежей зеленой травы в зимний период, изменение цвета растений и другие. Особенно интересным явлением



*Рис. 1.6(31) Полоса обуглившихся растений вдоль выхода первого субочага Спитакского землетрясения на дневную поверхность. (фото А. Караханяна)*

представляется полоса обуглившихся растений (рис. 1.6(31)) вдоль основной сейсмодислокации, т.е. выхода первого субочага на дневную поверхность. Это явление в зоне, где не были отмечены пожары, возможно связано с электрическими пробоями, возникающими в двойных ионных слоях, образованных на границах разделов фаз, критически деформирующихся горных пород в зоне разрыва земной коры (Balassanian et al., 1995).

Менее чем за два дня до главного толчка Спитакского землетрясения, по данным Г.О. Игнатосяна, наблюдались некоторые изменения общего состояния и у людей – чаще у женщин и маленьких детей.

Все вышеизложенное относительно изменений в биосфере перед Спитакским землетрясением в принципе может быть объяснено сильным естественным излучением электромагнитных волн, в широком диапазоне частот (что подтверждается атмосферными явлениями), критически деформирующихся горных пород на стадиях близких к их разрыву (Balassanian et al., 1995).

Итак, Спитакское землетрясения 1988 года имело отчетливо проявленные предвестники: долгосрочные (более 10 лет) – исторические и доисторические сильные землетрясения, вертикальные движения земной коры; среднесрочные (от 1 года до 10 лет) – сейсмическое затишье в очаговой зоне и по активным разломам; краткосрочные (от одной недели до одного года) – региональное

деформации земной коры, длинно- и короткопериодные вариации теллурических токов, наклоны земной поверхности и др.; оперативные (от одного часа до одной недели) – естественные излучения критически деформированных горных пород в широком диапазоне частот, вызывающие нарушения распространения сверхдлинных радиоволн, «шумы» на радиолокационных станциях, «шумы» при приеме естественного радиоизлучения от космических радиоисточников; аномальное поведение многих видов животных, необычные изменения в растительном мире, возникновение новых и прекращение действия некоторых известных источников, изменение температуры подземных вод и содержания газов в них; изменения общего состояния некоторых людей и др.

Несмотря на наличие вышеприведенных предвестников землетрясения, из-за отсутствия единого центра сбора, обработки и анализа этих данных, в реальном масштабе времени, эта информация не была использована для прогноза Спитакского землетрясения, т.к. не существовало такого органа государственного управления, который отвечал бы за сейсмическую защиту населения.

### ***Был ли какой-либо прогноз землетрясения?***

После Спитакского землетрясения сразу же появились люди, которые утверждали, что они прогнозировали это землетрясение. О том, что это за люди и как они «прогнозируют» землетрясения, достаточно подробно сказано в разделе 2.3, в части «прогноз землетрясений и шарлатанство».

Помимо этого, на основе анализа комплекса предвестников, главным образом сейсмологических, по методике долгосрочного прогноза В. И. Кейлис-Борока, Л. Кнопва и др., основанной на методах распознавания образов, сотрудниками ИФЗ РАН в 1985 году была выделена прогностическая аномалия, с периодом опасности в 5 лет, на том самом месте, где через три года произошло Спитакское землетрясение. Один из авторов этого прогноза, известный российский сейсмолог Г.А. Соболев в своей статье «Проблема прогноза землетрясений», опубликованной в журнале «Природа» №12, 1989г., пишет «... В 1986г. эта карта была направлена в сейсмологические институты Кавказа. И там «затерялась...». «Дело в том, что у нас не разработан порядок рационального применения результатов долгосрочного прогноза, которыми можно было бы воспользоваться...». Последняя фраза объясняет все достаточно красноречиво. Так было до Спитакского землетрясения!

После Спитакского землетрясения Политбюро ЦК КПСС поручило Академии наук СССР разработать предложения по радикальному улучшению сейсмической службы страны. Но этому постановлению Политбюро ЦК КПСС не суждено было реализоваться ... – из-за распада СССР.

## Глава 2.

### Сейсмическая опасность и риск

Глава 2 посвящена сейсмической опасности и риску, т.е. землетрясению как угрозе населению и государствам, расположенным в сейсмоактивной зоне. Оценка сейсмической опасности и риска – первые необходимые этапы сейсмической защиты.

*Сейсмическая опасность* - это опасность сильных землетрясений, которые, как об этом уже говорилось ранее, главным образом связаны с активными геологическими структурами типа активных разломов, блоков и др. (Гл.1 §1). Самые мощные из активных структур носят трансрегиональный характер. Исходя из этого сейсмическая опасность охватывает огромные по площади территории (сейсмогенные пояса), на которых проживают разные народы в разных государствах. Сейсмическая опасность порождает угрозу жизни и имуществу людей в населенных районах, т.е. является источником сейсмического риска.

*Сейсмический риск* - это возможные потери людей и государства. Риск в пределах сейсмоактивных зон велик в населенных районах и мал там, где нет населения.

Поскольку понятия сейсмической опасности и риска универсальны, то универсальны и общие подходы к их оценке. Использование общих подходов к оценке опасности и риска позволяет объединить усилия соседних государств в решении сложнейшей проблемы снижения сейсмического риска, т.е. способствует использованию регионального интеллектуального потенциала для решения важнейшей национальной проблемы.

Общий подход к оценке сейсмической опасности и риска определяется двумя факторами – *научным и политическим*.

Научный фактор предполагает использование передовых технологий оценки опасности и риска, соответствующих международным стандартам, и унифицированных баз данных по территориям большим, чем территория государства. Только при этих условиях можно избежать разрыва непрерывности уровня опасности и риска на государственных границах.

Политический фактор – это заинтересованность политического руководства государства в объективной информации об уровне сейсмической опасности и риска. Только в случае политической воли в полной мере может быть использован научный подход (научный фактор) к оценке опасности и риска для обеспечения безопасности населения.

## 2.1 Сейсмическая опасность

Сейсмическая опасность или опасность сильного землетрясения, по определению С. Ю. Баласаняна, состоит из *долгосрочной* и *текущей* опасностей. Под долгосрочной опасностью понимают определение максимально возможных сейсмических воздействий в каждой точке исследуемого пространства за относительно длительные интервалы времени - 50, 100, 500 лет и более. Оценка долгосрочной опасности необходима для планирования устойчивого развития государства, расположенного в сейсмоактивной зоне. Данные оценки долгосрочной опасности используют для планирования землепользования, градостроительства, бизнеса, чрезвычайных ситуаций, страхования людей и их имущества, для решения многих других государственных и частных задач. Долгосрочная оценка сейсмической опасности отображается в виде *карт сейсмического районирования* и *сейсмомикрорайонирования*. Карта сейсмического районирования в масштабах от 1:500000 до 1:5000000 показывает максимальный уровень сейсмических воздействий на больших по площади территориях. Карта сейсмомикрорайонирования в масштабах от 1:5000 до 1:25000 показывает приращение сейсмических воздействий в зависимости от грунтовых и других местных геологических условий, в пределах конкретных населенных пунктов или особо важных объектов (дороги, мосты, аэродромы, дамбы, производственные комплексы, трубопроводы и др.)

Оценка текущей сейсмической опасности, по определению С. Ю. Баласаняна, представляет собой прогноз резкого изменения сейсмического режима, отраженного в аномальных изменениях различных параметров литосферы, атмосферы и гидросферы, которое с определенной вероятностью способно привести к сильному сейсмическому событию. Оценка текущей сейсмической опасности необходима для принятия адекватных контрмер со стороны Правительства и органов власти всех уровней для обеспечения безопасности населения.

### Сейсмическое районирование

Итак, долгосрочная сейсмическая опасность отображается в виде карт, на которых показаны максимально возможные ускорения поверхности земли (в единицах ускорений) или максимально возможные интенсивности сейсмических воздействий (выраженные в баллах) в каждой точке исследуемой территории за определенный промежуток времени. На картах сейсмической опасности области с одинаковыми величинами ускорений или интенсивностей объединены в соответствующие зоны (или районы), окрашенные в разные цвета - от светлых

тонов (низкая опасность) до темных (высокая опасность). Карты сейсмической опасности, называемые иначе картами сейсмического районирования, строятся в разных масштабах, обычно от 1: 500 000 до 1: 5 000 000, в зависимости от размеров исследуемой территории и существующей базы данных.

История картирования сейсмической опасности начинается с 1884 года, когда О'Рейллей (Англия) предложил метод, основанный на картировании количества землетрясений различной магнитуды в пределах исследуемого пространства, разбитого на ячейки одинаковой площади. Затем, в СССР, Китае, европейских странах начиная с 1930 года стали разрабатываться *детерминистические* методы, основанные на картировании исторических и инструментально записанных землетрясений, взятых из каталогов землетрясений. В основу оценки опасности были положены два основных детерминистических принципа: 1) землетрясения с определенной магнитудой будут иметь тот же период повторяемости в будущем, который они имели в прошлом; 2) области с одинаковым тектоническим строением имеют одинаковый сейсмический потенциал. Так развились первые детерминистические карты, официально принятые в СССР в 1937г. и Китае в 1938г., а начиная с 1976г. в целом ряде европейских стран. В СССР карта 1937г. и затем ее три следующие версии были положены в основу норм сейсмостойкого строительства, выпущенных в 1957, 1968 и 1978гг. Следует отметить, что все детерминистические карты изображали в каждой точке исследуемого пространства максимально возможные интенсивности сейсмических воздействий.

Начиная с 1968г. в США, Корнеллом, а затем и другими исследователями в других странах стали разрабатываться *вероятностные* методы оценки сейсмической опасности. Последние отличаются от детерминистических методов тем, что характеристика опасности, а это главным образом максимальные горизонтальные ускорения поверхности земли (в долях ускорения силы тяжести,  $g$ ), определяется с заданной вероятностью за определенный интервал времени. Так, в США первая национальная вероятностная карта сейсмической опасности была утверждена в 1976г. Начиная с 1976г. каждые пять лет вероятностные карты сейсмической опасности США обновляются на основе новых сейсмологических данных и/или новых методик оценки опасности. Сегодня в США действуют утвержденные и опубликованные сейсмологической службой США вероятностные карты максимальных ускорений поверхности земли (для периодов спектра ускорений - 0.2, 0.3, 0.5, 1.0, 2.0 сек при 5% затухании колебаний) с 2%, 5% и 10% вероятностями превышения максимальных ускорений в течение 50 лет. Указанные карты сейсмической опасности США используются в нормах сейсмостойкого строительства проектировщиками, страховыми компаниями, бизнесменами, службами чрезвычайных ситуаций, планировщиками землепользования и обществом вообще.

Параллельно с разработкой и введением в действие сейсмологическими службами западных стран более прогрессивных вероятностных карт сейсмического районирования, в странах Восточной Европы, СССР, Китае и в других социалистических государствах продолжал действовать детерминистический подход к сейсмическому районированию. Так, в СССР карта сейсмического районирования 1978 года просуществовала до распада Советского Союза.

Спитакская катастрофа 1988 года в Армении, затем разрушительное Рачинское землетрясение 1991 года в Грузии, Зайзанское землетрясение 1990г. в Казахстане, Карьякское 1990г. и Нефтегорское 1995г. землетрясения в России показали, что детерминистический подход содержит грубые ошибки, которые приводят к массовым жертвам среди населения и масштабным разрушениям в населенных районах.

Так, к примеру, в Армении 10-балльное Спитакское землетрясение произошло в зоне, которая оценивалась по карте сейсмического районирования Армянской ССР в 7 баллов по шкале MSK-64.

Одной из серьезнейших проблем сейсмического районирования практически во всех регионах мира к концу XX века стала проблема расхождения в величинах опасности на границах, разделяющих соседние страны, по причине различных подходов к оценке сейсмической опасности специалистами разных стран.

Для преодоления этой «международной» проблемы, по инициативе ряда ученых под руководством проф. Д. Жиардини (Италия), был разработан проект создания Мировой карты сейсмической опасности.

Мировая карта сейсмической опасности (рис. 2.1(1)) – это уникальная работа, выполненная в рамках Международной программы “Глобальная оценка сейсмической опасности” (GSHAP) под эгидой ЮНЕСКО в период Международной декады снижения опасности катастроф (UN/IDNDR), провозглашенной ООН (1990-1999гг.). Программа GSHAP выполнена как часть Международной программы “Литосфера” (ILP), при поддержке Международного Союза Геодезии и Геофизики (IUGG), Международной Ассоциации Сейсмологии и Физики Земных Недр (IASPEI), многих других международных и национальных организаций. Мировая карта сейсмической опасности разрабатывалась в течение 1992-1999гг. Более 500 ведущих ученых-сейсмологов из многих стран мира приняли участие в решении этой стратегически важной для народов мира Глобальной проблеме - оценка мировой сейсмической опасности.

По решению Международного комитета GSHAP земной шар был разделен на регионы, в которые входили по несколько государств. Решением Международного комитета GSHAP координаторами исследований в каждом регионе были назначены признанные на международном уровне лидеры-сейсмологи. Исследования по региону “Кавказ”, включающему Крым-Кавказ-Копетдаг-Восточную Турцию-Западный Иран, координировал проф. С. Ю. Баласанян.

Главная цель программы GSHAP состояла в том, чтобы:

- выработать единые методические подходы к оценке сейсмической опасности, единый международный стандарт сейсморайонирования в рамках глобальной международной программы;

- распространить передовой опыт оценки сейсмической опасности на национальные карты сейсморайонирования, сделав их надежной основой для принятия решений властями всех уровней в сфере землепользования, градостроительства, страхования, бизнеса, чрезвычайных ситуаций.

Картирование сейсмической опасности для региона Крым-Кавказ-Копетдаг было выполнено НССЗ при Правительстве РА, Сейсмологической службой Азербайджана, Институтом геофизики Академии наук Грузии, Объединенным



**Рис. 2.1(1)** Мировая карта оценки сейсмической опасности (под редакцией Д. Жиардини, Г. Грюнталля, К Шедлока, П. Занга). [The Global Seismic Hazard Assessment Program (GSHAP), 1999]

институтом физики Земли АН России, Международным институтом теории прогноза землетрясений и математической геофизики (Россия), Институтом сейсмологии АН Туркменистана, Институтом геофизики АН Украины, Обсерваторией Кандилли университета Богачичи (Турция), Международным институтом сейсмостойкого строительства и сейсмологии (Иран), Национальным институтом геофизики (Италия), Институтом геофизики Технологического университета (Швейцария), Геофоршунгцентром (Германия), Институтом механики горных пород АН Чехии.

Перед регионом "Кавказ", помимо общих задач программы GSHAP, была поставлена задача сопоставления различных методов сейсморайонирования – детерминистических и вероятностных. Эта задача была решена путем совместного создания унифицированной базы данных по всему региону и построения общей модели потенциальных очагов землетрясений (ПОЗ), на основе консенсуса между участниками программы. Затем на базе общей модели ПОЗ разные исследовательские группы разными методами откартировали сейсмическую опасность.

На рис. 2.1(2)-2.1(4) приведены карты, полученные: НССЗ при Правительстве РА с использованием сеймотектонического– вероятностного метода (рис. 2.1(2)); Институтом геофизики АН Грузии, с использованием детерминистического метода (рис. 2.1(3)); Международным институтом теории прогноза землетрясений и математической геофизики, с использованием ареально - вероятностного метода, разработанного в этом институте под руководством академика РАН Кейлиса-Борока (рис. 2.1(4)).

При сопоставлении полученных результатов с картой очагов землетрясений региона (рис. 1.5(5)) и моделью ПОЗ (рис. 1.5(4)) видно, что сеймотектоническое - вероятностное районирование опасности (рис. 2.1(2)) полностью отображает как распределение очагов землетрясений, происшедших в прошлом, так и зоны ПОЗ. Детерминистическая карта (рис. 2.1(3)) пропускает сильнейшее Спитакское землетрясение 1988г., отмечая эту область, как 7-балльную. Ареально - вероятностный метод, разработанный в России (рис. 2.1(4)), картирует очаги землетрясений, происшедших в прошлом (рис. 1.5(4)), но совершенно не учитывает потенциально опасных зон (ПОЗ) (рис. 1.5(5)).

Международный комитет GSHAP отобрал вероятностную карту НССЗ при Правительстве РА как соответствующую международным стандартам GSHAP, включив ее, как региональный фрагмент, в Мировую карту сейсмической опасности.

Это была победа не только новых подходов в сейсмологии, но и признание достижений армянских сейсмологов, объединивших свои усилия в НССЗ при Правительстве РА с 1991 по 2002гг. после катастрофического Спитакского землетрясения.

### **Сейсмомикрорайонирование**

Сейсмическое микрорайонирование имеет еще более раннюю историю, чем сейсморайонирование. Сейсмомикрорайонированием стали заниматься в США, начиная с работ Фитца (1839г.). Затем, в США Рейд (1910г.), Био (1934г.) и Рихтер (1954г.) продолжили эти исследования. В Японии сейсмомикрорайонирование

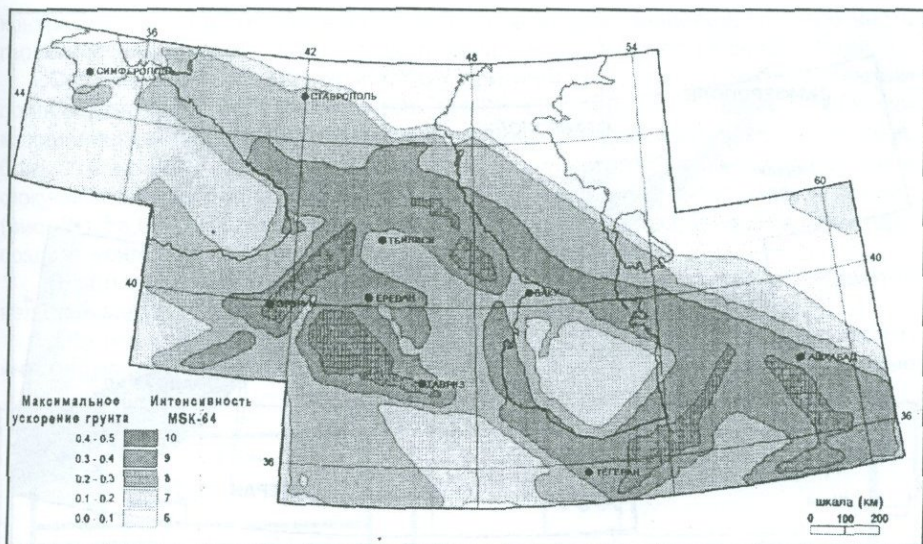


Рис.2.1(2) Карта сейсмической опасности территории Крым-Кавказ-Копетдаг, построенная на основе сеймотектонического-вероятностного метода. (НССЗ при Правительстве РА; Balassanian et al, 1999)

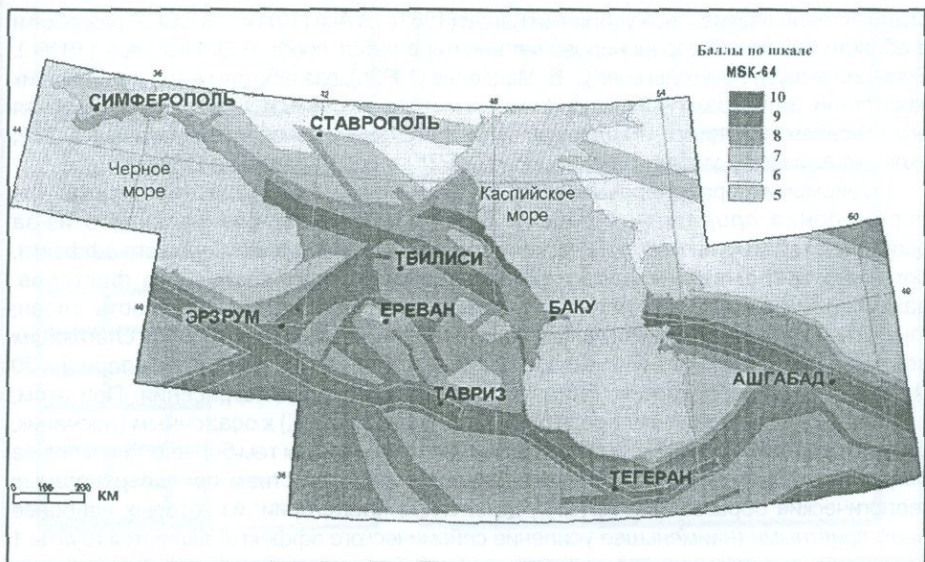
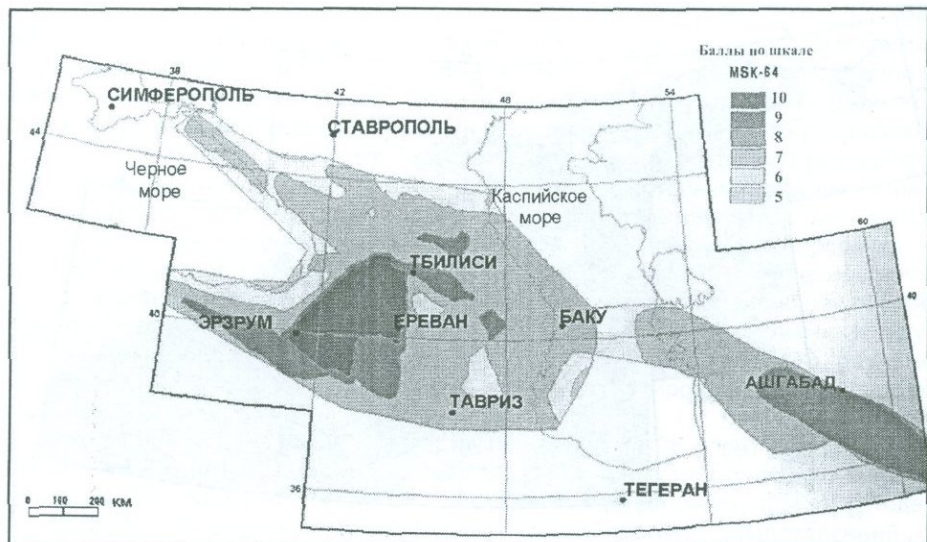


Рис.2.1(3) Карта оценки сейсмической опасности территории Крым-Кавказ-Копетдаг, построенная на основе детерминистического метода. (Институт геофизики АН Грузии; Balassanian et al, 1999)



**Рис.2.1(4)** Карта оценки сейсмической опасности территории Крым-Кавказ-Копетдаг, построенная на основе ареально-вероятностного метода. (Международный институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики, Россия; Balassanian et al, 1999)

стало активно развиваться усилиями Канаи (1961г.) и Аки (1970г.). В СССР разработки в области сейсмомикрорайонирования начаты с работ проф. В.О. Цшохера (1938г.). Большой вклад в 60-е годы внес С. В. Медведев (1962г.), разработав метод акустических жесткостей. Затем различные модификации метода акустических жесткостей, не меняя его основных принципов и содержания, разрабатывались многими учеными СССР, включая армянских ученых Г.Н. Назарова (1977г.) и Б.К. Карапетяна (1984г.)

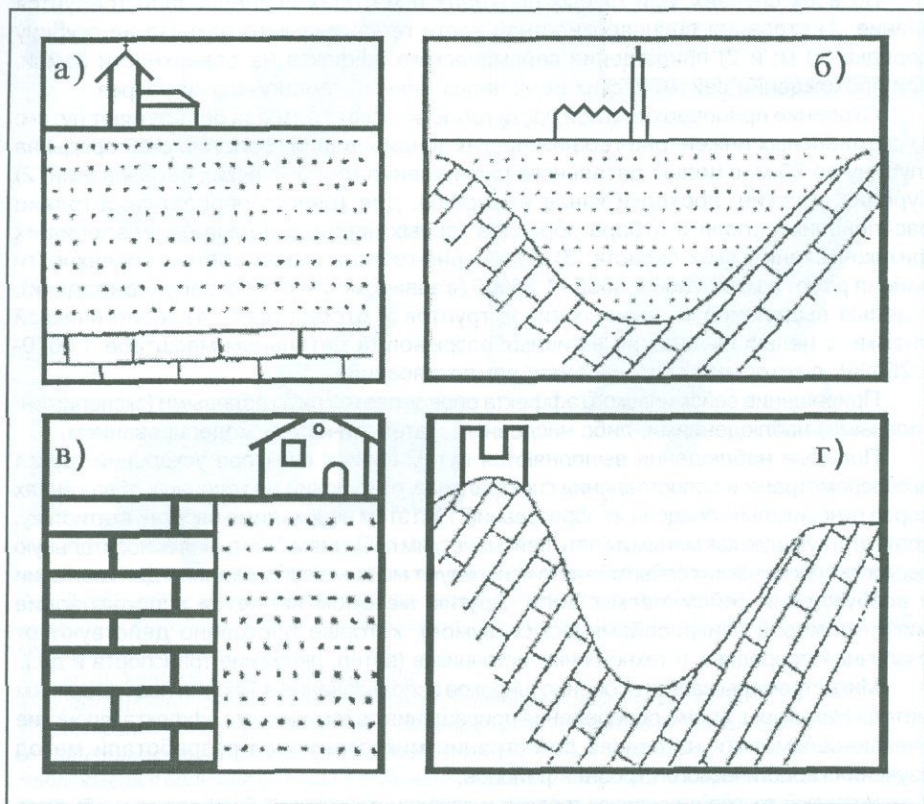
Сейсмомикрорайонирование, как об этом говорилось выше, необходимо для определения *приращения сейсмического эффекта*, возникающего из-за особенностей местных геологических условий. Усиление сейсмического эффекта, согласно современным представлениям, происходит из-за ряда факторов, важнейшими из которых являются: литологический состав; мощность слоев; физико-механические свойства; геометрия геологических образований, слагающих верхнюю приповерхностную часть геологического разреза до глубины порядка 30 м; топография поверхности; близость района к очагу землетрясения. При этом, при переходе от коренных пород (базальты, граниты и др.) к осадочным (песчаник, супеси и др.) сейсмический эффект резко возрастает, причем тем больше, чем мощнее осадочные образования. По физико-механическим свойствам приповерхностные геологические образования (грунты) делятся на 4 категории, из которых наиболее благоприятными (наименьшее усиление сейсмического эффекта) являются грунты 1 категории, а наименее благоприятными (наибольшее усиление сейсмического эффекта) – грунты 4 категории. Физико-механические свойства грунтов первой категории характеризуются высокими плотностями и прочностью, в отличие от грунтов 4 категории, которые характеризуются низкой плотностью и рыхлостью. Чем выше

контрастность свойств различных слоев, слагающих приповерхностную часть геологического разреза, тем больше приращение сейсмических воздействий.

Сейсмический эффект возрастает при наличии определенной геометрии приповерхностных образований (рис. 2.1(5)). Наличие контрастных по физико-механическим свойствам включений в осадочных образованиях может создать большой эффект усиления сейсмических воздействий, за счет дифракции и фокусировки распространяющихся сейсмических волн от очага землетрясения (рис. 2.1(5а,б,в)). Топография поверхности (холмы, утесы, каньоны рек и др.) создает усиление сейсмического воздействия (рис. 2.1(5г)).

В областях, прилегающих к очагу землетрясения, обычно наблюдаются нелинейные усиления сейсмического эффекта.

Для изучения приращения сейсмического эффекта в диапазоне частот, интересующих инженеров-проектировщиков 0.2-20 Гц, используются разные



**Рис.2.1(5)** Схемы местных геологических и геоморфологических условий, усиливающих сейсмический эффект (Bard, 1995): а, б, в – контрастные границы и г – топография поверхности, усиливающая сейсмический эффект.

подходы, в зависимости от важности района исследования, имеющейся в наличии базы данных, сроков решения задачи, степени урбанизации района работ, финансовых возможностей.

Проведенное в полном объеме сейсмомикрорайонирование должно завершиться получением карты районов (зон) максимального приращения ускорений грунта ( $\Delta g_{\max}$ ) на соответствующей частоте ( $f_{\max}$ ), в диапазоне частот 0.2-20 Гц, по всей территории исследований (рис. 2.1(6)). Кроме этого, к карте сейсмомикрорайонирования должны быть приложены приращения ускорений грунта по всему диапазону частот 0.2-20 Гц на выделенных по карте зонах.

Для сейсмомикрорайонирования обычно используются: 1) анализ данных, имеющихся по району работ; 2) экспериментальные (полевые) исследования в районе работ; 3) численное математическое моделирование и расчет основных параметров приращения сейсмических воздействий.

Во всех случаях, при любых подходах и методах исследований требуется знание: 1) строения приповерхностной части геологического разреза на глубину порядка 30 м; и 2) приращения сейсмического эффекта на поверхности земли, при прохождении сейсмических волн через данный геологический разрез.

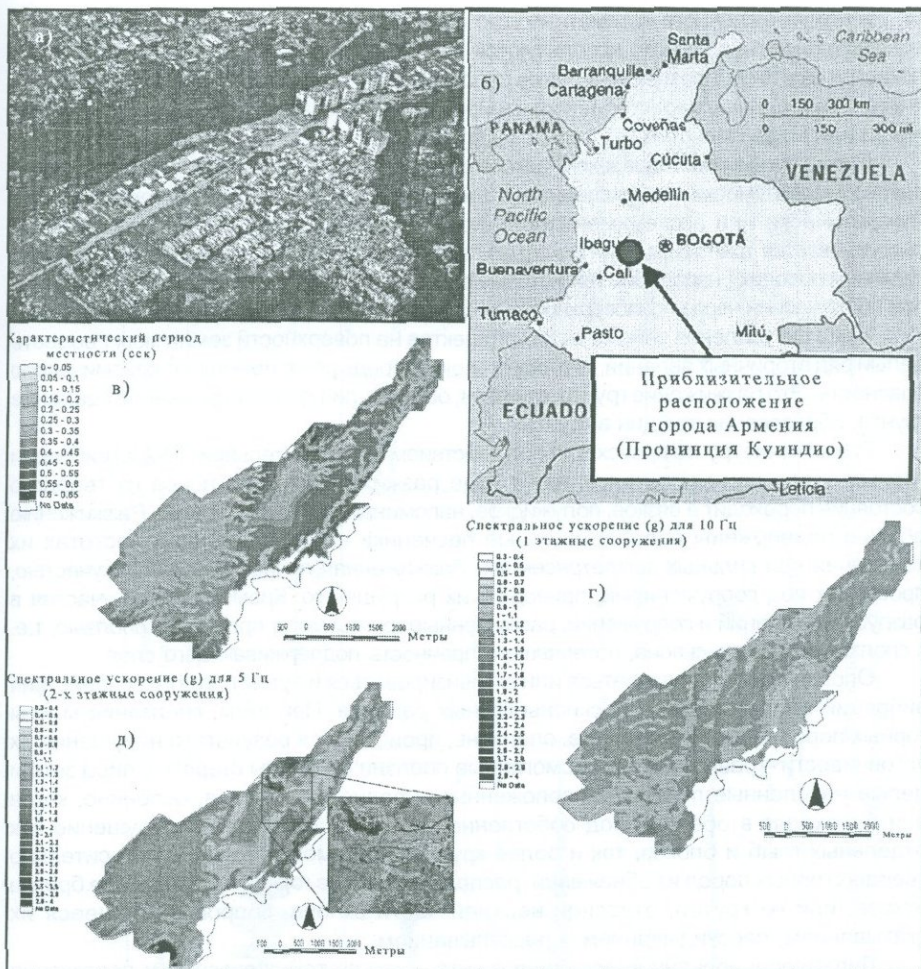
Строение приповерхностной части геологического разреза определяют путем: 1) специальных инженерно-геофизических зондирований геологической среды на глубину до 30 м, с целью детального расчленения геологических образований; 2) бурения скважин, проходки каналов и шурфов, для точного определения границ расчлененных слоев и отбора образцов горных пород, с целью определения их физико-механических свойств; 3) инженерно-геологической съемки поверхности района работ в масштабе 1:5000 - 1:25000 (в зависимости от поставленной задачи), с целью выделения различных типов грунтов и отбора проб; 4) геологической съемки, с целью выявления активных разрывов (в детальном масштабе 1:5000-1:25000), с которыми связаны очаги землетрясений.

Приращение сейсмического эффекта определяется либо полевыми (экспериментальными) наблюдениями, либо численным математическим моделированием.

Полевые наблюдения выполняются путем записи спектров ускорений грунта акселерометрами и сопоставления спектральных отношений на коренных обнажениях пород относительно осадочных образований. При этом необходимо набрать статистику, соответствующую как минимум пяти сейсмическим событиям. Учитывая относительную редкость сейсмических событий часто используют мощные вибромашины для имитации и возбуждения сейсмических волн. Другим методом является использование микротремеров (микросейсмических шумов), которые постоянно действуют от различных природных и техногенных источников (ветер, движение транспорта и др.).

Микротремеры нашли особенно широкое использование в Японии под названием метода Накамуры. Кроме определения приращения сейсмического эффекта, японские ученые-сейсмологи на основе регистрации микротремеров разработали метод изучения геологического строения районов.

Учитывая то, что в пределах городов и других интенсивно урбанизированных объектов невозможно проведение геофизических зондирований, проходки каналов и шурфов, геологического и инженерно-геологического картирования, становится понятной ценность разработки японских ученых, которую начали использовать и в НССЗ при Правительстве РА.



**Рис. 2.1(6)** Сейсмическое микрорайонирование г. Армения, Колумбия (Slob et al., 2002):  
 а) район г.Армения, сильно пострадавший от землетрясения 25 января 1999г ( $M=6.1$ , Колумбия);  
 б) расположение г. Армения в Колумбии;  
 в) характеристический период местных грунтовых условий (в секундах);  
 г) пространственное распределение спектральных ускорений (в Галлах) для 10Гц;  
 д) пространственное распределение спектральных ускорений (в Галлах) для 5Гц, Наблюдается большая разница в величине ускорений с картой, построенной для 10Гц (рис. 2.1(бг)), с явным сдвигом в область наибольших сейсмических воздействий. Увеличенная картина показывает большую разницу в ускорениях на относительно малой площади.

Методы численного математического моделирования приращения сейсмического эффекта особенно широко используются в США. Один из них – программа SHAKE, позволяющая оценивать приращение сейсмического эффекта на поверхности земли и все спектральные характеристики – широко использовался в практической работе НССЗ при Правительстве РА (рис. 2.1(7)).

Суть численных методов заключается в решении прямой задачи – задан геологический разрез (теоретически или экспериментально полученный), дается акселерограмма (теоретически или экспериментально полученная на коренных породах), затем рассчитывается трансформация исходной сейсмической волны, создающей ускорения в коренных породах (наподобие тех, которые выражены в виде исходной акселерограммы) при прохождении через приповерхностные слои верхней части геологического разреза.

Мощные усиления сейсмических эффектов на поверхности земли могут вызвать целый ряд вторичных явлений, которые в свою очередь резко повышают сейсмическую опасность. Это разжижение грунта, оползни, обвалы, дифференцированное оседание грунта, образование трещин в грунтах.

Разжижение грунта происходит под действием продолжительной (10-20с) вибрации горных пород при землетрясении. В ходе разжижения грунта почва из твердого состояния переходит в вязкое, полужидкое, напоминающее зыбкий песок. Разжижению обычно подвержены водонасыщенные песчаники на определенных частотах их колебания при сильных землетрясениях. Разжиженная почва, обладая текучестью, проседает под сооружениями, приводя к их разрушению. Кроме прямого участия в разрушении зданий и сооружений, разжиженные грунты могут привести к оползнию, т.е. к сползанию целого склона, потерявшего прочность поддерживающего слоя.

Оползни могут образоваться или активизироваться и путем прямого воздействия вибраций землетрясения на склоны горных районов. При этом, сползание массы горных пород вниз по склону, т.е. оползень, происходит в результате нарушения их устойчивости – равновесия. Сейсмогенные оползни способны стереть с лица земли целые населенные пункты, расположенные у подножья склонов, особенно, когда они переходят в обвалы. Под собственно обвалами понимается обрушение как отдельных глыб и блоков, так и более крупных объемов твердых и относительно твердых горных пород из обнажений, расположенных на горном склоне выше бровки откоса, или из крутой, отвесной верхней части склона, сопровождающееся их скатыванием, опрокидыванием и раскалыванием.

Дифференцированное оседание грунта – это другой серьезный и достаточно частый вид угрозы при землетрясениях. При вибрации грунта от землетрясения частицы его уплотняются. Когда общий объем почвы уменьшается, земля оседает, образуя провалы. Из-за проседания участки земли наклоняются, растрескиваются и разламываются, вызывая повреждение домов, дорог, мостов и трубопроводов. Дифференцированное оседание может привести к образованию трещин грунта, которые в свою очередь создают угрозу для построенных на них сооружений.

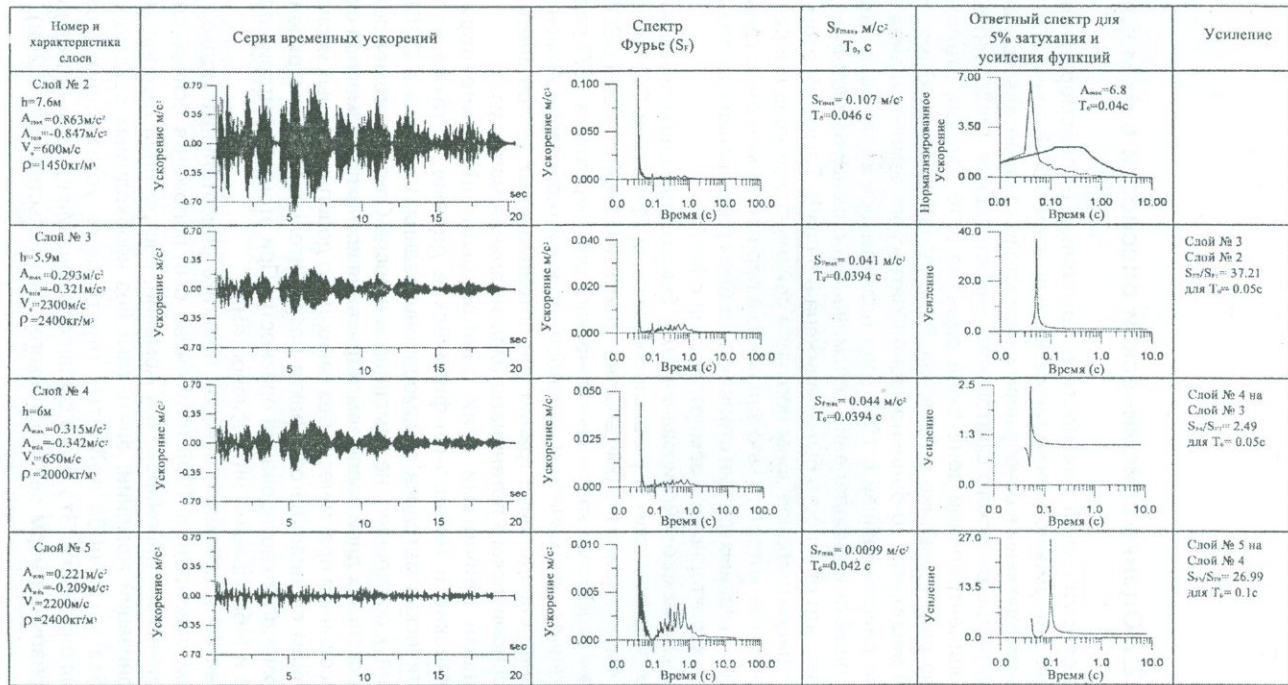


Рис. 2.1(7) Определение приращения сейсмического эффекта (программа SHAKE) на площадке Армянской АЭС, путем решения обратной задачи для четырехслойной среды. (Balassanian et al., 2001)

## 2.2 Оценка сейсмической опасности в Армении

Оценка сейсмической опасности в Армении, т.е. сейсморайонирование, производилась детерминистически так же, как и во всем СССР, начиная с 1939 года. Эти карты были положены в основу норм сейсмостойкого строительства республики.

После катастрофического Спитакского землетрясения 1988г., интенсивность которого в эпицентральной зоне была оценена в 10 баллов, стало ясно, что сейсмическое районирование в Армении было выполнено с грубыми ошибками. Из рис.2.2(1) видно, что 10-балльная зона Спитакского землетрясения 1988 года (г. Спитак) по действовавшей с 1978 года нормативной карте была оценена в 7 баллов, т.е. ошибка в определении сейсмической опасности составила 3 балла. А это означает, что опасность была занижена в 6 раз(!). Таким образом, здания и сооружения эпицентральной зоны получили сейсмический удар в 6 раз сильнее, чем то воздействие, которое было заложено в проектируемое строительство. Это и стало одной из главных причин столь масштабных разрушений и многочисленных жертв, что не характерно для землетрясений с  $M=7.0$ .

Карта сейсмического районирования 1978г. была составлена коллективом авторов из различных академических и учебных организаций Армянской ССР и положена в основу норм сейсмостойкого строительства, утвержденных Госстроем СССР.

Главными ошибками карты сейсмического районирования 1978 года были:

- заниженная сейсмическая опасность по всей территории Армении,
- неверное определение границ зон потенциальных очагов землетрясений (ПОЗ) и их сейсмического потенциала (максимальная магнитуда).

Основными причинами этих ошибок были неудовлетворительные сейсмологические и геолого-геофизические данные, а также устаревшая детерминистическая методика сейсморайонирования, принятая в СССР.

Ситуация, к сожалению, не изменилась и после Спитакского землетрясения. В течение нескольких дней после землетрясения возникла временная схема (рис. 2.2(2)), нарисованная практически без каких-либо дополнительных исследований, за исключением свершившегося факта разрушительного землетрясения, и без принятой технологии картирования опасности. При этом, территория республики покрылась 8 и 9-балльными интенсивностями.

Не принятый в сейсмологической практике описательный подход к оценке сейсмической опасности в 1995 году вновь был положен в основу следующей карты сейсмического районирования Армении, построенной группой авторов из разных организаций Армении, опять-таки без необходимых сейсмологических данных и без каких-либо принятых (пусть даже устаревших) технологий картирования опасности. Эта карта была положена Минградом Армении в основу новых национальных норм сейсмостойкого строительства (рис. 2.2(3)).



**Рис. 2. 2(1)** Карта сейсмического районирования территории Армении, составленная в 1978 г. (до Спитякского землетрясения 1988г.) детерминистическим методом. (Габриелян и др, 1978)

После этого, в период с 1995 по 1998гг., НССЗ при Правительстве РА на основе новейших данных и передовых технологий разработала первую вероятностную карту сейсмического районирования территории Армении (рис. 2.2(4)).

Построение вероятностной карты сейсмического районирования состояло из четырех основных, последовательно реализуемых этапов:

1. создание унифицированной базы данных, включающей каталог землетрясений за все периоды – доинструментальный (20000 до Р.Х.-1899), раннеинструментальный (1900-1961), инструментальный (1962-1995), все современные качественные геолого-геофизические данные, позволяющие разработать модель зон потенциальных очагов землетрясений (ПОЗ);

2. разработка модели и выделение зон ПОЗ с определением их максимального сейсмического потенциала (максимальная магнитуда);



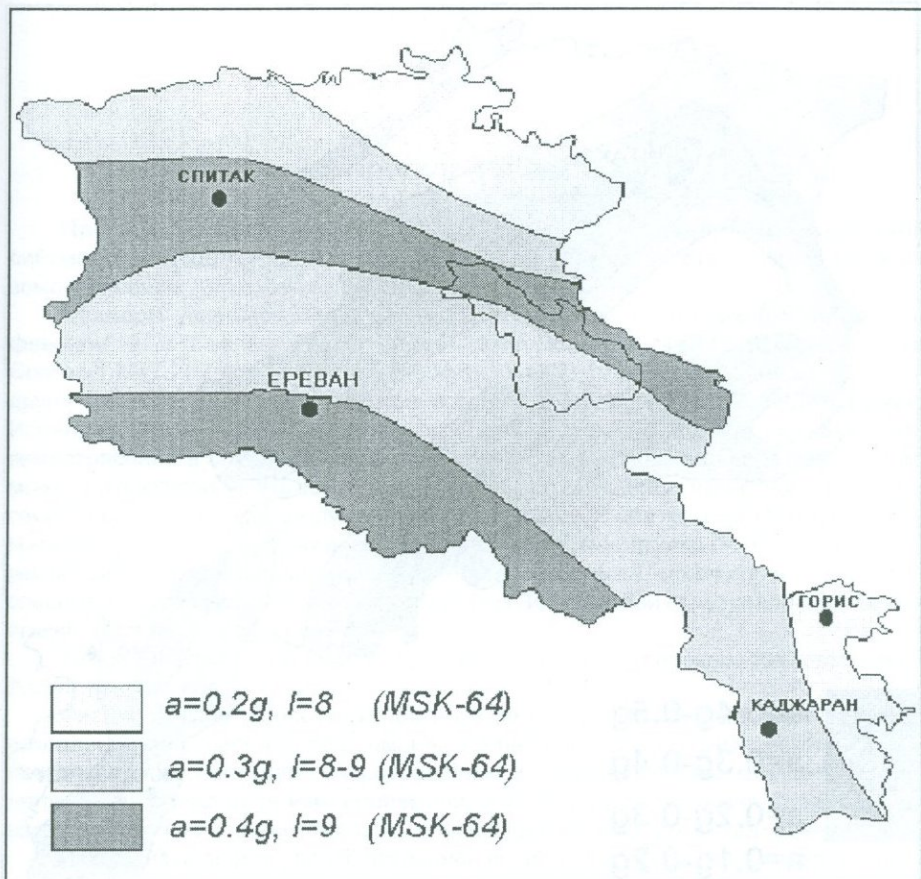
**Рис. 2. 2(2)** Схематическая детерминистическая карта районирования территории Армении, составленная в 1989 г. после Спитакского землетрясения 1988г. (Шебалин и др., 1989)

3. установление закона затухания сильных движений поверхности земли, вызванных землетрясением с очагом, расположенным в выделенных зонах ПОЗ;

4. расчет сейсмической опасности, с высокой вероятностью, от выделенных зон ПОЗ по всей исследованной территории, с получением максимально возможных ускорений поверхности земли в каждой точке исследуемого пространства за заданный период времени.

В новой вероятностной карте был использован Национальный каталог землетрясений, составленный НССЗ при Правительстве РА, на базе всех существовавших каталогов Армении, Кавказа, Турции и Ирана. Национальный каталог включил 17900 землетрясений, начиная с 20 тысячелетия до Р.Х.

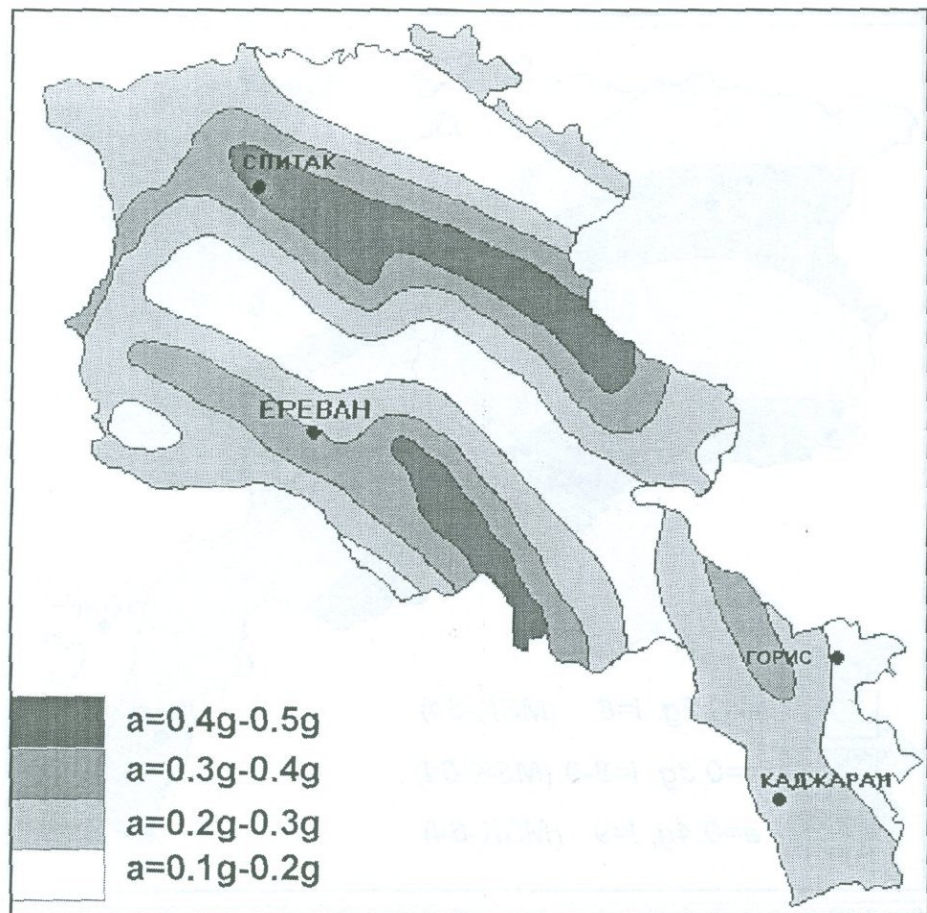
Новая карта сейсмического районирования, соответствующая всем международным стандартам, была утверждена НССЗ при Правительстве РА в 1998г. и передана Минграду



**Рис. 2. 2(3)** Схематическая детерминистическая карта районирования территории Армении, составленная в 1995 г. (Хачиян и др, 1995)

Армении для использования ее как официально утвержденного документа в нормах сейсмостойкого строительства. Торжественная церемония передачи карты от начальника НССЗ при Правительстве РА проф. С. Ю. Баласаняна министру Минграда РА Ф. А. Пирумяну состоялась на 2-ой Международной конференции, посвященной 10-летию Спитакской трагедии 1998 года.

Из приведенной карты (рис. 2.2(4)) видно, что территория Армении делится на четыре зоны сейсмической опасности, выраженной в долях ускорения силы тяжести: 0.1g-0.2g; 0.2g-0.3g; 0.3g-0.4g; 0.4g-0.5g. При этом, 0.2g приблизительно соответствует 8-балльной опасности землетрясения; 0.2g-0.3g – 9 баллам, а 0.5g – 10 баллам. Вероятностная карта составлена в масштабе 1:500000 с 90% вероятностью превышения величин указанных ускорений силы тяжести за период времени в 500 лет.



**Рис. 2. 2(4)** Вероятностная карта сейсмического районирования территории Армении (вероятность превышения в течении 500 лет указанных значений  $g$  составляет 10%). (Balassanian et al., 1999b)

Новая карта является детальным фрагментом карты сейсмической опасности территории Крым-Кавказ-Копетдаг (рис. 2.1(2)), которая в свою очередь представляет собой фрагмент мировой карты сейсмической опасности, принятой ЮНЕСКО (рис.2.1(1)).

Вероятностная карта сейсмического районирования РА, утвержденная НССЗ при Правительстве РА, положена в основу двух Государственных Программ по снижению сейсмического риска на территории Армении и г.Еревана, утвержденных Правительством РА в июне 1999 года, а также в основу Государственной Программы расселения населения РА.

## 2.3 Прогноз землетрясений

Прогноз землетрясений является сложнейшей задачей современной сейсмологии. Под прогнозом понимают предсказание места, силы и времени землетрясения.

Примеры успешного краткосрочного прогноза землетрясений в Китае — 4 февраля 1975г. Хайченг,  $M=7.3$ ; 29 мая 1976г. Лонглинг,  $M=7.4$ ; 16 августа 1974г. Сонгаан,  $M=7.2$ ; 7 ноября 1976г. Янджуан,  $M=6.7$ ; 16 мая 1982г. Ганзи,  $M=6.0$ , и другие, а также успешные прогнозы в ряде других стран (СССР, США, Японии, Исландии, Армении) показали, что существует реальная возможность прогноза землетрясений в случае благоприятных условий. Следовательно, вопрос о том, можно ли прогнозировать землетрясения или нет, по мнению известного японского сейсмолога Касахары, следует отныне ставить в более точной формулировке. Например: землетрясения какого типа прогнозируемы?, или какой тип землетрясений, требующих предварительного прогноза, можно предсказать при современных прогностических возможностях?, или за какой отрезок времени можно предсказать землетрясение?

Таким образом, сегодня и очевидно всегда в будущем *прогноз землетрясений будет носить вероятностный характер.*

Физической предпосылкой прогноза является предположение о том, что накопление колоссальных деформаций в горных породах до критического уровня, после которого наступает их разрушение и, соответственно, землетрясение, должно сопровождаться изменением физических и других свойств горных пород, которые можно зарегистрировать современными методами наблюдений.

Исходя из подобной, подтвержденной на практике, предпосылки, вероятность прогноза зависит от многих факторов, главными из которых являются:

– тип прогноза (долгосрочный, среднесрочный, краткосрочный, оперативный);

– благоприятные, хорошо изученные физико-геологические условия;

– многовековая представительная статистика сейсмических событий;

– многолетний многопараметровый плотный мониторинг литосферы с круглосуточной передачей информации в реальном масштабе времени в единый центр сбора, обработки и анализа данных;

– многолетний ретроспективный анализ данных многопараметрового мониторинга литосферы, атмосферы, гидросферы, с изучением пре-, ко-, пост-сейсмических изменений геологической среды для каждого сейсмического события;

– профессиональный уровень ученых, занятых в прогнозе.

## Тип прогноза

Этот фактор играет особую роль, т.к. известно, что вероятность долгосрочного (более 10 лет) и среднесрочного (от 1 до 10 лет) прогнозов гораздо выше, чем краткосрочного (от 1 недели до 1 года) и оперативного (от 1 часа до 1 недели).

*Долгосрочный прогноз* основан на изучении повторяемости сильных землетрясений в сейсмоактивных зонах.

Повторяемость землетрясений определяется путем изучения статистики сейсмических событий. Чем продолжительнее, т.е. представительнее статистика, тем точнее определяется период повторяемости землетрясений и, соответственно, время до следующего сейсмического события определенной силы.

Место следующего сильного землетрясения устанавливается по данным изучения активных геологических структур, с которыми связаны прошлые землетрясения и которые являются потенциальными источниками для последующих сейсмических событий.

Чем длительнее период времени, на который делается долгосрочный прогноз, тем выше его вероятность. Так, при прогнозе на 50, 100 и более лет, который и есть сейсмическое районирование, вероятность прогноза достигает 0.9. При сейсмическом районировании изучаемая территория делится на районы с максимально возможным по силе землетрясением (для каждого выделенного района) за заданный период времени (50, 100 и более лет).

Карты сейсмического районирования, утвержденные государственными сейсмическими службами, являются стратегической основой для устойчивого развития государств, расположенных в сейсмоактивных зонах. Устойчивое развитие государств подразумевает правильное землепользование с учетом сейсмической опасности, адекватное градостроительство, правильное расселение людей и расположение объектов жизнеобеспечения, страхование и многое другое.

Таким образом, долгосрочный прогноз на уровне сейсмрайонирования, который делается с высокой вероятностью (более 0.9), способен решить фундаментальную проблему защиты населения от сильных землетрясений.

Чем короче период долгосрочного прогноза (ближе к нижнему пределу — 10 лет), тем ниже его вероятность, которая, однако, и в этом случае остается относительно высокой. По данным известного российского сейсмолога Г. А. Соболева, вероятность такого долгосрочного прогноза, как и среднесрочного, составляет 0.7-0.8 (Соболев, 1993).

*Среднесрочный, краткосрочный и оперативный прогнозы* основаны на установлении связи между пре-сейсмическими изменениями физических свойств литосферы, называемых иначе *предвестниками* землетрясений, и прогнозируемыми характеристиками землетрясения — место, сила и время готовящегося сейсмического события. Предвестники землетрясений — это, по существу, аномальные сейсмогенные отклонения физических, физико-химических, химических характеристик литосферы от их нормальных значений в период подготовки сейсмического события.

К предвестникам землетрясений относятся смещения земной поверхности, наклоны и деформации, изменения уровня воды в колодцах и скважинах,

изменения скоростей распространения сейсмических волн, изменения содержаний радона, гелия и других химических элементов в подземных водах; вариации геомагнитных, геоэлектрических и других геофизических характеристик. К предвестникам сильных землетрясений относятся и характерные изменения сейсмического режима региона - образование зон сейсмического затишья, где вместо нормального выделения сейсмической энергии в виде не сильных землетрясений происходит ее накопление без обычных сейсмических событий; форшоки, т.е. относительно слабые сейсмические толчки, предшествующие сильному землетрясению; резкое повышение сейсмической активности в определенных локальных зонах (рой землетрясений) и другие.

К предвестникам землетрясений относятся и различные явления, многократно наблюдавшиеся перед сильными землетрясениями - свечение неба и другие атмосферные эффекты; аномальное поведение животных и людей; другие явления, связанные с биосферой.

Предвестники, используемые для среднесрочного прогноза, применимы для краткосрочного и оперативного прогнозов.

В основе среднесрочного, краткосрочного и оперативного прогнозов лежат различные модели подготовки землетрясений. Наиболее признанными сегодня являются дилатансионно-диффузионная (ДД) модель и модель лавинно-неустойчивого трещинообразования (ЛНТ).

ДД модель, предложенная Андерсоном и Уайтнэнбом на основе представлений Шольца, Сакса и Аггарвала, исходит из явления *дилатансии*, т.е. неупругого увеличения объема насыщенных водой горных пород под действием приложенных напряжений в сейсмоактивной зоне.

Проведенные лабораторные эксперименты (рис. 2.3(1)) хорошо демонстрируют явление дилатансии в образцах горных пород.

Из рис. 2.3(1) видно, что когда сжимающее напряжение в образце достигает примерно половины хрупкой прочности (вертикальная штриховая линия на рис. 2.3(1)), образец начинает растрескиваться и плоскости образующихся при этом трещин ориентируются приблизительно параллельно плоскости наименьшего сжимающего напряжения. С ростом напряжения сначала растут отдельные микротрещины, а затем они сливаются в одну или несколько магистральных трещин на финальной стадии разрушения. Из нижнего графика на рис. 2.3(1) видно, что при трещинообразовании, начиная с определенного момента, заметно возрастает акустическая эмиссия (т.е. высокочастотные звуковые импульсы, вызванные микрорастрескиванием), которая стремится к бесконечности, когда напряжения превышают 95% уровень разрушающего (критического) напряжения.

Увеличение микроразрушений, сопровождаемое ростом акустической эмиссии, приводит к увеличению числа пор и, соответственно, к увеличению объема горной породы в процессе дилатансии, характеризуемого параметром  $\Delta V/V_0$ . В представленном примере 100% разрушающему напряжению соответствует величина  $\Delta V/V_0$  равная 0.3%. В процессе трещинообразования, с ростом напряжения, меняются и другие характеристики среды, в частности электросопротивление и скорость распространения упругих волн  $V_p$  (рис. 2.3(1)). Примечательно, что влияние дилатансии на скорость волн носит анизотропный характер.



**Рис. 2.3 (1)** Изменения физических свойств гранита под действием сжимающего напряжения. Испытания проводились на граните Уэстерли при давлении обжима порядка нескольких килобар. По оси абсцисс – доля (в процентах) от напряжения при разрушении. (Символы || и  $\perp$  обозначают соответственно компоненты скорости волны, параллельную и перпендикулярную оси сжимающего напряжения.) (Brace, 1968; Scholz, 1968).

На рис. 2.3(2) показаны изменения различных физических свойств среды на пяти стадиях (I-V) дилатансионного сейсмического цикла.

ЛНТ- модель, или как её еще называют ИФЗ-модель, по названию Института физики Земли Российской Академии Наук, где эта модель была впервые предложена Мячкиным и другими (Mjachkin et al., 1975), основана на следующих положениях:

1. разрушение статистически неоднородных материалов вызвано увеличением числа и размера трещиноподобных дефектов;
2. дефекты такого рода могут развиваться с течением времени при приблизительно постоянном напряжении, и скорость их образования увеличивается с увеличением напряжения;
3. полная деформация складывается из внутренней упругой деформации и деформации, связанной с относительным смещением бортов трещин;
4. макроразрушение (магистральный разлом) является результатом лавинообразного роста трещин и вызванной им неустойчивости, которая наступает при определенном уровне плотности трещин;
5. образование магистрального разлома ведет к падению уровня напряжений в окружающем материале; в результате рост новых дефектов прекращается и число активных трещин уменьшается;
6. процесс трещинообразования слабо зависит от масштаба.

В ЛНТ-модели среда делится на две зоны: зону будущего растрескивания (А) и окружающую ее зону будущего падения напряжений (В). На рис. 2.3(3) показаны

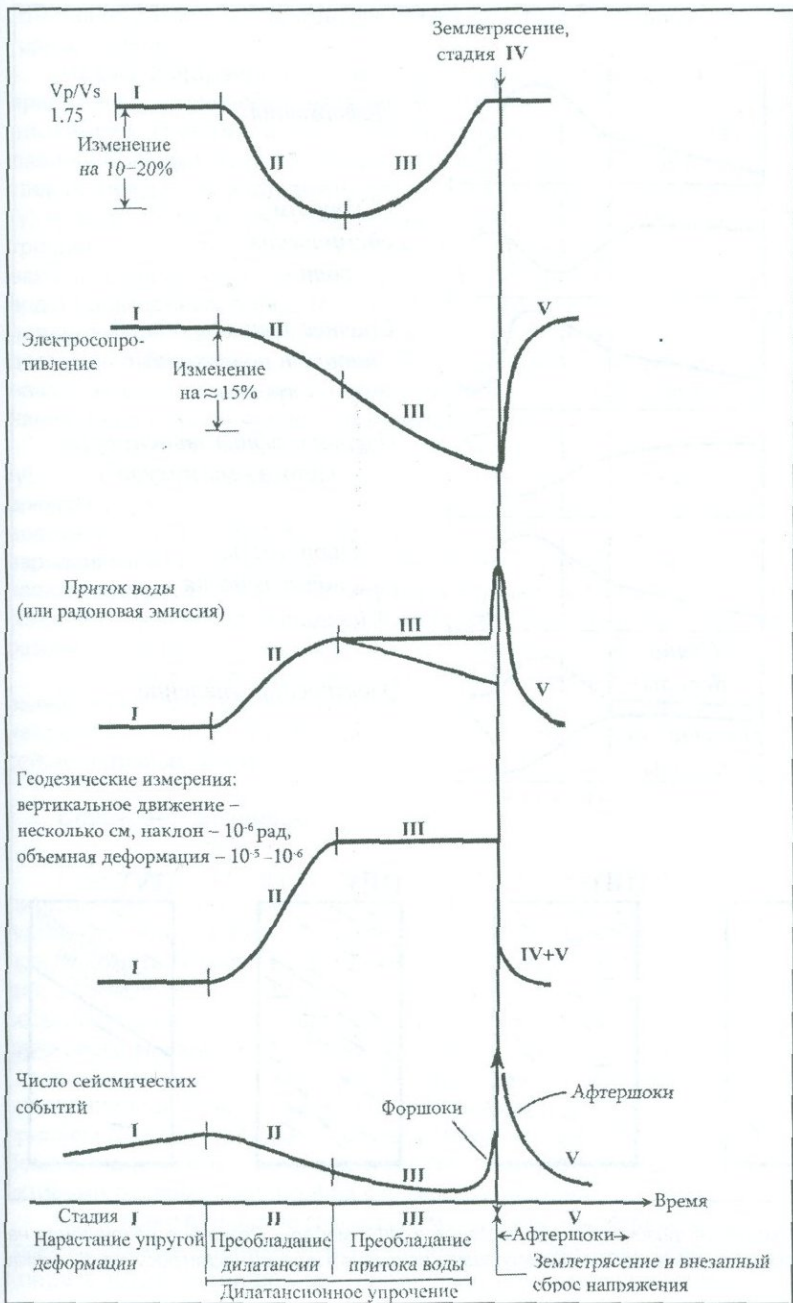


Рис. 2.3(2) Изменения физических параметров в дилатансионно-диффузионной модели. Римскими цифрами обозначены различные стадии сейсмического цикла. (Scholz et al., 1973)



Рис. 2.3(3) Изменения физических параметров в ИФЗ-модели. Развитие разрушения в четырех основных стадиях сейсмического цикла показано в нижней части рисунка. (Mjачкин et al, 1975)

изменения различных параметров среды на четырех основных стадиях разрушения горных пород.

Из рис. 2.3(3) видно, что на стадии I растрескивание по всей зоне, к которой приложены тектонические напряжения, статистически однородно. При увеличении плотности трещин, выше некоторого критического уровня, начинается лавинообразный процесс трещинообразования, в результате взаимодействия трещин между собой (стадия II). Это ведет к быстрому росту скорости деформации ( $\dot{\gamma}$ ) и пористости ( $E$ ), а также среднего значения общей площади поверхности трещин ( $E^{2/3}$ ). В то же время на стадии II падает скорость сейсмических волн, наклон графика зависимости частота-магнитуда, электрическое сопротивление воды насыщенных пород ( $c_{эф}$ ) (в сухих породах электрическое сопротивление повышается). Дальнейшее повышение напряжений ведет к образованию достаточно больших, одинаково ориентированных трещин в узкой зоне А, т.е. к началу неустойчивого растрескивания (стадия III) и, соответственно, к падению напряжений и деформаций в окружающей зоне В.

На стадии III наблюдается вначале увеличение, а затем падение деформаций ( $\dot{\gamma}$ ), пористости ( $E$ ), среднего значения общей площади поверхности трещин ( $E^{2/3}$ ), электрического сопротивления в сухих породах ( $c_{эф}$ ). В то же время наблюдается восстановление скорости распространения упругих волн, с бухтообразными вариациями в конце стадии III, и уменьшение угла наклона графика зависимости частота-магнитуда, а в водонасыщенных породах падение удельного электрического сопротивления. Вслед за стадией III наступает стадия формирования магистрального разрыва, в результате быстрого роста основных трещин в зоне А (стадия IV).

*Общая стратегия прогноза землетрясений базируется на поэтапном выявлении долго-, средне-, краткосрочных и оперативных предвестников путем непрерывных многопараметровых наблюдений за состоянием земной коры в сейсмоактивных зонах.*

### **Спусковой механизм**

Поскольку накопление деформаций в горных породах в зонах взаимодействия литосферных плит происходит не бесконечно, а до какого-то критического уровня, после которого наступает разрыв, т.е. разрушение горной породы, то логично предположить, что какое-либо внешнее физическое воздействие на «созревшую» для разрыва зону подготовки землетрясения может ускорить сейсмическое событие, сыграв тем самым роль триггера, т.е. «спускового механизма». Роль спускового механизма при землетрясениях могут играть атмосферные явления (резкое изменение атмосферного давления и другие); заполнение водой водохранилищ, отчего возрастает давление на горные породы; гравитационные приливы Луны и Солнца; другие землетрясения, приводящие в колебание Землю; подземные ядерные и другие сильные взрывы; закачка воды в активные разломы, другие физические воздействия.

Чаще всего в качестве спускового механизма землетрясений рассматривались гравитационные приливы Луны и Солнца. Дж. Беркланд, геолог из округа Санта-Клара в штате Калифорния, предложил понятие «сейсмического окна» для

обозначения периода времени, когда, по его мнению, наиболее вероятно землетрясение под действием приливных деформаций в земной коре. В качестве «окна» он рассматривал восьмидневный период, следующий за сизигием, т.е. ситуацией, когда Солнце, Луна и Земля выстраиваются по одной прямой. Сизигии наступают при новолунии или полнолунии, и в это время земная кора испытывает максимальные приливные деформации. По данным сейсмологов из Геологической Службы США, проверивших эту гипотезу на сотнях землетрясений, гипотеза Дж. Беркланда не подтвердилась. Вероятно, отрицательный результат был связан с тем, что сизигии могут вызвать сейсмическое событие только в том редком случае, когда горные породы «созрели» для разрыва.

### **Благоприятные, хорошо изученные физико-геологические условия**

Благоприятными являются те физико-геологические условия, при которых хорошо проявляются предвестники землетрясений, выраженные в пре-сейсмических изменениях физических свойств в зонах подготовки сильного землетрясения.

К наиболее благоприятным условиям относятся зоны коллизии литосферных плит, где региональное сжатие сопровождается образованием сложных крупных разрывов с приповерхностными очагами землетрясений, образование которых сопровождается хорошо проявленными предвестниками на большой площади. В зонах коллизии расположены Китай, государства Кавказа, включая Армению, и др.

К менее благоприятным условиям относятся зоны субдукции, где региональное сжатие сопровождается образованием сложных мелких разрывов, с достаточно глубокими очагами землетрясений, образование которых сопровождается предвестниками землетрясений на малых, ограниченных площадях. В зонах субдукции расположены Япония, государства Океании, частично Греция и др.

Наиболее неблагоприятные условия характерны для трансформных разломов, где региональные силы приводят к сдвигу по разлому, с достаточно глубокими очагами землетрясений, образование которых вдоль линии разлома приводит к небольшому количеству плохо проявленных предвестников вдоль узкой линии разлома. В зонах трансформного разлома расположены США, страны Латинской Америки, Турция и др.

**Многовековая представительная статистика сейсмических событий** тесно связана с историей и культурой государств, расположенных в сейсмоактивных зонах. Именно поэтому каталоги сильных землетрясений Китая, Армении, Ирана, Греции, Италии и других стран с многовековой историей включают не только инструментально зарегистрированные землетрясения, начиная с XX века, как, к примеру, в США, но и те сильные сейсмические события, которые произошли в историческом прошлом. К примеру, в Армении, начиная с 20-го тысячелетия до Р.Х. Помимо исторических землетрясений, описания которых можно обнаружить в многовековых летописях государств, имевших раннюю письменность и высокий

уровень цивилизации, в каталоги сильных землетрясений включают и доисторические сейсмические события, которые обнаруживаются на основе специальных палеосейсмологических исследований, основанных на обнаружении разрывных нарушений прошлого, погребенных под осадочными образованиями.

Итак, чем больше период времени, за который имеются сведения о землетрясениях, тем точнее можно прогнозировать вероятность будущих землетрясений. Подобные оценки используются при долгосрочном прогнозе землетрясений (статистический прогноз).

**Многолетний, многопараметровый, плотный мониторинг литосферы с круглосуточной передачей информации в реальном масштабе времени в единый центр сбора, обработки и анализа данных** необходим для обнаружения долгосрочных, среднесрочных, краткосрочных и оперативных предвестников землетрясений.

*Многолетние* наблюдения обеспечивают хорошую, представительную статистику данных. *Многопараметровость* необходима по той причине, что сейсмогенность пре-сейсмических изменений, т.е. предвестники землетрясений, могут быть уверенно выделены только по комплексу признаков, т.к. изменение каждого параметра (признака) может быть связано с разными действующими факторами. *Плотный* мониторинг должен обеспечить такое количество наблюдательных пунктов, которое бы охватило все элементы неоднородной геологической среды, где проявление предвестников землетрясений различно из-за различной чувствительности среды к накоплению напряжений - от высокочувствительных энергоактивных точек, в которых проявляются даже земные приливы, до нечувствительных зон, в которых нет изменений даже при близко расположенных очагах подготовки землетрясений. *Круглосуточность* передачи информации обеспечивает выявление аномалий различных геофизических полей в их суточных вариациях, т.к. большинство краткосрочных и оперативных предвестников проявляются именно в суточных циклах. *Реальный* масштаб времени при передаче информации необходим для своевременного обнаружения краткосрочных и оперативных предвестников. *Единый* центр сбора, обработки и анализа данных позволяет концентрировать всю информацию в одном месте, что резко повышает эффективность комплексной интерпретации данных мониторинга.

Интересно отметить, что только в Китае и Армении (с 1991 по 2002 года) удалось добиться создания сетей наблюдения, удовлетворяющих вышеприведенным требованиям. Во всех же остальных странах, даже таких, как США и Япония, сети наблюдений разрознены, неоднородны с различными центрами обработки информации, т.к. подчинены разным ведомствам и частным организациям. Это по мнению самих американских и японских сейсмологов заметно ухудшает эффективность прогностического мониторинга.

**Многолетний ретроспективный анализ многопараметрового мониторинга литосферы с изучением пре-, ко-, пост-сейсмических изменений геологической среды при каждом сейсмическом событии** позволяет создать тесты известных землетрясений, с целью разработки распознающей экспертной

системы, в основу которой положен ретроспективный анализ и база знаний. В связи с отсутствием единых многопараметровых сетей мониторинга литосферы во многих странах, даже таких, как США и Япония, нет полных тестов прошедших землетрясений. Такие тесты сегодня имеются только в Китае и Армении. На них и основаны распознающие экспертные системы, созданные и эффективно действующие в государственных сейсмологических службах этих стран.

**Профессиональный уровень ученых, занятых в прогнозе**, - важный фактор, который учтен не во всех странах в равной мере. И это вновь связано с общей стратегией и тактикой прогноза в разных государствах. Там, где задача прогноза поставлена на уровень государственной службы, как, например, в Китае, профессиональный уровень ученых, занятых в этой сфере, действительно очень высок.

Армянские специалисты с 1991 по 2002 года готовились во всех крупнейших мировых сейсмологических центрах США, Японии, Германии и других передовых стран, что позволило аккумулировать в Армении опыт лучших школ мира.

### **Социальный аспект прогноза землетрясений**

Помимо сложного научного аспекта, прогноз землетрясений имеет и весьма ответственный социальный аспект, связанный с переходом информации о прогнозе землетрясения из научной плоскости в социальную, т.е. от ученых (прогноз) к политическому руководству страны (оповещение). Принятие неверного решения со стороны политического руководства страны может привести к тяжелым последствиям. В случае отказа от оповещения возможны огромные жертвы среди населения, т.е. то, что, к примеру, произошло при Таншанском землетрясении 1976 года в Китае. Несмотря на явные предвестники землетрясения, прогноз не решились объявить, поскольку это грозило остановкой промышленности перед предстоящими выборами в шахтерском городе с миллионным населением. В результате, последовавшее землетрясение унесло по официальным данным 240 тысяч жизней. Из мировой практики прогнозов известны и противоположные случаи, когда объявлялся ложный прогноз и это приводило к серьезным социальным, социально-психологическим, экономическим, правовым, политическим проблемам.

Анализ различных решений, реализованных в разных странах, показывает, что в принципе существуют два основных подхода.

Первый, реализованный в подавляющем большинстве стран, включая США и Японию, - это создание Комиссий по прогнозу землетрясений при представителях власти различного уровня - от губернатора до премьер-министра. Прогноз из научных подразделений и государственной сейсмологической службы передается в Комиссию по прогнозу землетрясений при представителях власти. Решение о раннем оповещении населения принимает представитель власти.

Главной проблемой такого подхода является то, что представитель власти не может сам оценить качество прогноза. Для него во всех случаях основным аргументом принятия решений является *политическая целесообразность*, которая, к сожалению, не всегда адекватна реальной сейсмической опасности и связанным с ней возможным потерям.

Второй подход для принятия решения об оповещении населения реализован в Китае и Армении (в период с 1991 по 2002 года) - создание специального органа госуправления типа Китайского Государственного Сейсмологического Бюро или Национальной службы сейсмической защиты при Правительстве РА, имеющих высокий государственный статус. Здесь информация от научных подразделений передается в Экспертный Совет, возглавляемый руководителем Службы, который непосредственно подчинен премьер-министру. Такая модель позволяет докладывать премьер-министру не только профессионально обобщенную информацию о возможном землетрясении, но и рекомендации по раннему оповещению населения.

Несмотря на общий подход к раннему оповещению населения в Китае и Армении, между Китайским ГСБ и Армянской НССЗ 1991-2002 годов существует и определенная разница.

В отличие от Китайского ГСБ, а также всех других государственных сейсмологических служб, НССЗ при Правительстве РА имело в своей структуре не только сейсмологическую службу, но и службы, направленные на снижение сейсмического риска – Центр сейсмостойкости зданий и сооружений, Центр по работе с населением, Силы быстрого реагирования.

Другой принципиальной разницей является то, что в НССЗ при Правительстве РА была разработана стратегия раннего оповещения, в форме контрмер, предпринимаемых Правительством адекватно уровню текущей сейсмической опасности. При этом оценка текущей сейсмической опасности базировалась на полученных промежуточных научных результатах в области прогноза землетрясений.

Таким образом, в Армении стратегия раннего (не срочного) оповещения базировалась не на прогнозе землетрясения, а на оценке текущей сейсмической опасности. Последнее отличается от прогноза тем, что не предъявляет строгих требований к определению места, силы и времени возможного землетрясения, а оценивает опасное изменение сейсмического режима региона, которое способно вызвать сильное землетрясение в той или иной его части.

Отмеченные выше отличия как по форме, так и по содержанию, в решении проблемы раннего (не срочного) оповещения через органы госуправления в разных странах непосредственно связаны со степенью сейсмической уязвимости разных государств, размерами территории, плотностью и численностью населения, уровнем экономического развития, политическим строем, национальным менталитетом, действующими законами, традициями решения задачи раннего оповещения и другими факторами второго порядка.

## **Прогноз землетрясений и шарлатанство**

В течение тысячелетий землетрясения и их предсказание были окружены многими легендами. Независимо от результатов научных исследований в области прогноза, параллельно с ними, практически в одном и том же виде в разных странах в разное историческое время существуют предсказатели землетрясений и различных катастроф, которые делятся на три группы:

– люди с серьезными нарушениями здоровья, обладающие повышенной чувствительностью к различным внешним физическим воздействиям, включая и изменения физических полей в период подготовки землетрясений; такие люди могут служить как бы естественными биопродвестниками с широким спектром реакции на резкие изменения внешних физических условий независимо от их источников, что естественно затрудняет выделение сейсмогенных воздействий от любых других;

– люди, склонные к мистике, ищущие признаки надвигающейся катастрофы в мистических знаках;

– искренне заблуждающиеся любители научных изысканий вроде тех, которые ищут спусковые механизмы землетрясений в «параде планет», что случается раз в 180 лет, когда Сатурн, Юпитер, Марс, Венера, Солнце и Земля оказываются почти на одной прямой, и в других планетарных явлениях;

– шарлатаны, как правило, с научными званиями в той или иной области (не имеющей прямого отношения к сейсмологии), где им так и не удалось достичь каких-либо серьезных результатов.

Последние действительно представляют собой серьезную опасность для общества. Во все времена и во всех странах побудительные мотивы и почерк этих людей одинаков. Неудовлетворенная амбиция, возможность легкой славы и быстрых дивидендов в случае удачи служат этим людям достаточно сильным побудительным мотивом для того, чтобы заниматься предсказаниями. Научный титул, неважно в какой области знаний, обычно служит убедительной для широкой публики ширмой, а предсказания строятся на «научных открытиях», в основе которых, как правило, лежит простая статистика землетрясений в том районе, где население особенно обеспокоено возможностью сильного сейсмического события. Так, каждые несколько месяцев кто-нибудь из шарлатанов «предсказывает» землетрясение в США (Калифорния), затем в Греции, Армении, Японии, Китае и других странах, расположенных в сейсмоактивных зонах, где повторяемость землетрясений достаточно частая. Например, в Армении ежемесячно, в среднем, происходит до 15 слабых землетрясений. Если прогнозировать на каждый день, то 50% таких «прогнозов» окажутся правильными, а если немного повезет, то и все 75%. В Японии, где трясет каждый день, шарлатан может предсказывать на все 100%. Разница заключается только в том, что информированность японца о землетрясениях гораздо выше, чем у армянина. Японец знает, что проблема прогноза касается сильных землетрясений, которые происходят в десятки тысяч раз реже, чем слабые землетрясения. Поэтому в японской прессе невозможно опубликовать «расписание» землетрясений с низкими магнитудами. Армянин же не знает этих принципов прогноза и не знает статистики землетрясений, поэтому, к примеру, армянская пресса может в свое удовольствие публиковать «расписания». При чем здесь пресса спросите вы? А дело в том, что шарлатаны действуют во всех странах в двух направлениях - сенсационные публикации предсказаний в прессе и письмо главе государства. Оба направления - единственный способ достижения быстрой славы и легких дивидендов в случае, если когда-нибудь такое «предсказание» оправдается. К несчастью, шарлатанство не невинная игра в рулетку: повезет - не повезет. Государство, расположенное в

сейсмоактивной зоне, всегда в ожидании следующего сильного землетрясения. В этой ситуации постоянные предсказания через прессу и другие средства массовой информации либо будут постоянно поддерживать нервное состояние общества, что имеет известные тяжелые последствия, либо приучат общество не реагировать ни на какие сигналы тревоги, что также может завершиться катастрофой.

Наиболее эффективный способ борьбы с шарлатанством - это повышение информированности общества со стороны профессиональных государственных сейсмологических служб и профессиональных общественных организаций.

### **Прогноз землетрясений и невежество**

Невежество, как и шарлатанство, а может, и в гораздо большей степени, если речь идет о высокопоставленном чиновнике, наносит ущерб не только развитию работ в области прогноза, но и практическому использованию уже полученных результатов.

Среди невежд бытует однозначное мнение, что прогноз землетрясений невозможен. При этом, как правило, делаются ссылки на мнения авторитетных ученых, скажем, Ч. Рихтера.

Ч. Рихтер действительно в середине XX века писал, что "возможность вполне определенных предсказаний является в лучшем случае лишь надеждой на отдаленное будущее, любое исследование опасности землетрясений должно быть в большей мере статистическим". Итак, во-первых, он не исключал возможность прогноза в "отдаленном будущем"; во-вторых, мы сегодня находимся в отдаленном будущем по отношению к тому времени, когда эти слова были произнесены Ч. Рихтером; в-третьих, прогноз сегодня основывается на статистике, как и считал Ч. Рихтер; в-четвертых, из мировой истории известно, что до многих фундаментальных достижений некоторые крупнейшие ученые и мыслители высказывали мнение об их невозможности: так было со строением и формой Земли, изобретением летательных аппаратов, передачей звука и изображения на большие расстояния, полетами в космос и многими, многими другими выдающимися открытиями.

Невежда не знает, к примеру, что в монографии "Методы прогноза землетрясений и их применение в Японии", написанной ведущими специалистами Японии в 1982г., в частности отмечается: "Хорошо известно, что в Китае прогноз уже успешно осуществляется на практике". В этой книге приводятся успешные прогнозы, сделанные в Японии. Об успешных прогнозах в США и СССР можно прочитать и в популярной книжке известных американских ученых Дж. Гира и Х. Шаха "Зыбкая твердь", и во многих других популярных, не говоря уже о профессиональных, публикациях, в частности, об успешных прогнозах землетрясений в Исландии, Греции и в Армении (в период с 1992-2002 годы).

Таким образом, утверждения невежд, со ссылкой на авторитетные мнения полувековой и более давности, о невозможности прогноза землетрясений не только искажают картину, но и вводят в заблуждение непосвященных людей.

Невежество, как правило, агрессивно и этим опасно, когда речь идет о любой сфере деятельности общества, а тем более о сейсмической защите государства.

Ведь официально объявить о невозможности прогноза землетрясений

означает не просто проявить невежество. За этим следует закрытие работ по прогнозу, что для развивающейся страны, у которой нет средств для тотального укрепления зданий в относительно короткие сроки, чревато новыми десятками тысяч жертв при следующем сильном землетрясении.

Разумеется, прогноз землетрясений в любой стране носит вероятностный характер, но это не означает, что раз нет 100% гарантий значит не нужно этим заниматься. И вообще нельзя противопоставлять различные элементы одной и той же цепи сейсмической защиты. Что важнее в машине – колеса или мотор? Думаем, каждый человек не задумываясь ответит – и то, и другое. То же самое можно сказать и о системе сейсмической защиты. Только невежда, не знающий, что это такое и никогда не занимавшийся этой проблемой, может противопоставлять прогноз и сейсмостойкое строительство или работу с населением.

Итак, невежество наносит большой ущерб здоровому делу прогноза землетрясений, а также сейсмической защите общества и государства в целом.

### **Перспективы прогноза землетрясений в XXI веке**

Анализируя достижения в области прогноза землетрясений в XX веке, можно сказать, что ученые-сейсмологи разделились на три группы — пессимисты, оптимисты и реалисты. При этом волна оптимизма с убывающей интенсивностью распространяется от Азии, где особенно значительны успехи в области краткосрочного и оперативного прогноза землетрясений, до США, где подобных успехов меньше. Пессимистическая волна с убывающей интенсивностью распространяется в обратном направлении от США к Азии. Реалистическая оценка распространена равномерно от Азии до США. Вышеотмеченное отношение к достижениям в области прогноза землетрясений зависит от следующих факторов: 1) каково определение и требования к прогнозу землетрясения, тип прогноза, физико-геологические условия возникновения землетрясений; 2) степень развитости страны, т.к. в развитых странах доминирует мнение, что вместо расходов на краткосрочный прогноз лучше потратить деньги на укрепление всех зданий и сооружений по всей стране на основе долгосрочного прогноза землетрясений; а в развивающихся странах нет возможности подобных огромных расходов за короткий промежуток времени и поэтому вместо тотального укрепления зданий и сооружений предпочитают параллельно с постепенным укреплением построек усилить работу в области краткосрочного прогноза землетрясений; 3) необходимость и приоритет прогноза землетрясений для страны; 4) степень персональной вовлеченности специалиста в решение проблемы прогноза и его квалификация; 5) мнение большинства ученых в стране, общая атмосфера и эмоции.

В XXI веке будут продолжаться исследования, направленные на повышение достоверности долгосрочного прогноза, с целью сейсморайонирования территорий. При этом, основное внимание будет сосредоточено на уточнении законов затухания сейсмических волн от очагов сильных землетрясений. Здесь главной проблемой является учет нелинейных эффектов, возникающих в ближней от очага землетрясения зоне. Другая важная задача в долгосрочном прогнозе,

которая потребует дальнейшего решения, это повышение точности выявления существующих активных структур и элементов их залегания. Третья важная задача - это выявление потенциальных зон разрыва земной коры, связанных не только с уже существующими активными структурами, но и с вновь формирующимися, в зонах накопления критических деформаций земной коры.

В области среднесрочного, краткосрочного и оперативного прогнозов работы в XXI веке будут продолжены в следующих направлениях:

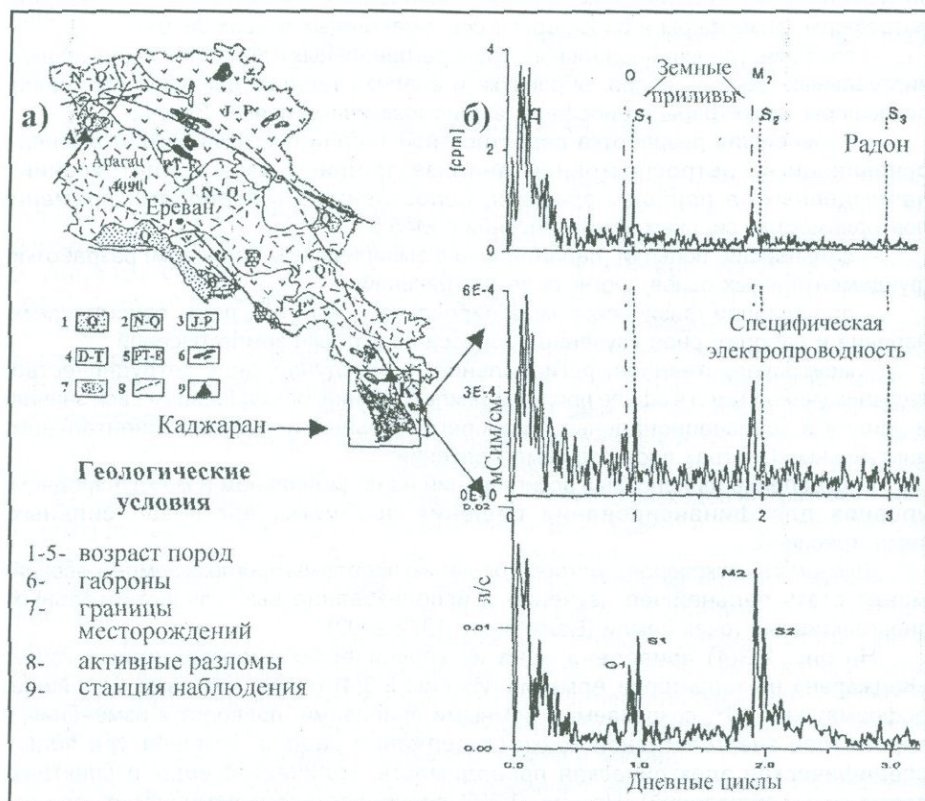
- выявление новых и дальнейшее изучение известных предвестников землетрясений, их физической природы и особенностей проявления перед сильными землетрясениями в разных физико-геологических условиях;
- создание транснациональных, трансрегиональных и трансконтинентальных плотных многопараметровых сетей наблюдений в реальном масштабе времени за изменениями физических, физико-химических, химических параметров литосферы, атмосферы и биосферы в сейсмоактивных поясах Земли;
- создание транснациональных, трансрегиональных и трансконтинентальных виртуальных Центров сбора, обработки и анализа текущих данных о состоянии литосферы, атмосферы и биосферы в сейсмоактивных поясах Земли;
- дальнейшая разработка вероятностной теории прогноза землетрясений, основанной на ретроспективном анализе предвестников землетрясений, наблюдаемых за периоды времени, сопоставимые с периодами времени повторяемости сильных землетрясений с  $M > 5.5$ ;
- дальнейшие попытки (параллельно с эмпирическим подходом) разработки фундаментальных основ прогноза землетрясений;
- дальнейшее физическое моделирование пред-, ко-, пост- сейсмических явлений и лабораторное изучение процесса подготовки землетрясений;
- межгосударственное, региональное и международное сотрудничество ведущих ученых мира в сфере прогноза землетрясений, объединивших свои знания и усилия в транснациональных, трансрегиональных и трансконтинентальных виртуальных Центрах прогноза землетрясений;
- выделение финансовых ассигнований на национальном и международном уровнях для финансирования решения проблемы прогноза сильных землетрясений.

Ключом к высоковероятностному решению проблемы прогноза землетрясений может стать дальнейшее изучение и использование высокочувствительных энергоактивных точек Земли (Баласанян, 1972-2002).

На рис. 2.3(4) приведена одна из классических энергоактивных точек «Каджаран» на территории Армении. Из рис. 2.3(4) видно, что даже малейшие деформации в  $10^{-8}$ , создаваемые земными приливами, приводят к изменениям параметров энергоактивной точки (содержание радона, температура воды, специфическая электрическая проводимость, количество воды в спектрах временных наблюдений). На рис. 2.3(5) видно, что все сейсмические стадии, включая и предвестники Измитского землетрясения ( $M=7.4$ ), происшедшего на территории Турции 17 августа 1999г., отчетливо проявлены в параметрах энергоактивной точки «Каджаран», расположенной на расстоянии 1380 км от очага Измитского землетрясения.

Другим явлением, которое заслуживает особого внимания при прогнозе землетрясений, является наведенная сейсмичность на больших расстояниях от очага сильных землетрясений, в пределах одной и той же сейсмоактивной зоны.

На рис. 1.5(25) показана наведенная сейсмичность от Измитского землетрясения ( $M=7.4$ ; 17 августа 1999г.) на территории Кавказа. Приведенные на рис. 1.5(25) данные означают, что если бы на территории Кавказа в период Измитского землетрясения были бы зоны, «созревшие» для сильного землетрясения, то вместо наведенной сейсмичности в виде слабых землетрясений произошло бы сильное Кавказское землетрясение, инициированное Измитским землетрясением.



**Рис.2.3(4)** Явление энергоактивных точек: а) расположение энергоактивной точки на юге Армении (наблюдательный пункт «Каджаран»); б) проявления земных приливов в спектре суточных изменений параметров подземных вод энергоактивной точки «Каджаран» - район (Rn), специфическая электропроводность, количество воды. (Balassanian, 2000)

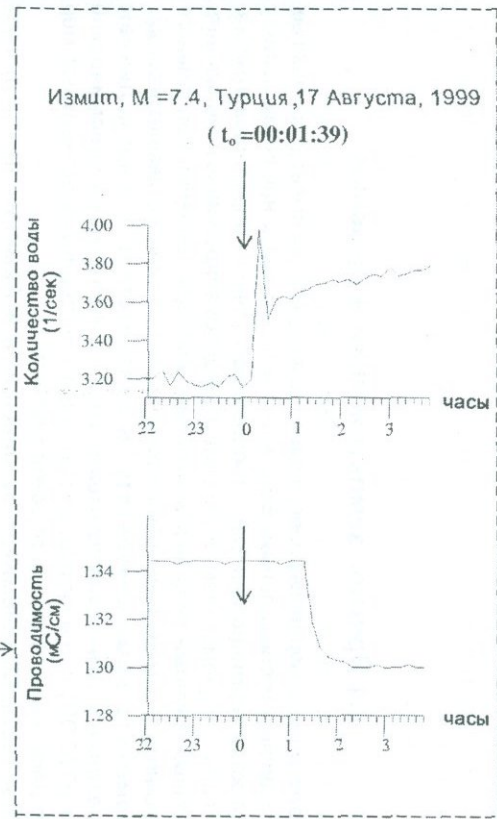
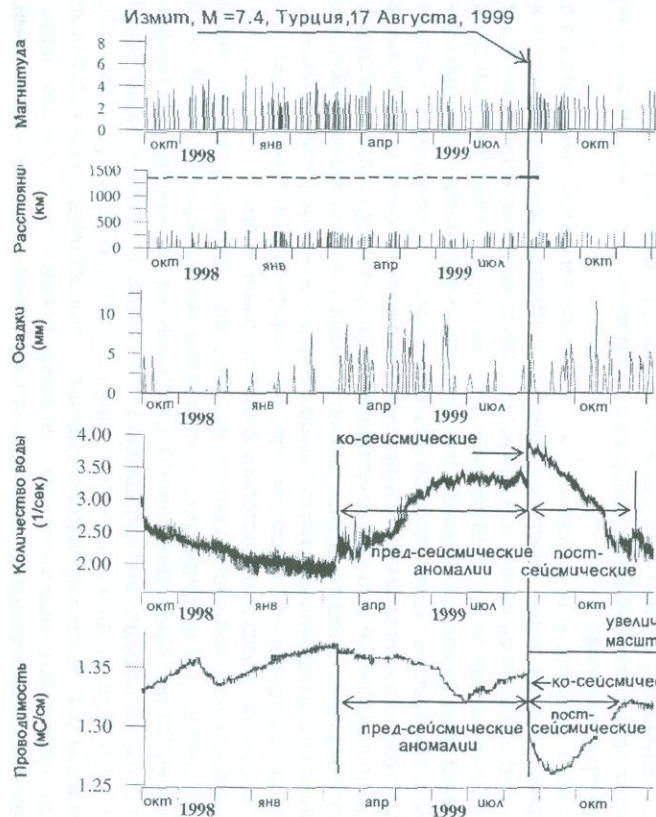


Рис.2.3(5) Проявления пред-, ко- и постсейсмических стадий Измитского землетрясения ( $M=7.4$ ) в параметрах энергоактивной точки «Каджаран». (Balassanian, 2000)

## 2.4 Прогноз землетрясений в Армении

Как об этом уже говорилось ранее, прогноз землетрясений имеет два основных аспекта - научный и социальный. Вероятностный подход к научному аспекту прогноза (а не детерминистический с требованием точного определения места, времени и силы ожидаемого землетрясения) позволяет эффективно использовать промежуточные научные результаты исследований для решения социального аспекта прогноза - защиты населения и государства от сильных землетрясений.

К промежуточному результату, в соответствии с определением С.Ю. Баласаняна, относится возможность оценки текущей сейсмической опасности (ОТСОП) с точностью, достаточной для принятия адекватных мер по защите населения от сильного землетрясения.

Оценка текущей сейсмической опасности в Армении предполагает профилактические и оперативные действия НССЗ при Правительстве РА, Правительства и местных органов власти, адекватные уровню сейсмической опасности, оцененному Экспертным Советом НССЗ при Правительстве РА.

В основу стратегии ОТСОП на территории Армении положена следующая физическая предпосылка.

Подготовка сильного (т.е. опасного для населения) землетрясения связана с деформациями земной коры, которые вызывают наиболее сильные изменения физических, физико-химических и химических характеристик горных пород в очаговой зоне готовящегося землетрясения. Сильные изменения свойств горных пород в очагах порождают временные источники различных физических, физико-химических и химических полей, хорошо регистрируемых на поверхности Земли над неглубоко расположенными очаговыми зонами территории Армении. Временные источники различных полей, которые могут проявляться во всех трех фазах (твердой, жидкой, газообразной) литосферы, на стадиях, близких к сейсмическому событию, могут возбуждать вторичные сейсмогенные явления в атмосфере (свечение, нарушение распространения радиоволн и др.) и биосфере (аномальное поведение животных, растений, ухудшение состояния больных людей и др.).

На основе ретроспективного анализа пре-, ко-, пост- сейсмических аномалий различных полей, регистрируемых с помощью многопараметровой сети наблюдений НССЗ при Правительстве РА, состоящей из более чем 150 станций, С.Ю. Баласаняном создана экспертная система оценки текущей сейсмической опасности, состоящая из двух пакетов программ ДФ ("ДФ") и «Эксперт» ("Expert").

С помощью "ДФ" выделяются долгосрочные, среднесрочные, краткосрочные и оперативные сейсмогенные аномалии различных полей. На основе «Эксперт», по выделенным сейсмогенным аномалиям на различных станциях наблюдений, определяют место (эпицентр), время и величину текущей сейсмической опасности.

В основу программы «Эксперт» положена база данных и база знаний.

База данных включает полный национальный каталог землетрясений Кавказа и прилегающих районов; все типы карт и разрезов, несущих информацию о физико-геологическом строении земной коры в районе Армянского нагорья; все данные многолетнего мониторинга территории Армении по 150 станциям национальной сети наблюдений.

База знаний включает:

– “образы” пре- сейсмических аномалий, сопровождающих подготовку землетрясений с  $M \geq 3.5$ , полученные на основе ретроспективного анализа всех сейсмических событий на территории Армении в сопоставлении с данными многолетнего многопараметрового мониторинга различных характеристик литосферы, атмосферы и биосферы;

– “образы” пре- сейсмических аномалий, сопровождающих подготовку землетрясений с  $M \geq 5.5$  на территориях разных стран, где осуществляется мониторинг земной коры, с целью прогноза землетрясений;

– теоретические модели подготовки землетрясений.

Программа «Эксперт»:

1. тестирует сейсмогенные аномалии для определения времени ( $\Delta t$ ) их опасности, радиуса ( $R$ ) опасности и величины опасности  $\Delta Z$  по сумме признаков, выделенных по данным ретроспективного анализа “образов” подготовки землетрясений различных магнитуд;

2. определяет зону текущей сейсмической опасности ( $\Delta S$ ), интервал времени ( $\Delta t$ ) и величину текущей опасности ( $\Delta Z_{\text{тек}}$ ), путем совместного анализа времени, радиуса и величины опасности всех аномалий, полученных по всем станциям Национальной сети наблюдений;

3. сопоставляет величину текущей опасности  $\Delta Z_{\text{тек}}$  с критической величиной  $\Delta Z_{\text{крит}}$ , определенной для каждой точки пространства на территории Армении по данным ретроспективного анализа подготовки землетрясений с  $M \geq 3.5$ .

При  $\Delta Z_{\text{тек}} \geq \Delta Z_{\text{крит}}$  в определенной зоне  $\Delta S$  в течение времени  $\Delta t$  следует ожидать землетрясения с  $M_{\text{макс}} \geq 3.5$ . Величина  $M_{\text{макс}}$  для зоны  $\Delta S$  определяется по кривой Бенюффа, показывающей количество накопленной энергии, которая может выделиться в текущий период времени  $\Delta t$  в заданной зоне  $\Delta S$ .

При  $\Delta Z_{\text{тек}} < \Delta Z_{\text{крит}}$  следует считать, что текущая опасность не будет реализована в виде разрыва земной коры адекватного землетрясению с  $M \geq 3.5$ .

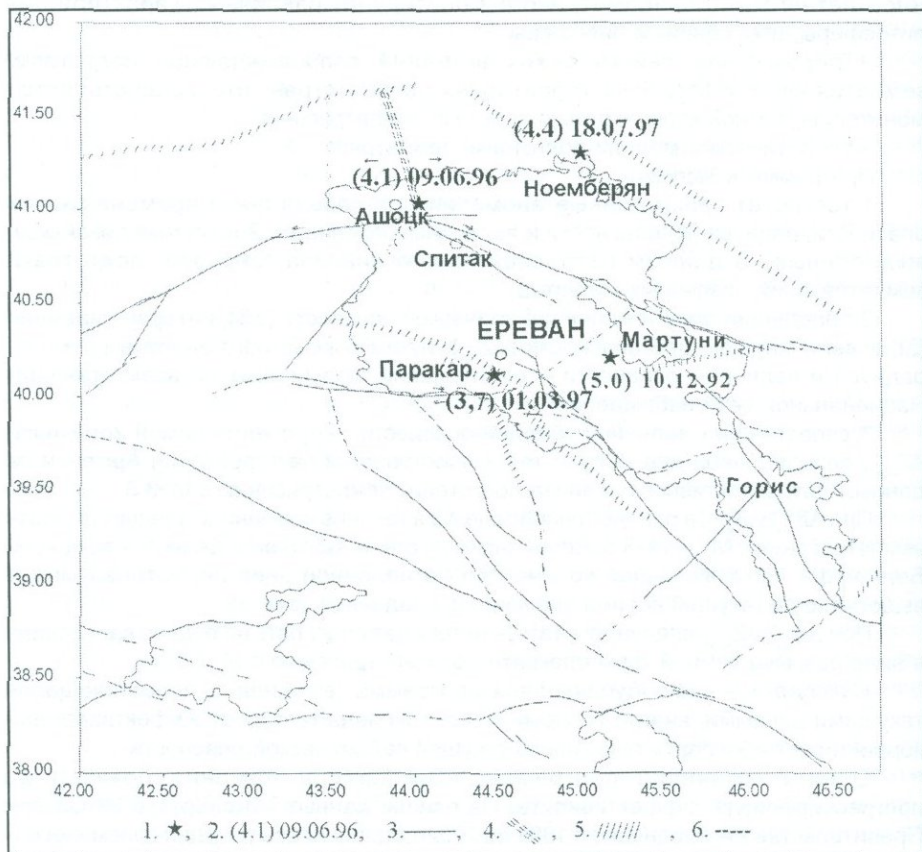
«Эксперт» – самообучающаяся программа, ежедневно пополняющаяся текущими данными, анализ которых в свою очередь тестирует эффективность и корректирует «Эксперт» при оценке текущей сейсмической опасности.

Опыт применения программы «Эксперт» в Армении показал ее прогрессирующую эффективность. На основе данных «Эксперт» в НССЗ при Правительстве РА ежедневно с 1991 по 2002гг оценивалась текущая сейсмическая опасность на ближайшие 5-10 дней.

Так, с помощью «Эксперт» был сделан прогноз целого ряда землетрясений различных магнитуд на территории Армении, а также прогноз сценариев развития событий после каждого чувствительного для населения сейсмического толчка. Кстати, последняя задача – прогноз развития сейсмических событий – также

является проблемой прогноза землетрясений. К примеру, во время последнего землетрясения на Сахалине (Южно-Сахалинск) население города Южно-Сахалинск в течение 15 дней ожидало на улицах ответа на вопрос - произойдет ли более сильное землетрясение, или можно возвращаться обратно в свои дома. Ответ так и не был получен несмотря на поручения министра МЧС России, т.к. на Сахалине просто нет необходимых сетей наблюдения и систем ОТСОП.

В ряде цитируемых на международном уровне оценок текущей сейсмической опасности в Армении можно отметить Мартунинское землетрясение (1992г.,  $M=5.0$ ) и Ашоцкий рой землетрясений (1996г., 150 сейсмических толчков с 29 мая по 13 июля с  $M_{\max} = 4.1$ ) (рис. 2.4(1)).



**Рис.2.4(1)** Сеймотектоническая позиция эпицентров Мартунинского (10.12.1992), Ашоцкого (09.06.1996), Паракарского (01.03.1997) и Ноемберянского (18.07.1997) землетрясений: 1-эпицентры землетрясений; 2-магнитуда и время землетрясения; 3-активные разломы; 4-зона дробления и растяжения; 5-погребенные разломы; 6-предполагаемые активные разломы.

Мартунинскому землетрясению с  $M=5.0$  10 декабря 1992г. предшествовал форшок с  $M=4.5$ , который произошел 8 декабря 1992г., а также аномалии различных наблюдаемых характеристик среды (рис. 2.4(2)).

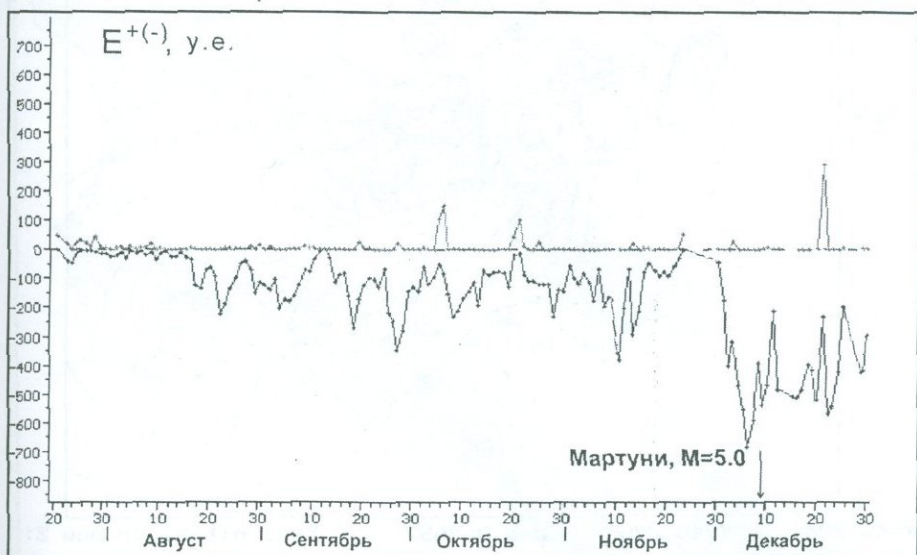
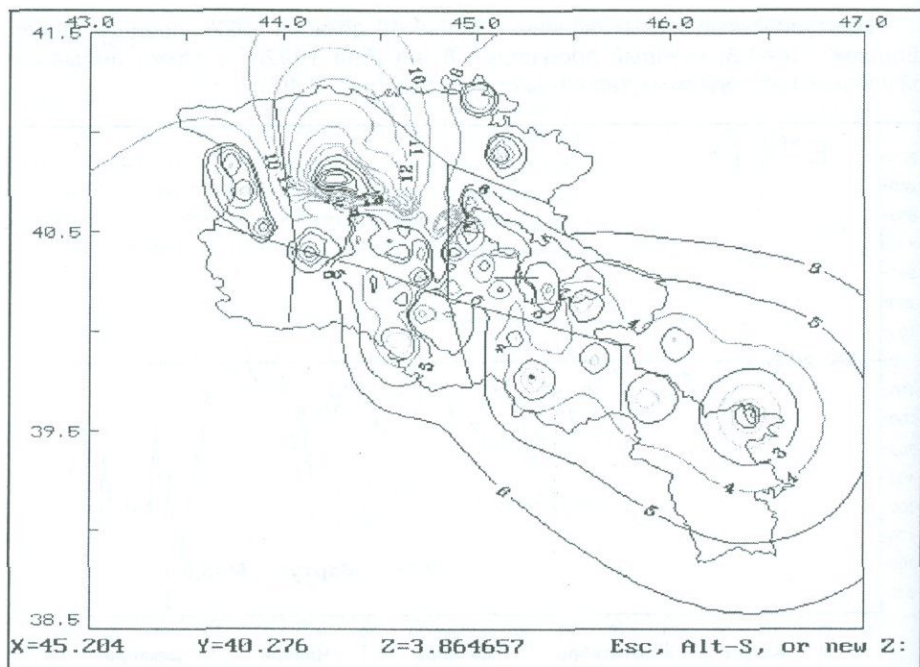


Рис.2.4(2) Временной ряд интегральной энергии ( $E^{+(-)}$ ) необратимости нестационарных процессов (ННП), полученный методом ННП на наблюдательной станции "Гюмри" в период с 20 июля по 30 декабря при подготовке и реализации Мартунинского землетрясения ( $M=5.0$ ; 10.12.1992).

На основании данных системы «Эксперт» (рис. 2.4(3) и рис. 2.4(4)), а также оценки вероятной величины сейсмической энергии (по методу Беньоффа), способной выделиться в опасной зоне, Экспертный Совет НССЗ при Правительстве РА пришел к выводу о возможности следующего, главного сейсмического толчка с  $5.0 \leq M \leq 5.5$  в ближайшие несколько дней.

После доклада начальника НССЗ премьер-министру РА о текущей сейсмической опасности в район г. Мартуни были направлены Силы быстрого реагирования (СБР) НССЗ при Правительстве РА. СБР НССЗ передвижными станциями уплотнили сеть наблюдений вокруг г. Мартуни, проинспектировали и выделили наиболее уязвимые жилые здания, провели большую подготовительную работу с местными органами власти и населением. В результате, вечером 9 декабря СБР НССЗ совместно с местными органами власти и сотрудниками МВД Армении провели эвакуацию жителей из наиболее уязвимых зданий. В ночь с 9-го на 10 января произошло землетрясение с  $M=5.0$ .

Это был первый экзамен на оценку текущей сейсмической опасности и совместные превентивные действия НССЗ при Правительстве РА, Правительства РА, местных органов власти и МВД Армении.



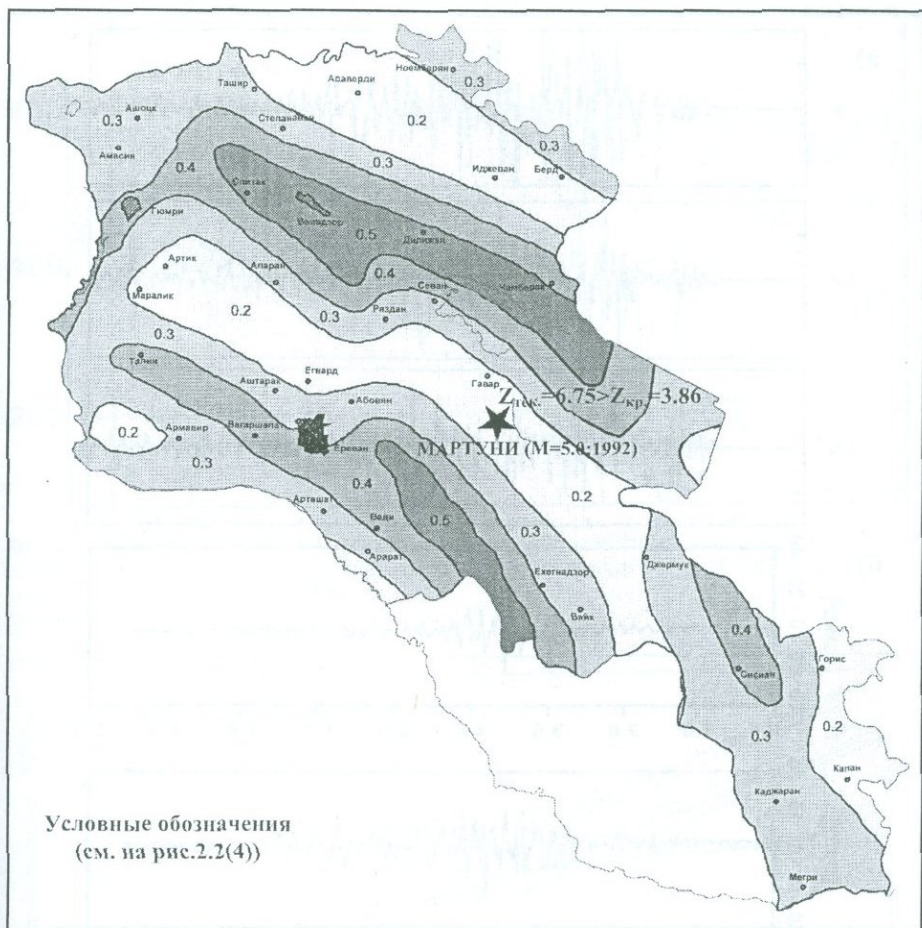
**Рис.2.4(3)** Система «Эксперт».

Карта критических уровней сейсмической опасности на территории Армении (в величинах текущей сейсмической опасности). Место текущей сейсмической опасности перед Мартунинским землетрясением указано крестом (+) с координатами  $\varphi=40.276^\circ$  и  $\lambda=45.204^\circ$ , где критический уровень  $Z_{кр}=3.86$ .

Второй опыт полного комплекса действий – от оценки текущей сейсмической опасности до эвакуации населения был приобретен в мае-июне 1996г., когда в районе г. Ашоцк произошел рой землетрясений, состоящий из 150 сейсмических толчков с  $M \leq 4.1$  (рис. 2.4(5)), сопровождающийся аномалиями различных характеристик среды (рис. 2.4(6)).

Ашоцкий рой землетрясений, начавшийся 29.05.96г., на третий день вызвал беспокойство у населения, местных органов власти и Правительства РА. Следующие друг за другом подземные толчки, по оперативным данным НССЗ РА, были сосредоточены в зоне, прилегающей к очаговой области катастрофического Спитакского землетрясения 1988г.

Система «Эксперт» отчетливо указывала на закритический уровень текущей сейсмической опасности, т.е. на опасность землетрясения с  $M > 3.5$ , в течение 10 и более дней в районе, ограниченном населенными пунктами Амасия-Бавра-Катнахпюр-Дзорашен. По графику Беньюффа было определено, что верхний предел возможного землетрясения  $M_{max}=5.5$  в указанной зоне, а время разрядки напряжений, в случае выделения энергии в виде роя (множества) землетрясений



**Рис.2.4(4)** На карте сейсмического районирования территории Армении показаны результаты расчетов по программе «Эксперт» текущей сейсмической опасности в период Мартунинского землетрясения. В эпицентре текущей сейсмической опасности за три дня до Мартунинского землетрясения (указан звездочкой) величина текущей опасности  $Z_{тек} = 6.75$  больше критической величины  $Z_{кр} = 3.86$ , определенной по карте критических уровней текущей опасности (рис. 2.4(3)).

- до 25 июня (неполная разрядка до безопасного для населения уровня накопленной энергии – первый срок) или до 12 июля (полная разрядка накопленной энергии – второй срок) (рис. 2.4(7)).

Итак, исходя из оперативного анализа текущей сейсмической опасности, Экспертным Советом НССЗ РА был сделан вывод о том, что дальнейшее развитие сейсмических событий в указанном регионе может происходить по двум возможным сценариям:

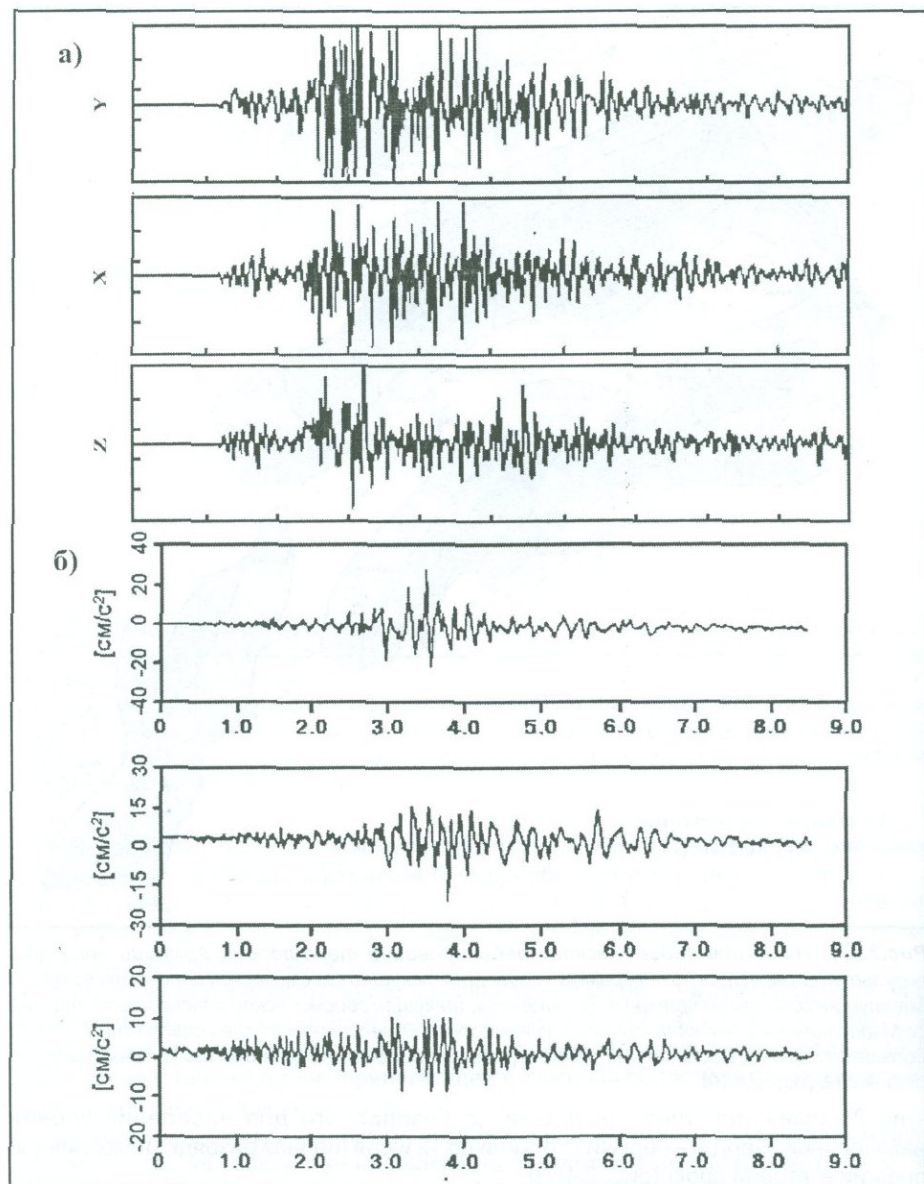


Рис.2.4(5) Цифровая сейсмограмма Ашоцкого землетрясения ( $M=4.1$ ; 09.06.96г.), полученная на телеметрической сейсмической станции "Варданашен" (а) и цифровая акселерограмма, полученная на станции "Бавра" прибором сильных движений грунта SMACH-1 (б).

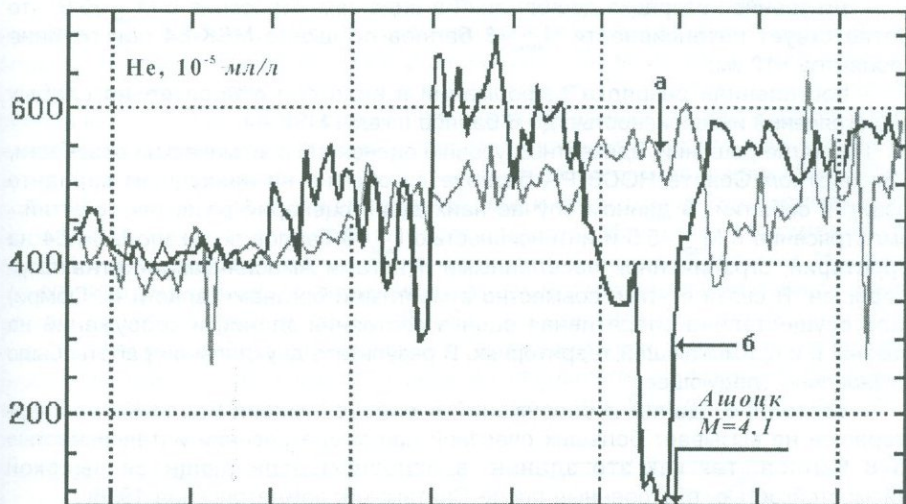


Рис. 2.4(6) Изменения содержания растворенного в воде газа (He) на станции "Суренаван" в период подготовки и реализации Ашоцкого роя землетрясений с  $M_{\text{макс}} = 4.1$  (09.06.96г.):  
 а) усредненная кривая 1992-1995гг.;  
 б) кривая 1996г.

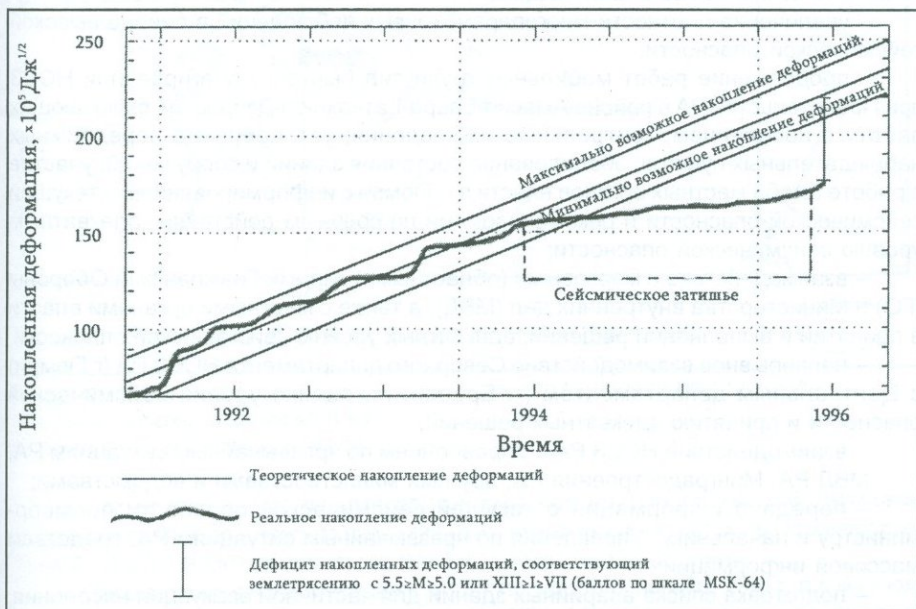


Рис. 2.4(7) График Беньоффа в период подготовки Ашоцкого роя землетрясений.

– мгновенная разрядка деформаций в виде землетрясения с  $M_{\text{макс}} \approx 5.5$ , что соответствует интенсивности  $I_{\text{макс}} \approx 8$  баллов по шкале MSK-64 при глубине гипоцентра  $\approx 10$  км;

– постепенная разрядка деформаций в виде роя относительно слабых землетрясений интенсивностью до 6 баллов шкалы MSK-64.

Принятие решений, адекватных уровню оцененной сейсмической опасности, в Экспертном Совете НССЗ РА базируется обычно на наихудшем варианте развития событий. В данном случае наихудший сценарий развития событий - землетрясение с  $M_{\text{макс}} \approx 5.5$  и интенсивностью  $I_{\text{макс}} \approx 8$  баллов по шкале MSK-64 на территории, ограниченной населенными пунктами Амасия-Бавра-Катнахпюр-Дзорашен. В связи с этим, совместно в местными органами власти (г. Гюмри) была осуществлена оперативная оценка состояния зданий и сооружений на указанной и примыкающей территориях. В результате двухдневной работы было установлено следующее:

– состояние зданий и сооружений в районе Амасия-Бавра-Катнахпюр-Дзорашен не вызывает больших опасений при землетрясении интенсивностью до 8 баллов, так как это здания, в основном отличающиеся высокой сейсмостойкостью, построенные после Спитакского землетрясения 1988г.;

– наиболее опасным представляется район г. Гюмри, в особенности в отношении некоторых поврежденных зданий, самовольно заселенных людьми, оставшимися без крова после Спитакской катастрофы.

Дальнейшие действия НССЗ РА в районе повышенной сейсмической опасности заключались в следующем:

– увеличение плотности многопараметровых наблюдений в районе высокой сейсмической опасности;

– продолжение работ мобильных групп сил быстрого реагирования НССЗ при Правительстве РА в районе Амасия-Бавра-Катнахпюр-Дзорашен, включающих работу с населением; контрольные наблюдения; установление передвижных наблюдательных пунктов; обследование состояния зданий и сооружений; участие в работе штаба местных органов власти в г. Гюмри с информированием о текущей сейсмической опасности и рекомендациями по срочным действиям, адекватным уровню сейсмической опасности;

– взаимодействие с марзовыми (областными) силами Гражданской Обороны (ГО) и Министерства внутренних дел (МВД), а также с местными органами власти в принятии и выполнении решений, адекватных уровню сейсмической опасности;

– непрерывное взаимодействие Северного департамента НССЗ РА (г.Гюмри) с Центральным департаментом (г. Ереван) по оценке уровня сейсмической опасности и принятию адекватных решений;

– взаимодействие НССЗ РА с Управлением по чрезвычайным ситуациям РА, МВД РА, Минградостроения РА, другими министерствами и ведомствами;

– передача информации о текущей сейсмической опасности премьер-министру и начальнику Управления по чрезвычайным ситуациям РА, средствам массовой информации;

– подготовка списка аварийных зданий для частичной эвакуации населения, которая была проведена местными органами власти.

В период с 9.06.96г. по 12.07.96г. действительно произошла разрядка энергии накопленных деформаций до безопасного уровня в зоне высокой сейсмической опасности Амасия-Бавра-Катнахпюр-Дзорашен. Таким образом, реализовался второй, прогнозируемый Экспертным Советом НССЗ РА, сценарий развития сейсмических событий. Разрядка накопленных напряжений сопровождалась более чем 150 сейсмическими толчками в прогнозировавшийся период времени с 9 по 25 июня 1996г. Это сократило дефицит выделенной энергии на графике Беньоффа до безопасного уровня. В эпицентральной зоне и обрамляющей территории были проведены макросейсмические исследования. Изучение сейсмического воздействия наиболее сильного из Ашоцкого роя землетрясений  $M_{\text{макс}}=4.1$  (09.06.1996г.) на здания и сооружения показали, что максимальная интенсивность составила  $I=6-7$  баллов по шкале MSK-64. Она охватила территорию площадью около 250 кв.км в районе сел Дзорашен, Сариар, Арташен. В населенных пунктах Ашоцк, Амасия и Бавра максимальная интенсивность составила 6 баллов; в городах Гюмри, Спитаке – 5 баллов; и в городах Артик, Ванадзор и Степанаван – 4 балла (рис. 2.4(8)).

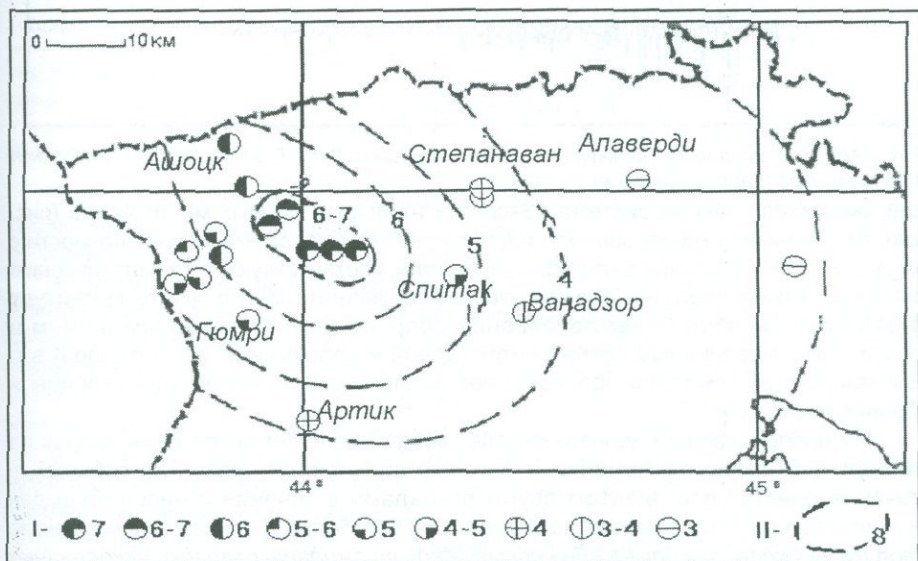


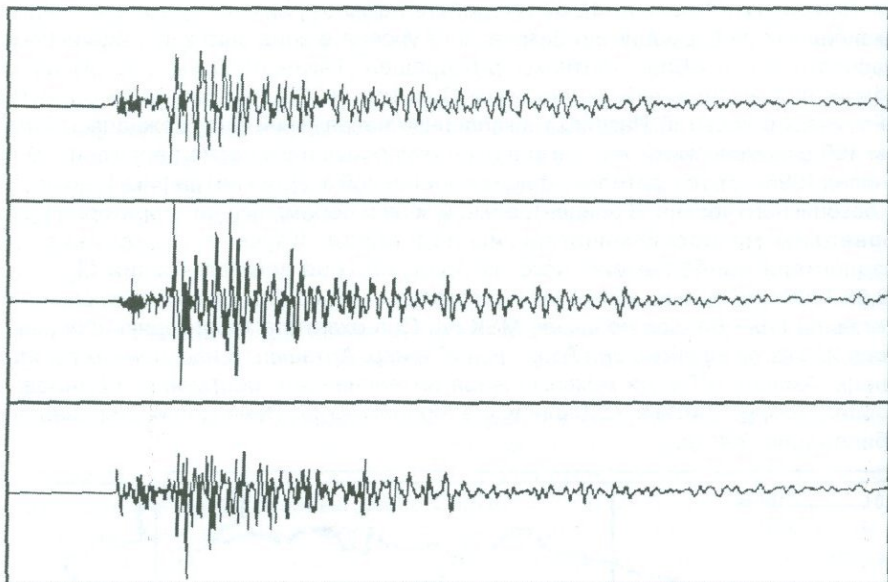
Рис. 2.4(8) Карта изосейст Ашоцкого землетрясения ( $M=4.1$ ; 09.06.96г) 1996 года:

I - интенсивность по шкале MSK-64;

II - изосейсты сейсмического воздействия.

Другими примечательными примерами прогноза текущей сейсмической опасности являются – прогноз развития сейсмических событий после Паракарского ( $M=3.7$ , 1997г.) и Ноемберянского ( $M=4.4$ , 1997г.) землетрясений.

Паракарское землетрясение с  $M=3.7$  произошло 1 марта 1997г. в 5 км к югу от г. Еревана, с очагом на глубине (рис. 2.4(9)) 14 км. За десять дней до этого

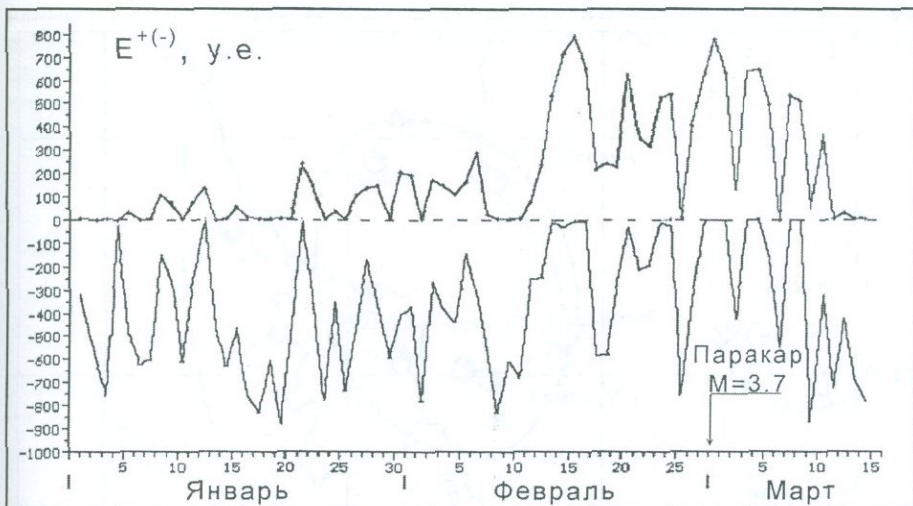


*Рис.2.4(9) Сейсмограмма Паракарского землетрясения ( $M=3.7$ ; 01.03.1997г.), записанная станцией IRIS "Гарни" (Армения).*

сейсмического события система «Эксперт» на основе данных мониторинга (рис. 2.4(10)) указывала на эту зону как на область текущей сейсмической опасности с  $M>3.5$ , а график Беньоффа на дефицит энергии, соответствующий землетрясению с  $M=4.4$ . Таким образом, возможное землетрясение могло иметь магнитуду  $4.5>M>3.5$ . Поскольку землетрясение сопровождалось сильным шумом и достаточно интенсивным сотрясением зданий и сооружений (до 5 баллов) в г. Ереване, то это вызвало обоснованное беспокойство у населения столицы и Правительства РА.

На последовавший через несколько минут после землетрясения запрос по телефону Президента Армении о прогнозе дальнейшего развития событий, в течение одного часа, а затем двумя докладами в течение 3 часов, был дан исчерпывающий ответ Экспертного Совета НССЗ - *более сильного сейсмического толчка не будет, и в ближайшее время следует ожидать разрядки накопленных напряжений в виде афтершоков.*

Прогноз основывался на данных непрерывного многопараметрового мониторинга системы «Эксперт» и анализе прошлых землетрясений, связанных с очагом Паракарских (Ереванских) землетрясений. Первое Паракарское землетрясение произошло в январе 1910г. с  $M=4.5$  (интенсивность 6-7 баллов), второе – в январе 1937г. с  $M=4.5$  (интенсивность 6-7 баллов), третье, четвертое и пятое произошли, соответственно, 16 июня 1973г. с  $M=4.0$  (интенсивность 5-6 баллов), 25 февраля 1978г. с  $M=4.0$  (интенсивность 5-6 баллов) и 2 августа 1984г. с  $M=4.0$  (интенсивность 5-6 баллов).



**Рис.2.4(10)** Временной ряд интегральной энергии ( $E^{+(-)}$ ) необратимости нестационарных процессов, полученный методом ННП на наблюдательной станции "Давиташен" в период с 1 января по 16 марта 1997г. при подготовке и реализации Паракарского землетрясения ( $M=3.7$ ; 01.03.1997г.).

Таким образом, помимо системы «Эксперт», исторические землетрясения свидетельствовали о сейсмическом потенциале Паракарского (Ереванского) очага не более  $M=4.5$ .

В рекомендации Экспертного Совета НССЗ Президенту и Правительству РА вошли только те действия, которые были связаны с макросейсмическим осмотром эпицентральной зоны (рис. 2.4(11)), оповещение населения о маловероятности повторения более сильных сейсмических толчков на основе данных НССЗ РА, усиление работы с населением по подготовке к землетрясениям и по повышению осведомленности о сейсмической опасности и риске. Последнее объяснено тем, что в периоды повышенной сейсмической опасности население более восприимчиво и заинтересовано в получении знаний, необходимых для обеспечения своей безопасности.

В период с 1 марта 1997г. по 3 апреля 1997г. в районе очагов Паракарского землетрясения действительно произошла разрядка упругих напряжений в виде афтершоков события, которое оказалось, как и прогнозировалось, главным сейсмическим толчком.

Ноябрьское землетрясение, которое произошло на севере Армении 18 июля 1997г. с  $M=4.4$  (рис. 2.4(12)), занимает особое место в проблеме прогноза землетрясений Армении, т.к. относительно слабое землетрясение ( $M=4.4$ ) вызвало неадекватные повреждения зданий и сооружений и панику среди населения.

Начиная с января 1997г. Комплексный Центр оценки сейсмической опасности НССЗ РА внимательно следил за заметной активизацией Предмалокавказского разлома, на северо-западе которого и произошло Ноябрьское землетрясение.

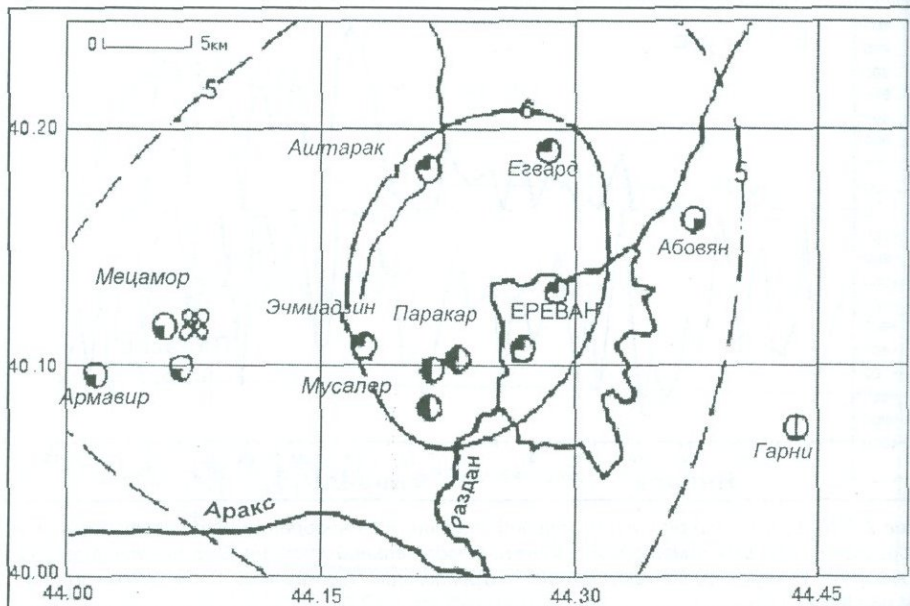


Рис.2.4(11) Карта изосейст Паракарского землетрясения ( $M=3.7$ ; 01.03.1997г.).

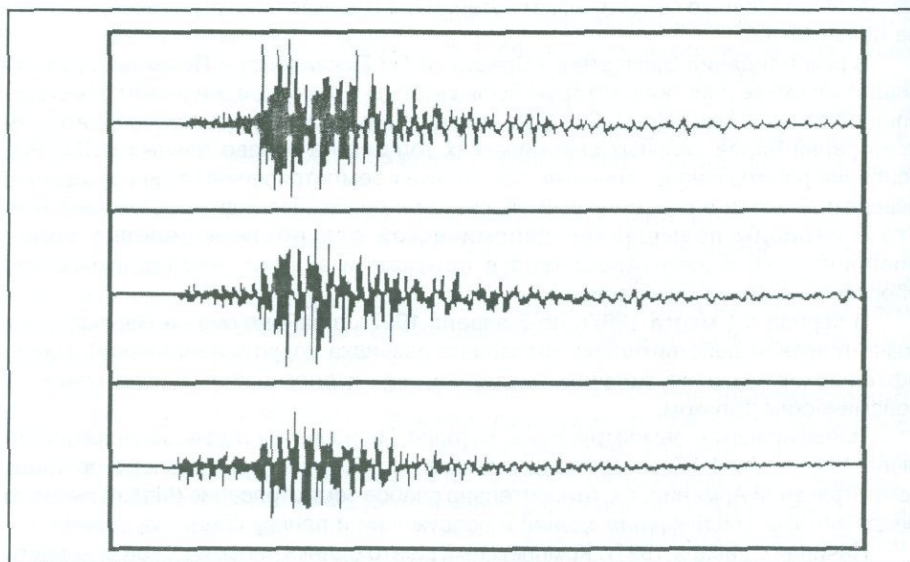


Рис.2.4(12) Сейсмограмма Ноемберянского землетрясения ( $M=4.4$ ; 18.07.1997г.), полученная на станции IRIS "Гарни".

Активизация разлома выражалась в последовательной миграции сейсмических событий малой и средней величины с юго-восточной оконечности разлома, вдоль разлома, к северо-западной его части (рис. 2.4(13)).



Рис. 2.4(13) Карта эпицентров землетрясений с  $3.5 \leq M \leq 2.5$ , последовательно мигрировавших вдоль Предмалокавказского разлома, начиная с его юго-восточной оконечности (01.01.1997-18.07.1997). 1. Эпицентры мигрировавших землетрясений вдоль Предмалокавказского разлома в 1997г. 2. Эпицентр, время и магнитуда исторических землетрясений в зоне Предмалокавказского разлома.

В середине июля 1997г. анализ текущей сейсмической опасности по «Эксперт» показывал опасность выше критического уровня  $M \geq 3.5$ , но менее  $M=5.0$  (по границе Беньоффа).

Анализ статистики землетрясений показывал, что в районе повышенной текущей опасности, включающем зону подготовки Ноемберьянского землетрясения, за инструментальный период 1900-1997гг. землетрясения с магнитудами не только порядка  $M=5.0$ , но даже  $M=4.0$  не отмечались. Это свидетельствовало о невысокой сейсмической

активности зоны подготовки землетрясения в XX веке. Что касается доинструментального периода, то в районе очага Ноемберянского землетрясения были известны сильные землетрясения, в частности 1220г. ( $M=6.0$ ). Во время последнего сейсмического события (1220г.) была разрушена одна из церквей монастыря Мшакаванк.

Итак, текущая сейсмическая опасность была оценена Экспертным Советом НССЗ как надкритическая  $M \geq 3.5$ , но не опасная для населения в районе зоны подготовки землетрясения (Ноемберянский очаг), т.к. максимальная величина магнитуды оценивалась в  $M_{\text{макс}} < 5.0$ . О невысокой магнитуде готовящегося землетрясения свидетельствовали и характерные для такого случая среднесрочные и краткосрочные предвестники этого сейсмического события.

За 1 час до землетрясения появился и локальный оперативный предвестник - уровень воды в гидрогеодинамической скважине "Ноемберян", расположенной непосредственно в очаговой зоне землетрясения, упал на 80 см (рис. 2.4(14)).

Происшедшее через 1 час землетрясение имело магнитуду  $M=4.4$  при глубине очага  $H=4$  км, что хорошо согласовывалось с прогнозом НССЗ Армении, однако масштабные повреждения зданий и сооружений в эпицентральной зоне оказались неожиданностью для всех.

В сложившейся ситуации в план действий НССЗ РА вошли:

- оперативное макросейсмическое обследование зданий и сооружений эпицентральной зоны;

- уплотнение наблюдений за текущей сейсмической опасностью в районе эпицентральной зоны "Ноемберян", а также усиленное наблюдение за всей территорией Армении;

- работа оперативных групп НССЗ РА с населением эпицентральной зоны, включающая систематическое информирование о текущей сейсмической обстановке;

- систематическое информирование населения республики через средства массовой информации о текущей сейсмической обстановке в эпицентральной зоне, о результатах анализа сейсмического события и его возможных последствиях;

- передача оперативных заключений Экспертного Совета об оценке текущей сейсмической опасности и прогнозе дальнейшего развития сейсмических событий, с соответствующими рекомендациями по уточнению плана мероприятий для оперативных групп НССЗ РА, Правительственной Комиссии, действующей в эпицентральной зоне, а также Правительству РА для принятия решений, адекватных уровню сейсмической опасности.

На рис. 2.4(15) приведена карта изосейст Ноемберянского землетрясения ( $M_s=4.4$ ; 18.07.97г.). Она сопровождается фотоснимками разрушений и повреждений жилых зданий и сооружений, сделанными оперативными группами НССЗ РА в зонах различных по интенсивности сейсмических воздействий (рис. 2.4(16)).

Последние два рисунка показывают, что несильное по всем международным стандартам Ноемберянское землетрясение ( $M_s=4.4$ ) вызвало неадекватно сильные массовые повреждения зданий и сооружений в эпицентральной зоне. Подобное несоответствие силы землетрясения и интенсивности ее воздействия на здания и сооружения может быть объяснено только низким качеством плохо контролируемого сейсмостойкого строительства.

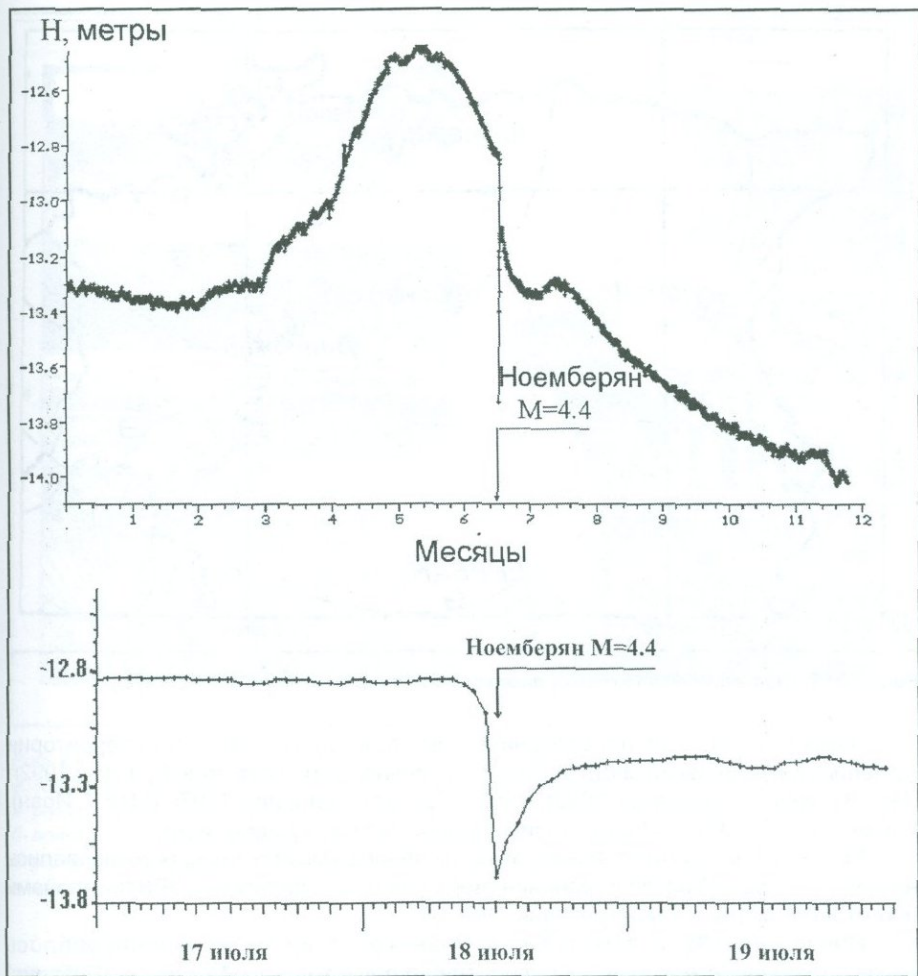


Рис.2.4(14) Временной ряд колебаний уровня грунтовых вод на гидрогеодинамической станции "Ноемберян" при подготовке и реализации Ноемберянского землетрясения ( $M=4.4$  18.07.1997г.): колебания уровня воды – а) в течение 1997г.; б) 17-19 июля 1997г.

Помимо прогноза землетрясений на территории Армении на основе системы «Эксперт», национальная сеть наблюдений НССЗ Армении, интегрированная в региональные и международные сети, позволяет оценивать текущую сейсмическую опасность по всей зоне коллизии Аравийской и Евразийской плит. В этом случае, разумеется, возрастает неопределенность в оценке места землетрясения, что же касается времени и силы, то точность определения этих параметров, снижаясь, остается тем не менее достаточной высокой.

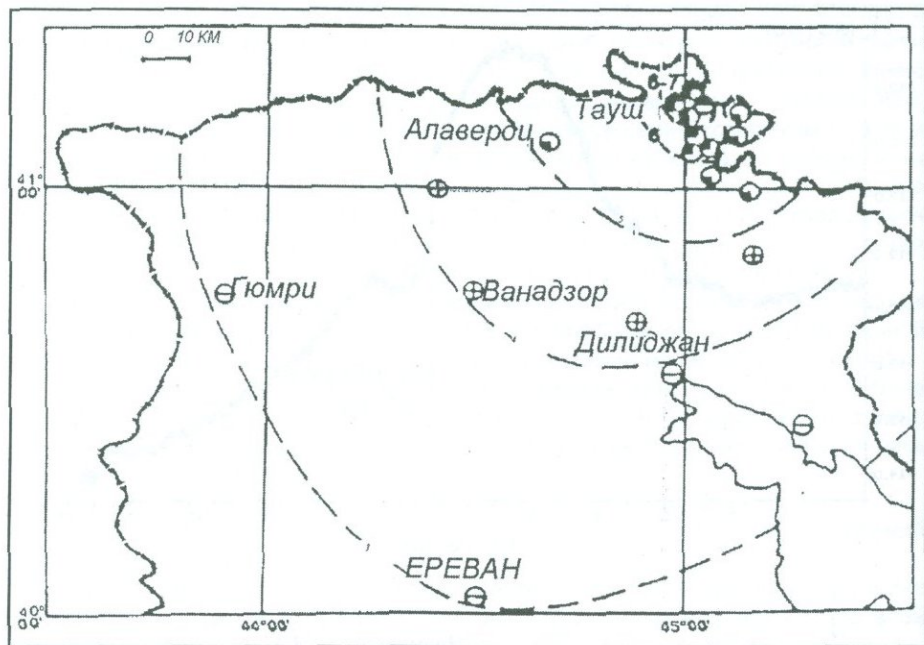


Рис. 2.4(15) Карта изосейст Ноемберянского землетрясения ( $M_s=4.4$ ; 18.07.97г.).

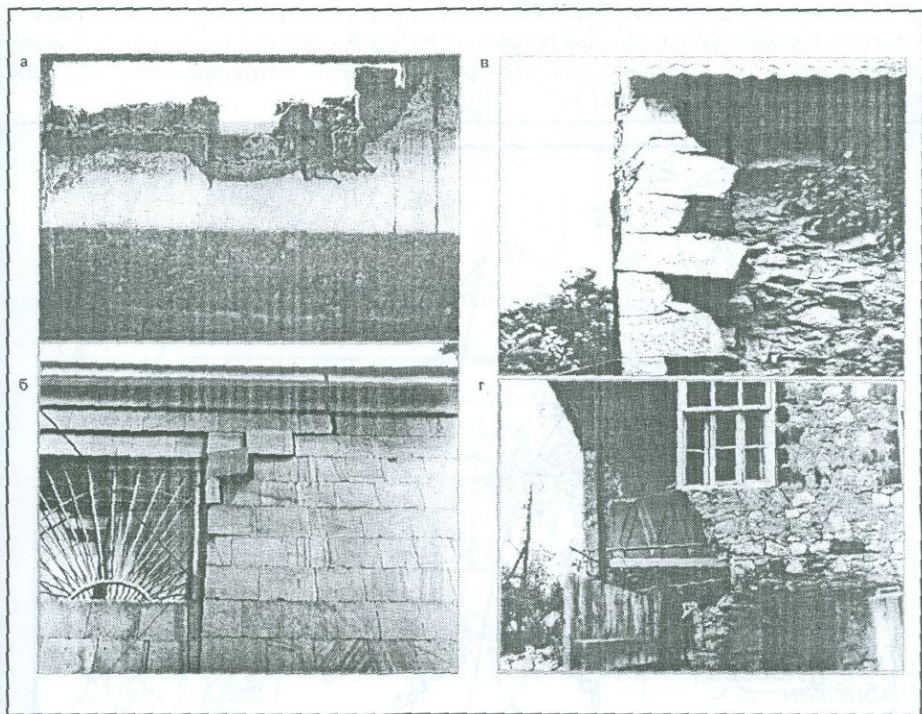
Из прогнозов интервала времени и силы относительно дальних от территории Армении землетрясений следует отметить сильное землетрясение Ерзнка в 1992г. ( $M=6.8$ , Турция), Барисахо в 1992г. ( $M=6.8$ , Грузия), Ардебил в 1997г. ( $M=6.7$ , Иран), Кайен в 1997г. ( $M=7.3$ , Иран), Измит в 1999г. ( $M=7.4$ , Турция), и др.

Все указанные землетрясения, за исключением Измитского, прогнозировались на основе аномалий распространения сверхдлинных радиоволн (СДРВ) над зонами подготовки сильных землетрясений с  $M \geq 5.5$ .

Начиная с 1991г. в НССЗ при Правительстве РА контролировалось распространение сверхдлинных радиоволн по радиотрассам: Монровия (Либерия) - Ереван, о.Реюньон (Франция) - Ереван, о. Тсушима (Япония) - Ереван, Алдра (Норвегия) - Ереван (рис. 2.4(17)).

Указанные радиотрассы выбраны таким образом, чтобы СДРВ пересекали всю зону коллизии Аравийской и Евразийской плит в четырех взаимопересекающихся направлениях. Такая позиция радиотрасс позволяет пеленговать зону подготовки сильного землетрясения с  $M \geq 5.5$  как на территории Армении (с большой вероятностью), так и вне ее (с более низкой вероятностью) (рис. 2.4(18)).

Измитскому землетрясению 1999г. предшествовало резкое повышение количества аномалий в различных физических полях по всей территории Армении за 15 дней до сейсмического события (рис. 2.4(19)).



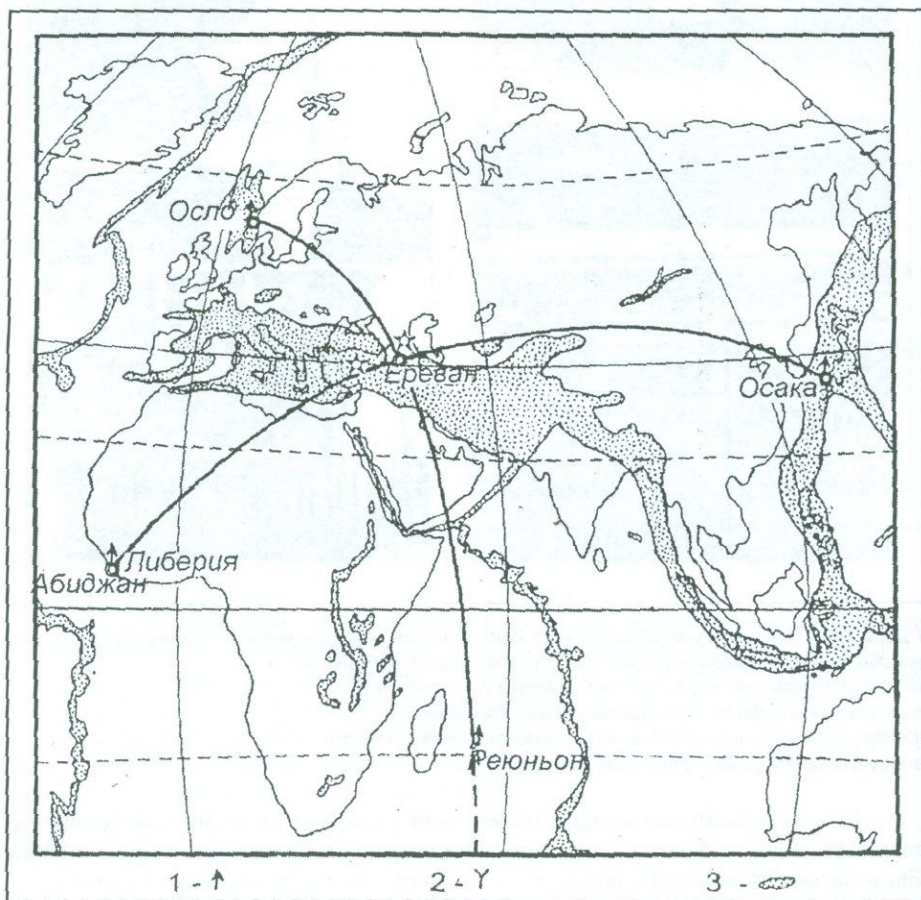
**Рис. 2.4(16)** Повреждения зданий при Ноемберянском землетрясении в зоне сейсмического воздействия интенсивностью  $I=6-7$  баллов (по шкале MSK-64):  
 а- разрушенная часть здания хлебзавода в г. Ноемберян,  
 б- повреждения фасада здания банка в г. Ноемберян,  
 в- разрушения несущей стены жилого дома в селе Бердаван,  
 г- обвал жилого дома в селе Кохб.

Характер аномалий предположительно указывал на подготовку сильного землетрясения за пределами Армении в пределах зоны коллизии Аравийской и Евразийской плит.

Во всех указанных и многих других случаях речь идет о прогнозе интервала времени и величины сильного землетрясения. Что же касается места, то из-за отсутствия соответствующих наземных наблюдательных станций на территории соседних государств прогнозировать с достаточной уверенностью место сильного сейсмического события вне Армении сегодня не представляется возможным.

Другим важным моментом для передачи прогностической информации соседним государствам является наличие соответствующих договоров по этому вопросу. При отсутствии подобных соглашений передача прогнозов на другие государства может быть справедливо расценена как попытка дестабилизации жизни общества в соседнем или каком-либо другом государстве.

Именно исходя из этих двух предпосылок (соответствующие мониторинговые системы и межгосударственные договоры), НССЗ РА активно проводила политику укрепления и дальнейшего развития регионального сотрудничества в сфере сейсмической безопасности.



**Рис. 2.4(17)** Схема расположения радиотрасс сверхдлинных радиоволн (СДРВ), контролировавшихся НССЗ при Правительстве РА:

1. передатчики радионавигационной системы "Омега";
2. приемник СДРВ в НССЗ РА;
3. сейсмоактивные зоны;
4. эпицентры землетрясений.

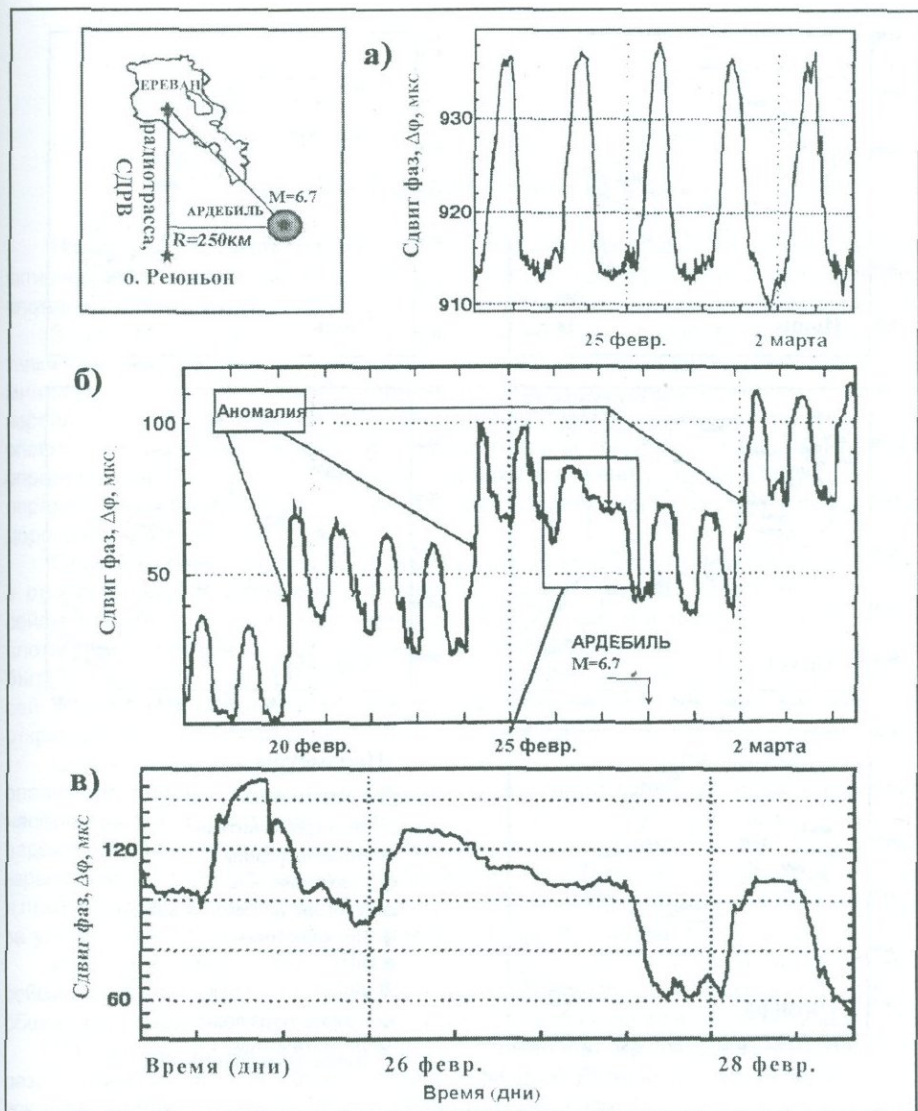
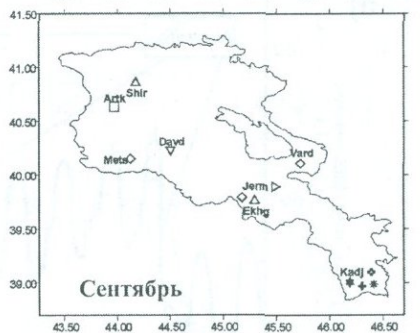
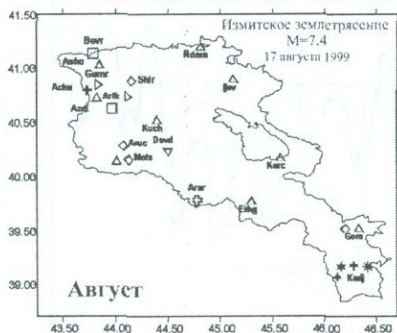
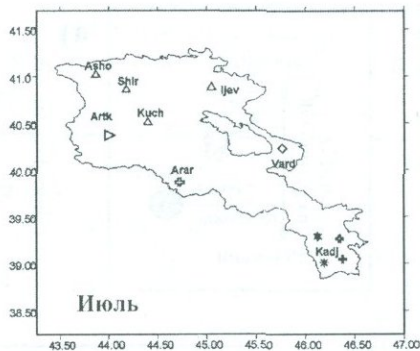


Рис. 2.4(18) Картина распространения СДРВ до, во время и после Ардебильского землетрясения ( $M=6.7$ ; 1997г., Иран).

а) нормальные суточные вариации сдвига фаз Дц вдоль радиотрассы Алдра (Норвегия)-Ереван (НССЗ). б) аномалии (краткосрочные потери фазовых циклов) Дц вдоль радиотрассы остров Реюньон (Франция) – Ереван (НССЗ РА), перед Ардебильским землетрясением. в) увеличенное изображение краткосрочных аномалий Дц перед землетрясением.



### Параметры

- Геомагнитные
- ▷ Электромагнитные
- ◇ Эмиссия радона
- ⊕ Геохимические
- △ Уровень подземных вод
- ⊕ Проводимость
- \* pH
- \* Дебит
- ⊕ Температура воды
- ▽ Биологические (попечение аквариумных рыб)

Рис.2.4(19) Проявления аномальных изменений параметров, измеряемых многопараметровой национальной сетью наблюдений НССЗ при Правительстве РА, - до, во время и после Измитского землетрясения на территории Армении: а) июнь, б) июль, в) август, г) сентябрь, д) октябрь.

## 2.5 Сейсмический риск

По мере того, как растет население и усиливается урбанизация в населенных сейсмоактивных зонах, растет число домов, дорог, мостов, трубопроводов, электростанций, плотин, каналов, систем коммуникаций и всего того, что называется инфраструктурой.

Задача общества и системы сейсмической защиты – создавать инфраструктуру так, чтобы при максимально возможном землетрясении в данном районе свести к минимуму возможные потери. Однако полное исключение возможных потерь нереально, хотя бы потому, что всегда есть дефицит знаний о реальной сейсмической опасности и реальной уязвимости инфраструктуры. Таким образом, мы идем на определенный риск при строительстве наших сооружений, так же как мы идем на определенный риск и в других жизненных ситуациях, например, когда переходим дорогу или едем в транспорте.

Сейсмический риск, как было сказано выше, это все, что мы можем потерять в результате землетрясения. Отсюда, источник сейсмического риска – это сейсмическая опасность. Риск невысок там, где нет или мало строений, низка плотность населения или его вообще нет и невысок уровень опасности. Риск может быть минимальным при максимальной сейсмической опасности, если в сейсмоопасном районе нет населения и каких-либо сооружений, скажем, в открытом море или безлюдных горах, степях и т.д.

Сейсмический риск определяется в первую очередь уровнем сейсмической опасности; сейсмостойкостью зданий и сооружений существующей застройки; населенностью территорий; временем суток, когда произойдет землетрясение; вероятностью пожаров, выбросов вредных веществ в атмосферу, утечек газа и других взрывоопасных веществ; сходом оползней и лавин; разрушением коммуникаций; дамб и плотин; правительственных и других особо важных учреждений, ответственных за управление государством; многими другими факторами второго порядка.

Исходя из вышеизложенного становится ясным, что правильная оценка сейсмического риска имеет исключительно важное значение для сейсмической защиты общества и устойчивого развития государства, расположенного в сейсмоактивной зоне.

На протяжении многих лет различные технологии оценки сейсмического риска разрабатывались в США, Японии, странах Западной Европы. К сожалению, в СССР, как и во многих странах Восточной Европы и Ближнего Востока, Азии, Океании и Латинской Америки, эта проблема вообще не ставилась, поскольку сейсмическая опасность была занижена до такого уровня, что оценка сейсмического риска представлялась не актуальной.

Слитаксакая катастрофа 1988 года, сильные сейсмические события в других республиках бывшего СССР, а также во многих развивающихся странах проявили всю трагичность политики искусственного занижения сейсмической опасности и пренебрежения риском.

Анализ имеющихся в мире подходов, лучшими из которых считаются технологии, разработанные в Стэнфордском университете США, проф. Х. Шахом, проф. А. Керимиджян с соавторами, Институтом инженерной сейсмологии США, Геологической Службой США, показал, что все они базируются на одном общем принципе - мощная многоаспектная база данных с послойным наложением различных факторов, определяющих риск. К их числу, в частности, относятся: вероятностная карта сейсмической опасности с ее базой данных; изученные эффекты локальных геологических условий, которые играют существенную роль не только в оценке опасности, но и в оценке уязвимости линий жизнеобеспечения, так как они выходят из строя в первую очередь из-за деформаций грунтов; сопутствующие опасности, такие как образование разломов и разрывов горных пород, растрескивание грунта, оползни, разжижение грунта, пожары и др.; уязвимость и оценка повреждений различных типов зданий и сооружений, а также особо важных объектов; количество и плотность населения; возможные жертвы, исходя из различных сценариев землетрясений; информация о собственности; социально-экономическая информация, участвующая в оценке риска; и многое другое. В результате строится карта, где темными тонами показан высокий риск, как наложение максимального числа действующих факторов, а светлыми тонами - низкий риск, отражающий минимальное их число (рис. 2.5(1)).

Из приведенного выше подхода, который реализован в современных специализированных пакетах программ типа "HAZUS" (США) и других, становится ясно, что для картирования риска понадобится информация, получение которой во многих странах займет несколько лет, а может и больше. К числу этих многих стран относятся государства бывшего СССР, где до

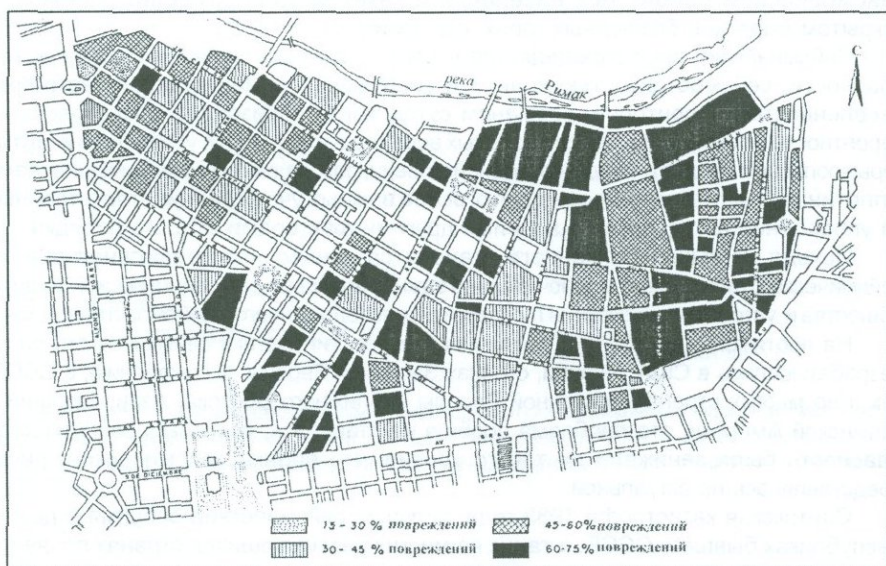


Рис. 2.5(1) Сейсмический риск района Серкадо г. Лима (Перу). (Alva-Hurtado, 1994)

1991г. эта проблема не поднималась, а также все развивающиеся государства, в которых проблемы опасностей и рисков, как правило, глубоко не изучаются.

Другая проблема американских программ – это невозможность быстрой оценки вероятных потерь непосредственно после землетрясения, что исключительно важно для адекватного реагирования, с целью оказания помощи населению в эпицентральной зоне. И, наконец, третья проблема – это невозможность глобального картирования риска, на уровне региона, континента или мира, из-за отсутствия однородных данных по всем показателям, требующимся для американских программ.

Важным шагом на пути к оценке сейсмического риска в развивающихся странах стала инициатива ООН под названием “RADIUS” в рамках Декады (1991-2000гг.) снижения опасности природных катастроф (IDNDR), объявленной ООН.

Программа RADIUS, начатая в 1998 году и продлившаяся два года, имела целью:

- разработать сценарии разрушений зданий и сооружений при сильных землетрясениях, а также планы управления риском для девяти отобранных городов мира;
- разработать практические способы оценки сейсмических потерь и управления риском, которые были бы применимы к любому городу мира;
- провести сопоставительные исследования проблемы сейсмического риска в городах сейсмоактивных зон;
- содействовать обмену информацией по путям снижения сейсмического риска на уровне города.

В проекте RADIUS, помимо девяти отобранных городов со всех континентов, приняло участие около 100 городов мира в обмене информацией, включая и три города Армении – Ереван, Гюмри, Спитак – по инициативе проф. С. Ю. Баласаняна.

Несмотря на большой успех и принесенную пользу, в проекте RADIUS не удалось преодолеть отмеченных выше проблем относительно оценки сейсмического риска.

Другим важным шагом, направленным на решение задач оценки сейсмического риска, стала методика быстрой оценки потерь при сильных землетрясениях “Экстремум”, разработанная в 1996-1998гг. в МЧС России под руководством проф. М. А. Шахраманьяна.

Программа “Экстремум”, как и “HAZUS”, опирается на обширную базу исходных данных:

- каталоги землетрясений;
- каталоги разломов, определяющих зоны возможных очагов землетрясений;
- данные по численности, размещению и жизнеобеспечению населения;
- информация о застройке и объектах инфраструктуры сейсмоопасных районов с различной степенью детальности, включая данные о сейсмостойкости зданий и сооружений;
- информация об особо опасных объектах как источниках вторичных факторов поражающего воздействия землетрясения;
- данные о силах и средствах, которые могут быть привлечены к ликвидации последствий землетрясения.

Таким образом, эффективность методики “Экстремум” определяется наличием и достоверностью всех вышеперечисленных данных.

## 2.6 Оценка сейсмического риска в Армении

Оценка сейсмического риска в Армении имеет короткую историю.

После катастрофического Спитакского землетрясения 1988 года проблема многофакторной оценки и затем снижения сейсмического риска впервые не только в Армении, но и на территории бывшего СССР была поднята в 1991 году С. Ю. Баласаняном и стала реализовываться в возглавляемой им НССЗ при Правительстве РА.

В 1991-1994гг С. Ю. Баласаняном был разработан метод экспрессной оценки сейсмического риска (МЭОСР), основанный на использовании трех основных факторов, влияющих на величину риска: 1) сейсмическая опасность; 2) сейсмостойкость и площадь застроек; 3) численность населения.

При этом, сейсмический риск оценивается для ночного времени как для наихудшего варианта возможных потерь. Разработанный метод предназначен для трех основных случаев оценки сейсмического риска:

– экспрессная оценка сейсмического риска непосредственно после сильного землетрясения в населенном районе, с целью быстрого реагирования, адекватного вероятным потерям;

– ориентировочная оценка сейсмического риска для развивающихся стран, с низким валовым национальным продуктом, обычно имеющих большой дефицит необходимых данных;

– глобальная оценка и картирование сейсмического риска на уровне государства, региона, континента, мира, где необходимо иметь однородные исходные данные, наличие которых определяется страной с наибольшим дефицитом информации.

Таким образом, МЭОСР основан на использовании:

– главных составляющих сейсмического риска;

– широко доступных ограниченных данных;

– упрощенных зависимостей, действующих между главными элементами, влияющими на величину риска.

В 1994 году была выполнена первая работа по оценке сейсмического риска города Еревана с использованием метода МЭОСР (Balassanian and Manukyan, 1994).

Сейсмический риск оценивался исходя из сценария повторения сильнейшего Гарнийского (Ереванского) землетрясения 1679 года ( $M=7.0$ ) согласно закону повторяемости землетрясений. При этом, рассчитывался *риск сейсмических потерь* (RSL), как:

$$RSL = K_R \times K_S \times K_P, \quad (2.1)$$

где  $K_R$  - рейтинг риска, равный

$$K_R = \frac{I_{h,z}}{I_{r,l,r}}, \quad (2.2)$$

$I_{h,z}$  - интенсивность сейсмического воздействия и  $I_{r,l,r}$  - сейсмостойкость зданий и сооружений, выраженная в баллах шкалы MMI или MSK-64);

$K_s$  - рейтинг уязвимости людей, равный

$$K_s = \frac{S_b}{S}, \quad (2.3)$$

( $S_b$  - площадь застроек с различной степенью риска разрушений и  $S$  - общая площадь застроек, выраженная в км<sup>2</sup>);

$K_p$  - коэффициент уязвимости людей, равный

$$K_p = \frac{P_b}{P}, \quad (2.4)$$

( $P_b$  - число людей, находящихся в зданиях с различной степенью риска разрушений, и  $P$  - общее население города).

Для характеристики RSL были введены три уровня риска: высокий ( $RSL > 1.1$ ), средний ( $1.1 \geq RSL > 1.0$ ) низкий ( $RSL \leq 1.0$ ).

Сейсмический риск г.Еревана, выраженный в рейтингах (уровнях) RSL, был оценен путем воспроизведения сценария Гарнийского землетрясения 1679 года на основе трех главных элементов риска:

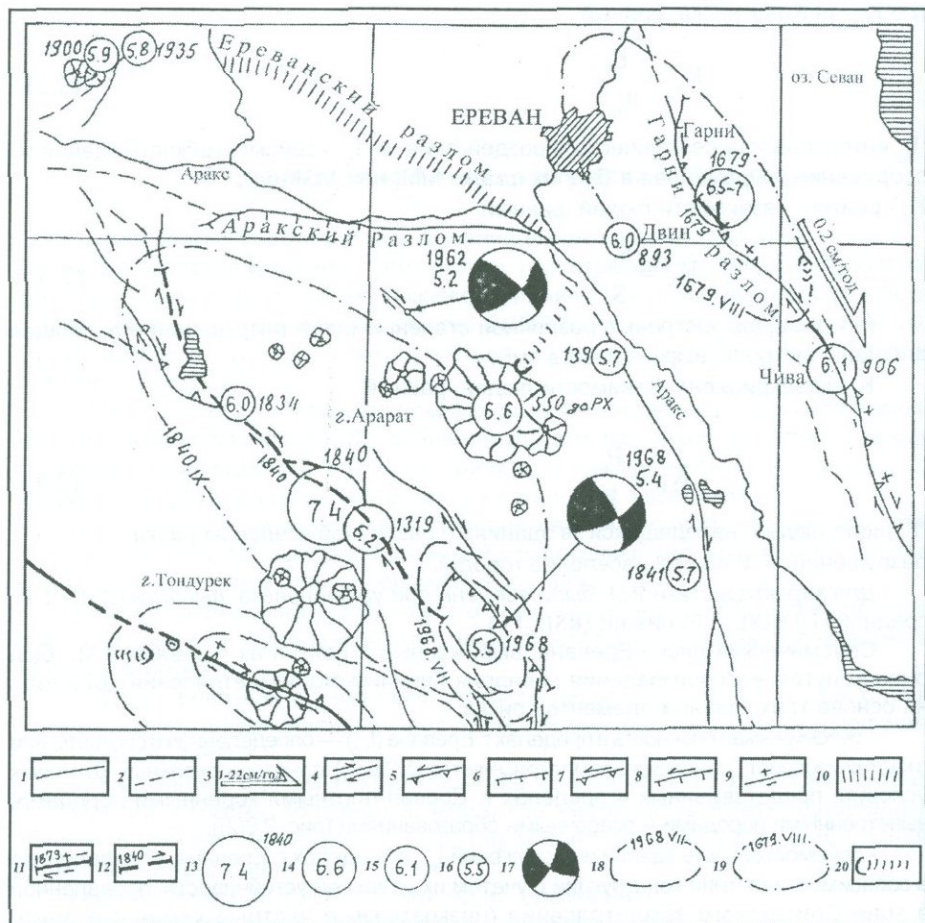
- сейсмическая опасность в пределах г. Еревана ( $I_{h,z}$ ) — определенная в соответствии с картой изосейст Гарнийского землетрясения (рис. 2.6(1)), с учетом локальных грунтовых условий, представленных в пределах г. Ереван плотными коренными породами, выветренными породами и осадочными образованиями (рис. 2.6(2));

- сейсмостойкость зданий и сооружений  $I_{r,l,r}$  в пределах г. Еревана, определенная в зависимости от типа конструкций с учетом их реальной устойчивости, проявленной в зоне Спитакского землетрясения (низкоэтажные частные каменные дома, построенные без норм сейсмостойкого строительства; каменные и комплексные конструкции с низким стандартом норм сейсмостойкого строительства; крупнопанельные дома с низким стандартом норм сейсмостойкого строительства; дома, построенные методом подъема этажей с очень низким стандартом сейсмостойкости; рамно-панельные с низким стандартом норм сейсмостойкого строительства; рамно-связевые с относительно высокой сейсмостойкостью, проявленной при Спитакском землетрясении 1988г.);

- количество населения проживающего во всех шести типах конструкций.

На рис. 2.6(3) показано распределение риска разрушения зданий и сооружений различных конструкций в различных частях г. Еревана.

Из рис. 2.6(4) видно распределение риска возможных человеческих потерь в домах и сооружениях различных конструкций в различных частях г.Еревана.



**Рис. 2.6(1)** Фрагмент карты активных разломов и сейсмотектоники Армении (по А. Караханяну и Р. Арутюняну) – зона сейсмической опасности для г. Ереван (Balassanian and Manukian, 1994):

1-активные разломы; 2-предполагаемые активные разломы по косвенным данным (дешифровка космических снимков, сейсмическая активность и др.); 3-направление горизонтального смещения вдоль разломов и средняя скорость смещения; 4-сдвиги; 5-взброс и надвиг; 6-сброс; 7-сдвиг и взброс; 8-сдвиг и сброс; 9-вертикальное смещение; 10-погребенный глубинный разлом; 11-сейсмотектонические дислокации; 12-сейсмотектонические дислокации, выделенные по историческим данным и частично по результатам полевых исследований; 13-землетрясения с  $M > 7.1$  (с определенным годом и магнитудой); 14-землетрясения с  $6.6 < M < 7.0$ ; 15-землетрясения с  $6.1 < M < 6.5$ ; 16-землетрясения с  $5.5 < M < 6.0$ ; 17-фокальные механизмы землетрясений; 18-наивысшие изосейсты по историческим данным и современным исследованиям исторических сооружений; 19-наивысшие изосейсты по историческим данным и современным исследованиям исторических сооружений; 20-голоценовые сейсмогенные оползни.

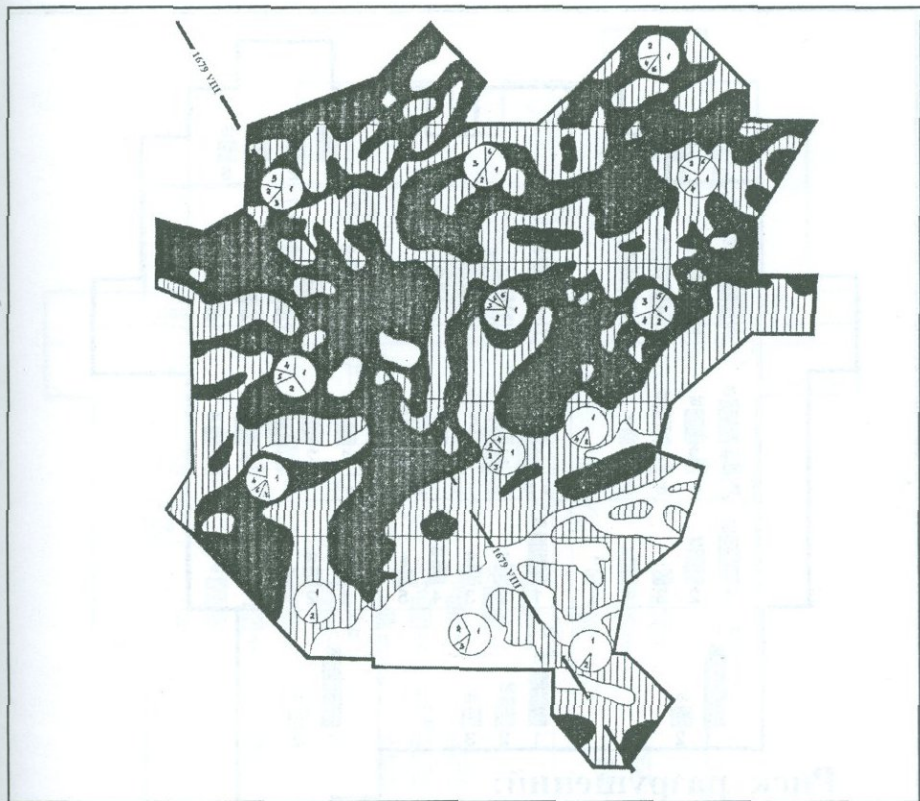


Рис. 2.6(2) Схематический план города Еревана с преобладающими типами грунтов (в соответствии с сейсмическими свойствами) и соотношением зданий различной конструкции. (Balassanian and Manukian, 1994)

Тип грунта согласно сейсмическим свойствам:

- - скальные и крупнообломочные;
- ▨ - скальные выветрелые;
- ▧ - песчаные рыхлые.



Соотношение между различными конструктивными схемами зданий в определенных зонах г. Ереван.

Конструктивные типы зданий:

1. Малоэтажные каменные дома (частные постройки);
2. Каменной и комплексной конструкции;
3. Крупнопанельные;
4. Каркасные и каркасно-панельные;
5. Возведенные методом подъема этажей;
6. Рамно-каркасные и каркасно-связевые



Рис. 2.6(3) Карта сейсмического риска разрушений зданий различных конструктивных типов в городе Ереван (тип конструкции - 1, 2, ..., указан в процентах (20, 40) от общего числа зданий в каждом квартале  $j, k, \dots$ ) (Balassanian and Manukian, 1994).

Наиболее опасными для людей являются дома, построенные методом подъема этажей, и рамно-панельные конструкции.

Картирование RSL по городу Еревану (рис. 2.6(5)) показывает, что 26 км<sup>2</sup>

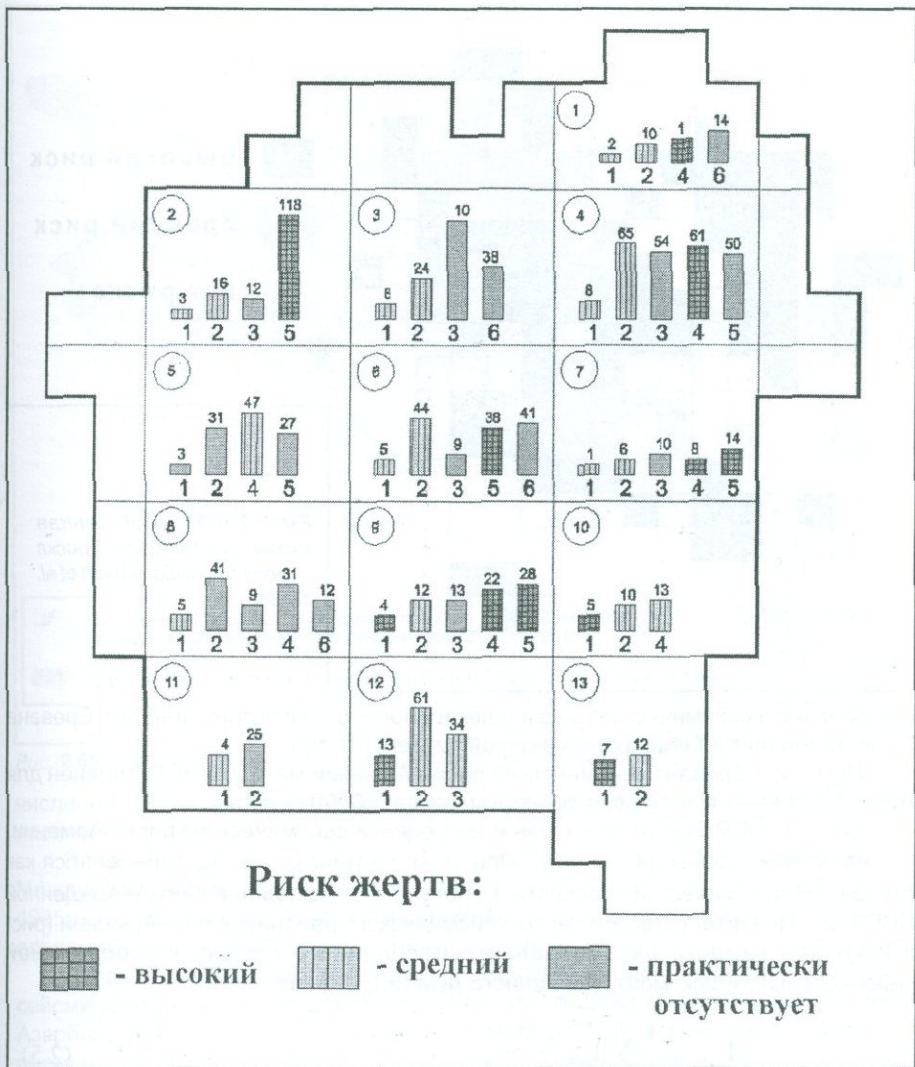
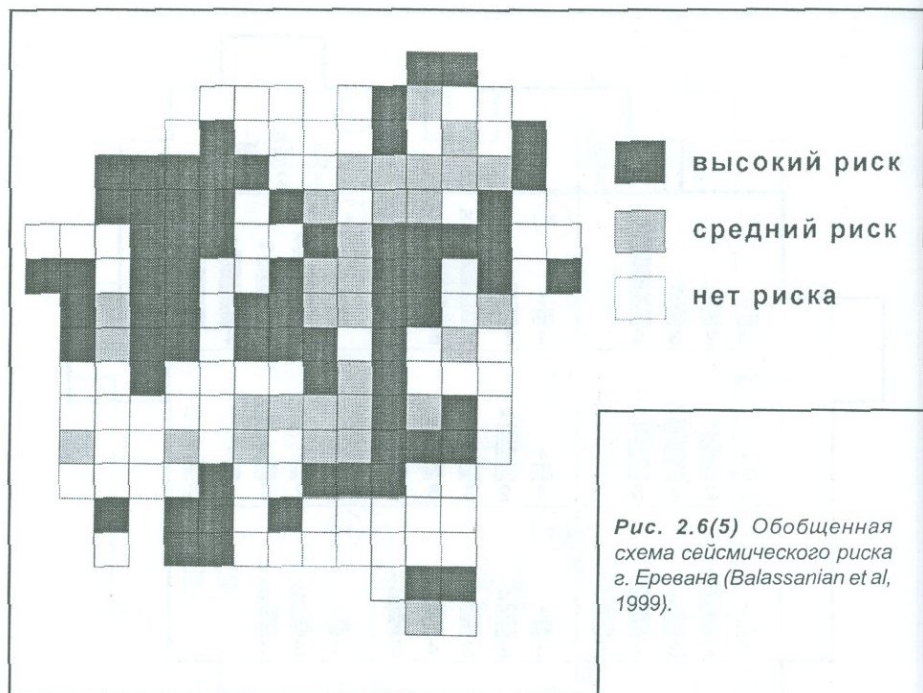


Рис. 2.6(4) Карта сейсмического риска человеческих потерь в г. Ереван (число людей указано в тысячах, в каждом типе конструкции 1, 2, ..., в каждом квадрате  $j, k, \dots$ ) (Balassanian and Manukian, 1994).

составляющих 15% площади города, находится в условиях высокого риска. Зона высокого риска включает 1516 зданий с 327000 жителей.

В 1994-2002 гг. в НССЗ при Правительстве РА проводилась работа по



*Рис. 2.6(5) Обобщенная схема сейсмического риска г. Еревана (Balassanian et al, 1999).*

картированию сейсмического риска с детальностью до каждого здания г. Еревана с использованием Геоинформационной системы (ГИС).

Помимо г. Еревана сейсмический риск в Армении методом ЭОСР оценен для всех населенных пунктов с населением более 50000 человек.

Метод ЭОСР был использован и для оценки сейсмического риска Армении, т.е. на уровне страны (рис. 2.6(6)). При этом, рейтинг риска  $K_R$  определялся как отношение сейсмической опасности  $I_{hZ}$  полученной из официально утвержденной НССЗ при Правительстве РА карты сейсмического районирования Армении (рис. 2.2(4)) для каждого рассмотренного населенного пункта, к усредненной сейсмостойкости искомого населенного пункта  $I_{B.E.}$ , как

$$I_{B.E.} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_{B.E.(i)}, \quad (2.5)$$

где  $I_{B.E.(i)}$  сейсмостойкость всех (n) типов конструкций, которыми застроен населенный пункт.

Рейтинг уязвимости застроек  $K_S$  определялся как отношение площади населенного пункта  $S_p$ , расположенного в зоне с определенным сейсмическим риском, к общей площади страны ( $S_c$ ). Рейтинг уязвимости людей – как отношение

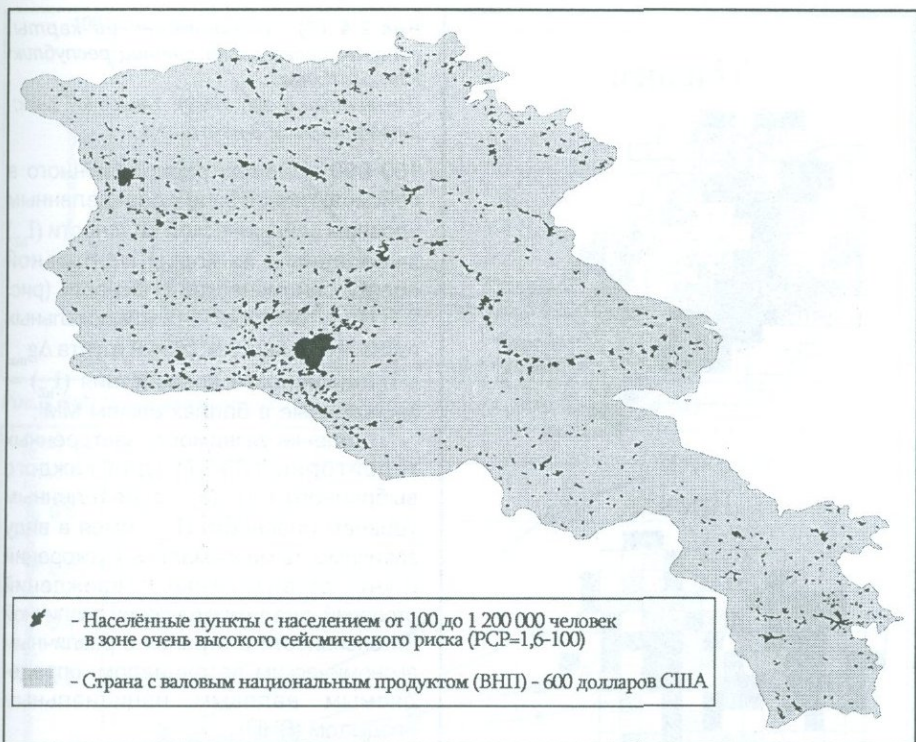


Рис. 2.6(6) Карта сейсмического риска Армении (Balassanian, 2003).

численности населения соответствующего населенного пункта ( $P_p$ ) к численности населения страны ( $P_c$ )

Разработанный метод ЭОСР получил широкое признание на 5-ой Международной Конференции по Сейсмическому Районированию (Франция, 1995г.) и рекомендован для применения в международной практике как один из официально принятых методов оценки сейсмического риска.

В рамках международного фонда "Евразия" (США) по программе "Оценка сейсмического риска городов южного Кавказа" в 2000г. сейсмологами Армении, Азербайджана и Грузии был использован метод ЭОСР для оценки сейсмического риска гг. Баку, Еревана, Тбилиси, (рис. 2.6(7)). Таким образом, метод ЭОСР был использован и на региональном уровне.

В 2003г. С. Ю. Баласаняном методом ЭОСР была создана первая мировая карта сейсмического риска, при финансовой поддержке Международной ассоциации сейсмологии и физики Земли (IASPEI).

Разработанный алгоритм глобальной оценки и картирования сейсмического риска выглядит следующим образом:

- оценка сейсмического риска (ОСР) для каждого города с населением более



**Рис.2.6 (7)** Схематические карты сейсмического риска столиц республик Южного Кавказа (Назаретян и др., 1999): 1-высокий риск; 2-средний риск; 3-нет риска.

100 000 человек, расположенного в сейсмоактивной зоне с определенным уровнем сейсмической опасности ( $I_{hz}$ ) выведенным из карты глобальной оценки сейсмической опасности (рис. 2.1(1)), путем пересчета максимальных горизонтальных ускорений грунта  $\Delta g_{max}$  в интенсивности воздействия ( $I_{hz}$ ) —, выраженные в баллах шкалы MMI;

- оценка уязвимости застроенных территорий (ОУЗТ) для каждого выбранного города с определенным уровнем опасности ( $I_{hz}$ ), имея в виду зависимость максимальных ускорений грунта от возможных повреждений строений, для землетрясений различной интенсивности в странах с различным экономическим потенциалом, определяемым валовым национальным продуктом (ВНП);

- оценка уязвимости населения (ОУН) для каждого выбранного города, с определенным уровнем сейсмического риска ( $K_R$ ), на основе функции: повреждение сооружений — человеческие потери, для землетрясений с различной интенсивностью в странах с различным уровнем валового национального продукта;

- рейтинг сейсмического риска (РСР) по четырем градациям: низкий ( $ОСР \leq 1.005$ ,  $ОУЗТ \leq 0.5\%$ ,  $ОУН \leq 0.0035\%$ ), средний ( $ОСР = 1.005-1.05$ ,  $ОУЗТ = 0.5-5\%$ ,  $ОУН = 0.0035-0.035\%$ ), высокий ( $ОСР = 1.05-1.25$ ,  $ОУЗТ = 5-20\%$ ,  $ОУН = 0.035-0.35\%$ ), очень высокий ( $ОСР > 1.25$ ,  $ОУЗТ > 20\%$ ,  $ОУН > 0.35\%$ ).

В предложенном алгоритме глобальной оценки сейсмического

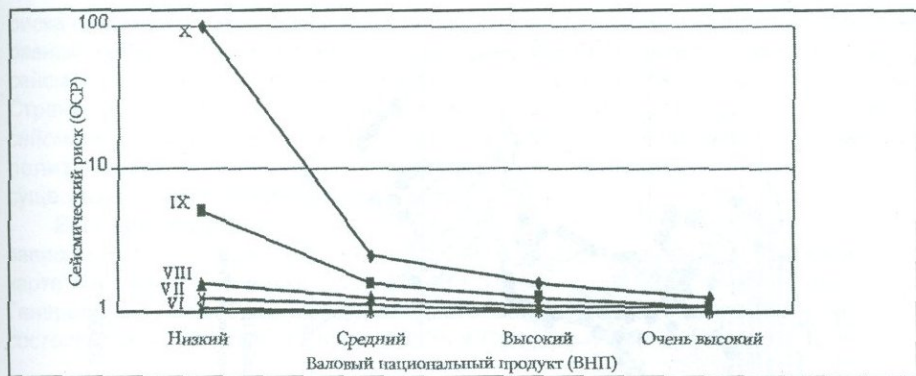


Рис. 2.6(8) Диаграмма оценки сейсмического риска (Balassanian, 2003с).

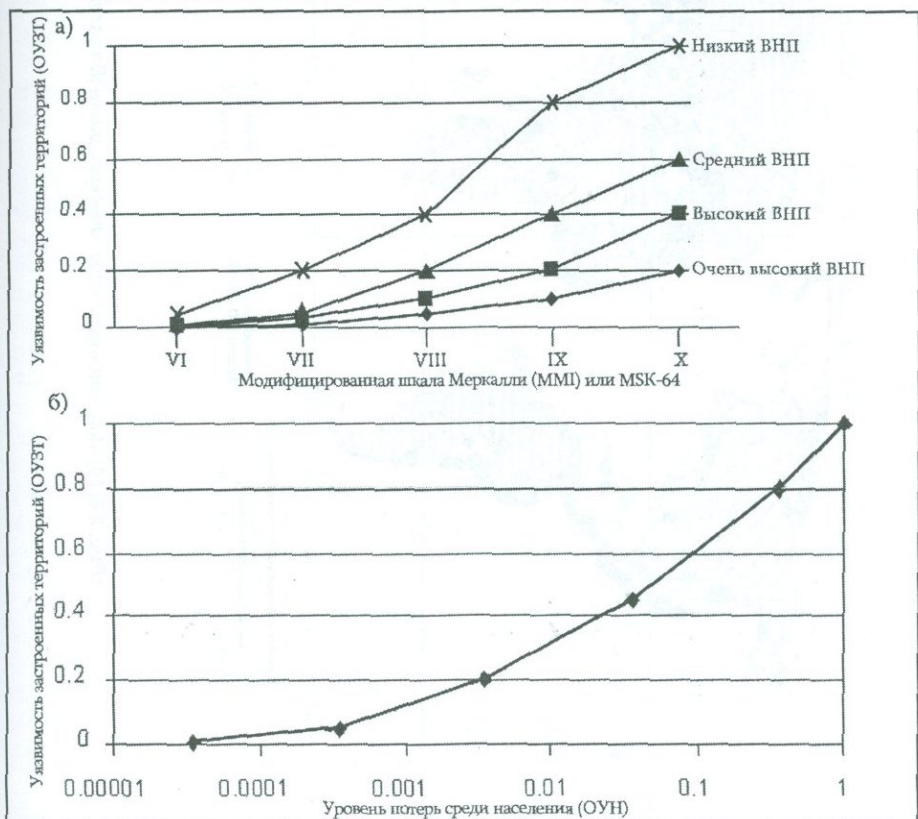


Рис. 2.6(9) Диаграмма оценки уязвимости застроенных территорий (а) и населения (б) (Balassanian, 2003).

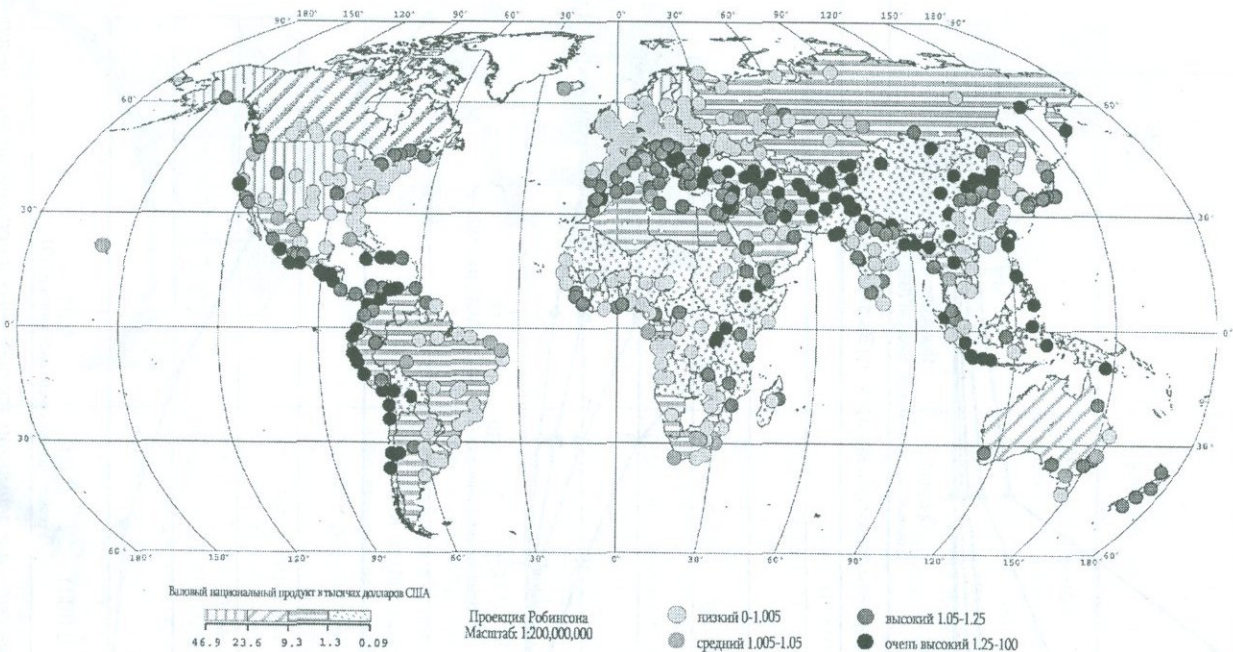


Рис. 2.6(10) Мировая карта сейсмического риска (Balassian, 2003).

риска одним из ключевых решений является то, что различные страны, имеющие разный экономический потенциал, выраженный в ВВП, имеют различные нормы сейсмостойкого строительства, отражающие различные строительные стандарты. Страны с высоким ВВП обычно проектируют строительство адекватно уровню сейсмической опасности, а страны с низким ВВП, по различным причинам – от политических до научных, не принимают во внимание полную величину существующей сейсмической опасности.

Вышеприведенное утверждение хорошо отражено в построенных зависимостях ОСР (рис. 2.6(8)), ОУЗТ и ОУН (рис. 2.6(9)), а также в первой мировой карте сейсмического риска (рис. 2.6(10)), которая получила высокую оценку на Генеральной Ассамблее международного Союза геодезии и геофизики (IUGG), состоявшейся 30 июня -11 июля 2003г. в Саппоро (Япония).

## Глава 3.

# Снижение сейсмического риска

В главе 3 приведены важнейшие элементы сейсмической защиты, связанные со снижением сейсмического риска.

### 3.1 Концепция и стратегия снижения сейсмического риска

После оценки сейсмической опасности и риска так, как это описано в главах 1 и 2, важное значение приобретает снижение сейсмического риска.

На пути к снижению сейсмического риска важнейшей задачей является разработка «Концепции» и «Стратегии» решения этой проблемы как на государственном, так и межгосударственном уровнях.

В XX веке основное внимание в сфере защиты населения от катастроф вообще и от сейсмической катастрофы в частности, как на национальном, так и международном уровнях, уделялось проблеме «Восстановления». Для этого на национальных уровнях были созданы планы и силы «Управления катастрофами», а также выделены соответствующие фонды в бюджетах государств, для «Восстановления» в случае различных катастроф. То же самое было предпринято и на международном уровне, в частности ООН, так как выяснилось, что многие, в особенности развивающиеся страны, зная о возможных опасностях на своей территории, не только не готовы к «Восстановлению», но и к «Управлению катастрофами» в случае таковых.

Исходя из опыта, приобретенного государствами в XX веке, не умаляя большого значения «Управления катастрофами» и «Восстановления», можно прийти к выводу о том, что эта политика, к сожалению, не решила задачи защиты населения от сильных землетрясений. После катастрофы ни «Управление катастрофами», ни «Восстановление» не могут восполнить ни безвозвратных людских потерь, ни огромного социально-экономического ущерба, понесенного государством, пострадавшим от катастрофы.

В связи с этим в конце XX века все больше внимания стала привлекать идея приоритета «Готовности» над «Восстановлением» и, соответственно, стратегия снижения риска, включающая как один из составных элементов – «Управление катастрофами». Одним из инициаторов, разработчиков и проводников этой стратегии после катастрофического Спитакского землетрясения 1988г. стал проф. С. Ю. Баласанян и возглавляемая им НССЗ при Правительстве РА.

Существуют разные концепции решения этой сложнейшей задачи. В развитых странах, таких, как США, Япония и других, с большим экономическим потенциалом, концепция снижения сейсмического риска опирается на три главных приоритета:

1) оценка долгосрочной сейсмической опасности и риска; 2) адекватное опасности и риску сейсмостойкое строительство; 3) управление снижением риска.

В странах с меньшим экономическим потенциалом, но с развитыми передовыми технологиями и индустрией, к примеру, в Китае реализуется несколько иная концепция. Это, помимо вышеизложенных приоритетов, еще и прогноз землетрясений, а также централизованная структура государственного управления во главе с Китайским Государственным Сейсмологическим Бюро (КГСБ), имеющим статус министерства.

Во многих развивающихся странах, при известной высокой сейсмической опасности и риске, не предпринимается ничего для снижения сейсмического риска. В результате, при каждом очередном сильном сейсмическом событии, которое неизбежно происходит согласно закону повторяемости землетрясений, гибнут десятки тысяч людей, страна терпит огромные экономические потери и социальные потрясения. К этой группе стран относится и Армения, где до Спитакского землетрясения 1988 года проблема снижения сейсмического риска вообще не рассматривалась из-за искусственно заниженной сейсмической опасности.

В 1991г. в Армении С. Ю. Баласаняном была разработана национальная «Концепция» и «Стратегия» снижения сейсмического риска, положенные в основу Закона Республики Армения о Сейсмической защите (2002г.), двух Государственных программ по снижению сейсмического риска на территории Армении (приложение 1) и г.Еревана (1999г.), ряда ведомственных, государственных и международных программ (1991 – 2002г.). В 2002г. этот подход был рекомендован ООН для развивающихся стран.

Цель «Концепции» и «Стратегии» снижения сейсмического риска – смягчение ущерба от землетрясений, путем усовершенствования государственного и межгосударственного управления снижением сейсмического риска с вовлечением всех уровней власти и всего общества.

Разработанная «Концепция» снижения сейсмического риска включает следующие положения:

- единая государственная и согласованная межгосударственная политика и программа снижения сейсмического риска, разработанная и реализуемая специальным профессиональным органом государственного управления типа НССЗ при Правительстве РА, ответственным за снижение сейсмического риска;
- приоритет готовности к сильным землетрясениям («Готовность») над восстановлением после землетрясения («Восстановление») в единой государственной и согласованной межгосударственной политике и программе снижения сейсмического риска;
- равная приоритетность всех элементов снижения сейсмического риска в сфере «Готовность»;
- параллельная реализация подпрограмм единой государственной и согласованной межгосударственной программы (Программа) снижения сейсмического риска;
- объединение профессионально координируемых усилий министерств, ведомств, неправительственных организаций и вообще общества в реализации Программы;
- интернационализация Программы, путем вовлечения в ее выполнение лучших международных и национальных центров;

- привлечение иностранных доноров и инвесторов к финансированию различных национальных и региональных подпрограмм Программы;
- многоэтапный характер Программы, состоящей из краткосрочных (до 1 года), среднесрочных (до 5 лет) и долгосрочных (до 20 лет) подпрограмм, выполняемых различными министерствами и ведомствами.

Стратегия снижения сейсмического риска представляет собой решение трех основных задач: 1) прогноз сейсмической опасности; 2) оценка сейсмического риска; 3) снижение сейсмического риска.

Прогнозу сейсмической опасности и оценке сейсмического риска были посвящены главы 1 и 2.

*Снижение сейсмического риска* предполагает решение следующих основных проблем:

1. Создание правового поля путем разработки и принятия соответствующих законов и нормативных документов, обеспечивающих правовую базу снижения риска;
2. Управление снижением сейсмического риска на базе специального сейсмологического органа государственного управления типа НССЗ при Правительстве РА;
3. Снижение уязвимости территорий;
4. Раннее оповещение населения;
5. Повышение информированности населения о сейсмологической опасности и риске;
6. Подготовка государственных органов к управлению сейсмическим риском;
7. Медицинская готовность;
8. Создание сил быстрого реагирования;
9. Организация и проведение спасательных работ;
10. Страхование от землетрясений;
11. Предотвращение миграции населения из зоны землетрясения;
12. Оказание помощи, восстановление и реабилитация населения.

Реализация представленных «Концепции» и «Стратегии» даст следующие основные результаты:

- сформируется новая приоритетная долгосрочная государственная и межгосударственная политика снижения сейсмического риска, направленная на обеспечение безопасности населения и устойчивого развития государства;
- создастся планомерная, управляемая специализированным сейсмологическим органом государственного управления, типа НССЗ при Правительстве РА, система снижения сейсмического риска, в которую будут вовлечены министерства, ведомства, общественные организации, т.е. практически всё общество, что соответствует международному подходу в решении этой сложнейшей проблемы;
- повысится общая устойчивость государства к сильным потрясениям и катастрофам;
- создадутся предпосылки для вовлечения крупных финансовых инвестиций в экономику государства, не подверженного высокому сейсмическому риску;
- привлекутся новейшие технологии по всем направлениям снижения сейсмического риска – от прогноза сейсмической опасности до сейсмостойкого строительства и подготовки населения, которые можно будет использовать во всех других сферах деятельности государства;

– улучшится техническая база и база знаний для развития образования, науки и техники.

Приведенные ожидаемые результаты могут быть достигнуты путем разработки и выполнения взаимодополняющего пакета программ в трех главных направлениях: прогноз сейсмической опасности, оценка сейсмического риска и его снижение.

Реализация представленных «Концепции» и «Стратегии» даст возможность повысить уровень готовности государства и его населения к сильным землетрясениям, что, в свою очередь, путем уменьшения затрат на ликвидацию последствий землетрясений приведет к более стабильному социально-экономическому развитию страны в целом. Реализация «Концепции» и «Стратегии» должна осуществляться всеми министерствами, ведомствами, общественными и частными организациями государства при координации специализированным сейсмологическим органом госуправления, типа НССЗ при Правительстве РА. Выполнение «Концепции» и «Стратегии» повысит уровень готовности государства и населения к сильным землетрясениям. Это приведет, соответственно, к значительному снижению опасности очередной сейсмической катастрофы, что обеспечит устойчивое социально-экономическое развитие общества в целом.

При реализации программ будут достигнуты также положительные сдвиги по следующим направлениям: улучшение состояния окружающей среды и ее охрана; активизация и привлечение неправительственных организаций в общую систему управления; организация обучения детей жизненно необходимым навыкам; медико-социальная реабилитация инвалидов и их привлечение в общую систему управления; активизация и привлечение национальных меньшинств в сферу социального взаимодействия.

На рис. 3.1(1) приведены два подхода к проблеме сейсмической защиты общества и государства.

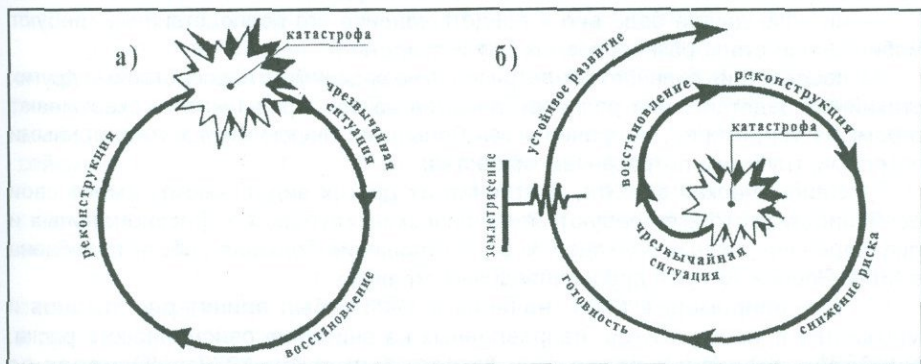


Рис. 3.1 (1) Два подхода к проблеме сейсмической защиты: а) пренебрежение сейсмической опасностью и риском, состоящее из трех этапов от землетрясения к землетрясению: сейсмическая катастрофа > чрезвычайная ситуация > восстановление > реконструкция > вновь сейсмическая катастрофа; б) осознание масштабов сейсмической опасности и риска и создание системы сейсмической защиты, состоящее из пяти этапов от землетрясения к землетрясению: сейсмическая катастрофа > чрезвычайная ситуация > восстановление > реконструкция > снижения риска > готовность > землетрясение без чрезвычайной ситуации > устойчивое развитие.

## 3.2 Правовое поле

Государственные программы по снижению сейсмического риска, разработанные на основе вышеприведенной концепции и стратегии, должны опираться на правовое поле.

Закон представляет собой общую правовую основу снижения сейсмического риска. Он защищает программы снижения риска, организационные мероприятия по подготовке и быстрому реагированию, структуру управления и т.д. Закон определяет ответственность и полномочия звеньев системы управления. Закон о сейсмической защите должен учитывать Конституцию, государственное и правовое устройство, систему управления, экономические, национальные и религиозные, сейсмические особенности и особенности градостроительства данной страны.

*Цель закона* - создание таких условий на этапах подготовки, предотвращения, реагирования и восстановления, которые позволят, путем организации и управления многодисциплинарной сферой сейсмической защиты, уменьшить последствия сильного землетрясения.

Закон о сейсмической защите необходим еще и по следующим причинам:

- предотвращение катастрофических последствий сильного землетрясения - это сложный процесс, требующий много времени и больших средств, для организации которого необходимо объединение усилий всего общества;

- ни одно другое бедствие и предотвращение его последствий не требуют мобилизации столь разнообразных сил и средств;

- последствия сильного землетрясения не сравнимы с последствиями других стихийных бедствий; они распространяются на все сферы жизни, охватывают огромные территории, оборачиваются большими людскими и материальными потерями, глубоко потрясением общества;

Сейсмическая защита, в отличие от других видов защит, имеет свои особенности, которые требуют специфических, глубоко профессиональных и дифференцированных подходов. В этом отношении большая работа проведена в США, Японии, Китае и других передовых странах.

Так, например, в США, начиная с 1906г., был принят ряд законов и множество правовых актов, направленных на снижение сейсмического риска. Наиболее радикальным, на наш взгляд, был закон 1977г. «О мерах по уменьшению опасных последствий землетрясений». Федеральное правительство учредило Федеральное управление по мерам безопасности, на которое возложены обязанности по организации общественной помощи до и после землетрясений. Закон предусматривает тесное сотрудничество между федеральным правительством и административными органами штатов, округов и городов, необходимое для достижения поставленных целей. С

момента принятия этого закона федеральное правительство обеспечивает руководство в следующих направлениях:

- планирование действий при катастрофах и разработка мер безопасности;
- прогноз землетрясений;
- оценка сейсмического риска;
- утверждение строительных норм и правил;
- уменьшение опасности для существующих зданий и служб;
- безопасность ответственных сооружений;
- программы подготовки населения;
- изучение землетрясений и их последствий в рамках международного сотрудничества.

Разумеется, помимо принятия соответствующих законов, законодательных актов и нормативных документов важной проблемой становится их выполнение. Так, в Турции еще в 1944 году был принят достаточно прогрессивный закон, направленный на снижение сейсмического риска.

Тем не менее, по-видимому, из-за проблем с реализацией этого и последующих законодательных актов данной сферы, каждое очередное землетрясение в Турции завершается большими жертвами и разрушениями.

На территории бывшего СССР вообще не существовало какое-либо правовое поле, связанное с сейсмической защитой. В результате, каждое сильное сейсмическое событие оборачивалось масштабной трагедией для республик, расположенных в сейсмоактивных зонах: Россия, Дальний Восток, Казахстан, Узбекистан, Армения и другие.

После утверждения Государственных программ по снижению сейсмического риска в Армении в 1999г., под руководством С. Ю. Баласаняна, в НССЗ при Правительстве РА был подготовлен проект документа «Закон Республики Армения о Сейсмической защите», который был принят Парламентом РА в 2002 году (приложение 2).

Принятый в Армении закон является не только первым законодательным актом в области сейсмической защиты на всём постсоветском пространстве, но, возможно, и самым всеобъемлющим юридическим документом в этой сфере вообще в международной практике, разработанным с учетом последствий сейсмических катастроф до 2001 года в разных странах.

Анализ многих законодательных актов, направленных на снижение сейсмического риска, показывает, что, имея специфические «национальные» особенности, они во всех случаях должны включать:

- *общие положения*, в которых формулируются предмет законодательного акта или нормативных документов, используемые понятия, юридические основы и другие общие положения;
- *государственное регулирование*, включающее роль государства на муниципальном, федеральном, межгосударственном уровнях в реализации соответствующего законодательного акта или нормативного документа;
- *государственный контроль* в сфере реализации законодательного акта или нормативного документа, включающий субъекты и объекты, подлежащие контролю;
- *ответственность за нарушения* в сфере законодательного акта или нормативного документа;

– *основания для межгосударственного сотрудничества*, включающие юридическую базу и взаимоотношения между законодательством и международными договорами государства;

– *связь с системой страхования*, включая соответствующие понятия страхования, учреждение страхования, порядок страхования здоровья и собственности граждан, порядок страхования имущества предприятий и организаций;

– *заключительные положения*, включающие разъяснения, касающиеся законодательного акта или нормативного документа, переходное положение, вступление закона или нормативного документа в силу.

### 3.3 Управление снижением сейсмического риска

Управление снижением сейсмического риска - сложная проблема в любом государстве, независимо от степени его развитости.

В западных странах исторически, с начала века, создавались организации, которые занимались отдельными элементами сейсмической защиты: оценкой и прогнозом сейсмической опасности – сейсмологические службы; оценкой сейсмического риска – разные исследовательские институты и университеты; снижением уязвимости территорий – строительные организации и исследовательские институты; разработкой систем раннего оповещения – различные конструкторские бюро; повышением осведомленности населения – общественные организации и т.д. Кроме этого, над одной и той же проблемой, независимо друг от друга, работают те организации, которые хотят заниматься этим кругом вопросов. В результате, в одном и том же государстве, в силу исторически сложившихся традиций, различными элементами сейсмической защиты, занимаются множество государственных, общественных и частных организаций, часто оппонирующих и плохо взаимодействующих друг с другом. Для координации подобной ситуации и управления снижением сейсмического риска в этих странах избран единственно возможный для них путь – создание координационных советов из представителей различных организаций при органах власти различных уровней.

Опыт эффективности снижения сейсмического риска в развитых странах показывает, что в целом явные недостатки координационных советов компенсируются дополнительными материальными затратами и ресурсами этих государств.

В наиболее богатых развивающихся странах редко можно встретить координационные советы. Обычно всё управление снижением сейсмического риска передается какому-либо институту или университету. Так, к примеру, в Турции за снижение сейсмического риска отвечает Обсерватория Кандили, в Греции – Афинская Обсерватория, в Иране – Институт геофизики Тегеранского университета и Международный институт Инженерной сейсмологии и Сейсмологии. В результате, снижение сейсмического риска в этих странах, по объективной причине - отсутствия единого органа госуправления, становится нерешаемой проблемой, на что указывают разрушительные последствия каждого очередного землетрясения.

В наиболее бедных развивающихся странах проблема снижения сейсмического риска вообще не рассматривается – люди просто гибнут при каждом следующем сильном землетрясении, с лица земли стираются целые города.

Наиболее, на наш взгляд, прогрессивной и перспективной из всех вышеотмеченных систем управления является Китайская модель. Здесь действует

мощная разветвленная и вертикально субординированная система Государственного сейсмологического бюро, имеющая статус министерства и возглавляемая министром, принимающим решения по всем оперативным и долгосрочным вопросам, связанным с сейсмической защитой населения и государства. Преимуществом такого централизованного подхода является максимальная концентрация сил и средств страны в одном органе государственного управления, наделенном широкими полномочиями и высокой ответственностью, так как, при каждом сильном землетрясении, речь идет о жизни сотен тысяч людей, благополучии всего народа и устойчивом развитии государства.

После Спитакской катастрофы 1988г. в Армении начиная с 1991 года была создана и действовала до 2002 года самая прогрессивная система управления снижением сейсмического риска – НССЗ при Правительстве РА. Как и Китайское ГСБ, НССЗ при Правительстве РА имела высокий государственный статус органа госуправления, с разветвленной системой территориальных подразделений с вертикальной суподчиненностью начальнику НССЗ, который в свою очередь непосредственно подчинялся Премьер-министру РА.

В структуру НССЗ при Правительстве РА входили Управление: национальной сети наблюдений, информационных систем, оценки и снижения сейсмического риска, информации о землетрясениях, сейсмической защиты особо важных объектов, сейсмической защиты зданий и сооружений, сейсмической защиты

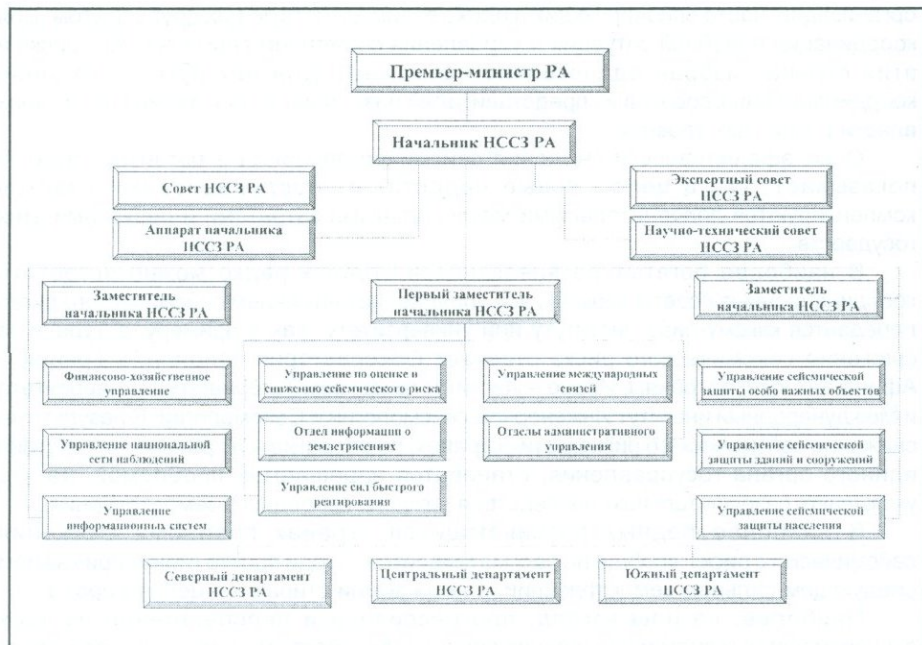


Рис. 3.3 (1) Структура НССЗ при Правительстве РА (1991-2002гг.).

населения, сил быстрого реагирования, международных связей (Рис. 3.3(1)).

Территориальные департаменты Службы – Центральный, Северный и Южный – состояли из однотипных по профессиональному профилю подразделений (Центров в Центральном и отделов в Северном и Южном департаментах), одноименных с управлениями НССЗ при Правительстве РА (Рис. 3.3(2)).

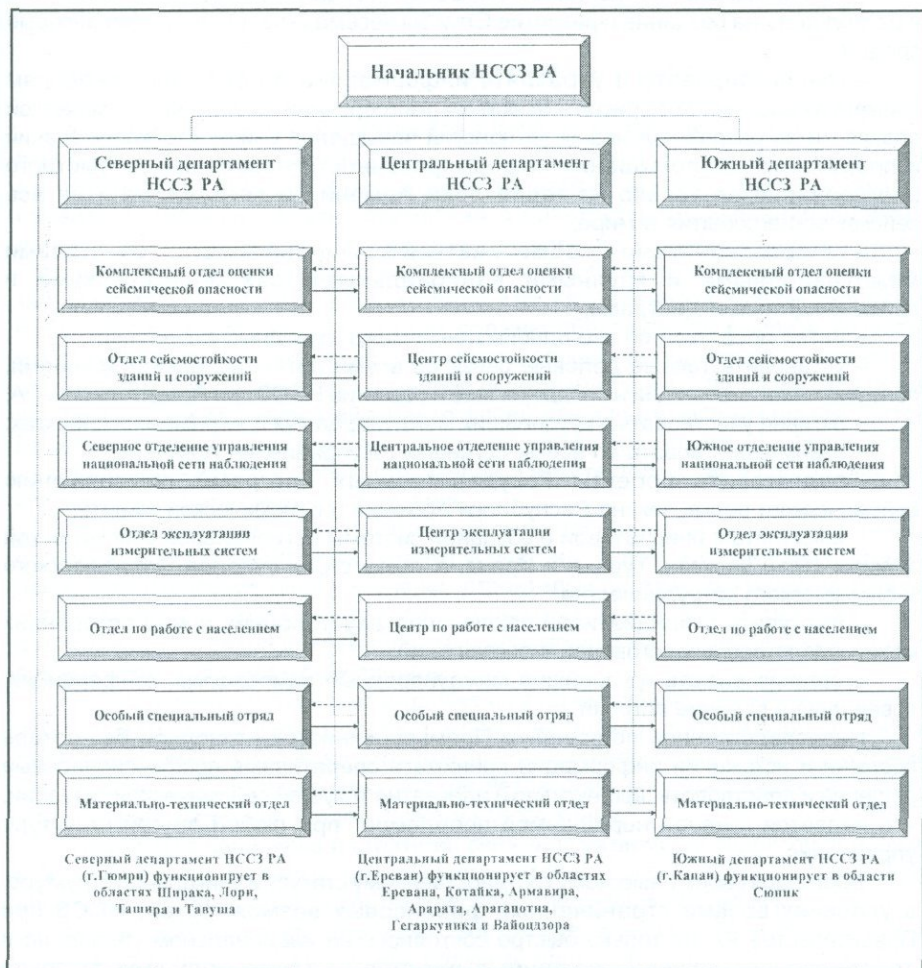


Рис. 3.3 (2) Структура Центрального, Северного и Южного департаментов НССЗ при Правительстве РА (1991-2002гг.).

Подобная уникальная структура и высокий государственный статус позволили в беспрецедентно короткие сроки:

- создать орган госуправления (НССЗ при Правительстве РА);
- оперативно принимать профессиональные решения и управлять всей системой сейсмической защиты;
- готовить профессиональные кадры в лучших зарубежных национальных и международных центрах;
- эффективно и целенаправленно, без каких-либо потерь, концентрировать и расходовать на создание и развитие Службы весьма ограниченные финансовые средства;
- концентрировать и управлять информацией по всем направлениям снижения сейсмического риска – от оценки долгосрочной и текущей сейсмической опасности до разработки новых технологий повышения сейсмостойкости зданий и сооружений; от повышения информированности населения до быстрого реагирования не только на территории Армении и региона, но и на все сейсмические события в мире;
- профессионально обмениваться информацией со всеми международными и крупными национальными сейсмологическими и сейсмозащитными центрами;
- интегрироваться во все одноименные международные структуры;
- установить тесные деловые связи со всеми потенциальными донорами, получая от них инвестиции на поддержание и развитие НССЗ при Правительстве РА;
- активно участвовать в крупнейших международных программах и проектах;
- взаимодействовать со всеми органами госуправления Армении;
- подготовить проекты Государственных программ по снижению сейсмического риска, закона Республики Армения о сейсмической защите;
- выступить с инициативой о создании системы региональной сейсмической защиты стран Кавказа, Турции и Ирана, а также стран участниц черноморского экономического сотрудничества;
- выступить с инициативой заключения двусторонних и многосторонних межгосударственных договоров и соглашений;
- организовывать крупнейшие международные симпозиумы, конференции, совещания и рабочие встречи.

Непосредственное подчинение Премьер-министру позволяло без потерь времени и искажения информации принимать оперативные профессиональные решения и действовать эффективно и адекватно текущей сейсмической ситуации, что является главной нерешаемой проблемой при любой другой структуре управления.

Благодаря своему высокому государственному статусу и уникальной структуре, в условиях весьма ограниченных финансовых возможностей, НССЗ при Правительстве РА не только быстро состоялась на национальном уровне, но и завоевала лидирующие позиции в регионе, а также получила высокое международное признание. За выдающийся вклад в предотвращение катастроф на национальном, региональном и международном уровнях НССЗ при Правительстве РА в 1999 году была признана ООН лучшей в Европе и мировым финалистом в рамках самой престижной мировой премии в области предотвращения катастроф – премии ООН-Сасакавы.

## 3.4 Снижение уязвимости территорий

### Принципы и стратегия снижения уязвимости территорий

Уязвимость территорий является одной из основных проблем снижения сейсмического риска. Важную роль в этом играют все, кто связан с процессом строительства. Инструкторы по сейсмической защите, представляющие правительственные органы, совместно с архитекторами и планировщиками должны следить за тем, чтобы здания не строились в сейсмически опасных местах – на разломах, крутых склонах, в заболоченной местности. Архитекторы должны так проектировать здание, чтобы его облик и назначение не входили бы в конфликт с его сейсмостойкостью. Строители должны обеспечивать высокое качество материалов и строительных работ. Домовладельцы – ремонтировать и укреплять старые дома и в соответствии с сейсмозащитными правилами размещать в них имущество. Сейсмологический орган государственного управления типа НССЗ при Правительстве РА должен вводить правила сейсмической защиты и обеспечивать их соблюдение как со стороны строителей и архитекторов, так и со стороны тех, кто эксплуатирует здания и сооружения.

За последние несколько десятилетий существенно расширились наши знания о сейсмических воздействиях землетрясений на здания и сооружения. Каждое новое землетрясение дает инженерам-строителям богатые фактические данные о параметрах сотрясения грунта и динамической реакции зданий на эти сотрясения. Инженерная сейсмология и сейсмостойкое строительство стали важной частью сейсмической защиты.

Работа специалистов по планировке и проектированию зданий и сооружений в сейсмоактивных районах требует знания не только строительной механики, строительных материалов, но и грунтов, других инженерно-геологических условий. Они должны разбираться в механике землетрясений, природе движений грунта и в том, как эти движения воздействуют на сооружения.

Разработка принципов и стратегии снижения уязвимости территорий должна обеспечивать приемлемый для общества уровень риска. Исходя из мирового опыта, этот уровень должен соответствовать следующим критериям:

- при слабых землетрясениях (магнитуда меньше 5.5) здания должны оставаться неповрежденными или получить лишь небольшие повреждения;
- при умеренных землетрясениях (магнитуда от 5.5 до 7.0) допускаются некоторые повреждения, однако здания должны сохранить целесообразность их ремонта;
- при сильных землетрясениях (магнитуда больше 7.0) здания должны сохранить жизнь людям и не обрушиться, хотя позже они могут быть снесены.

Более строгие требования предъявляются к правительственным зданиям, зданиям государственной сейсмологической службы, больницам, пожарным депо, полицейским участкам, центрам спасательных работ, которые должны сохранить способность функционировать и после землетрясения. Особые требования должны предъявляться к объектам жизнеобеспечения, плотинам, электростанциям (тепловым и атомным), заводам с опасным производством.

Уязвимость территорий имеет два аспекта: научно-технический и социальный.

Научно-технический аспект связан, главным образом, с сейсмостойкостью зданий и сооружений существующей застройки; действующими нормами и правилами сейсмостойкого строительства; уязвимостью систем жизнеобеспечения (шоссе, железные дороги, мосты, линии электропередач, трансформаторные подстанции, газопроводы и насосные станции для природного газа, кабели, столбы, подстанции телефонной сети и других средств связи, водопроводы, водные резервуары, насосные станции и каналы водоснабжения, канализационные трубы и приемные устройства для сточных вод); готовностью аварийно-спасательных служб; сейсмостойкостью ответственных сооружений - правительственные здания, здания государственной сейсмологической службы, плотины, химические заводы, электростанции (в особенности атомная), распределительные станции сжиженного газа и др.; правильным землепользованием, учитывающим реальную сейсмическую опасность, включая активные разломы, оползневые участки, зоны возможного разжижения грунта; учетом возможных вторичных опасностей - пожаров, наводнений, оползней, обвалов и др.

Социальный аспект связан, главным образом, со следующими факторами: осведомленностью населения и органов государственного управления о сейсмической опасности и риске, существованием адекватного правового поля (законов и норм), интеллектуальными и экономическими возможностями государства.

К основным принципам снижения уязвимости территорий относятся:

- *оценка сейсмической опасности, т.е. сейсмическое районирование территорий*, с целью планирования землепользования, с учетом активных разломов, оползневых участков, зон возможного разжижения грунта;

- *оценка сейсмического риска разрушения зданий и сооружений*, ответственных объектов и линий жизнеобеспечения, с целью определения возможных потерь и разработки контрмер по их снижению;

- *разработка норм и правил сейсмостойкого строительства*, вытекающих из реального уровня сейсмической опасности, с целью обеспечения безопасности людей;

- *сейсмостойкое проектирование и строительство*, обеспечивающие высокую сопротивляемость зданий и сооружений силе землетрясений;

- *усиление существующих построек*, в частности, старых и несейсмостойких сооружений, с тем чтобы избежать их разрушения при землетрясении;

- *правильная эксплуатация зданий и сооружений*;

- *повышение сейсмостойкости ответственных объектов и линий жизнеобеспечения*, с целью снижения вероятности масштабной катастрофы;

- *контроль за сейсмостойким строительством и эксплуатацией существующих зданий*, с целью исключения возможности нарушения утвержденных норм и правил;

- *прогноз вторичных опасностей*, - пожаров, оползней, обвалов, наводнений, с целью разработки и реализации соответствующих контрмер.

Стратегия снижения уязвимости территорий заключается в следующем:

- *повышение осведомленности населения и органов государственного управления* об уровне сейсмической опасности территорий и уязвимости населенных пунктов, т.к. только в этом случае возможна реализация программы снижения уязвимости территорий на базе сформулированных выше основных принципов.

- *повышение профессионального уровня специалистов* для решения сложных научно-технических и инженерных задач, связанных со снижением уязвимости территорий;

- *создание правового поля* (законов, актов, норм), обеспечивающего возможность снижения уязвимости территорий;

- *введение плавающего объема контрмер*, соответствующего экономическим возможностям государства;

- *наделение со стороны государства сейсмологического органа государственного управления* (типа НССЗ при Правительстве РА) полномочиями, адекватными ответственности за координацию действий всех правительственных и неправительственных организаций в сфере снижения уязвимости территорий.

Прежде чем подробнее остановимся на вышеприведенных аспектах снижения уязвимости территорий, приведем некоторые общие понятия в области сейсмостойкого строительства.

## **Общие представления о сейсмостойком строительстве**

Во многих сейсмоопасных регионах мира люди на протяжении веков и тысячелетий, основываясь на историческом опыте, старались возводить здания и сооружения таким образом, чтобы они, по возможности, выдерживали удары землетрясений. Однако, обеспечение сейсмостойкости сооружений не всегда удавалось по разным причинам: не был известен уровень реальной сейсмической опасности, не были ясны механизмы воздействия землетрясений на здания, сооружения и постройки, поведение последних при сотрясениях грунта, отсутствовали разработки надежных сейсмостойких конструкций и т. п. В то же время нельзя не отметить, что до сих пор сохраняются сооружения многовековой давности (крепости, дворцы, храмы, мосты и др.), которые выдержали удары не одного сильного землетрясения. Исследование этих сооружений может дать ценную информацию, полезную для проектирования современных зданий и сооружений.

Любое здание состоит из двух частей, расположенных выше и ниже дневной поверхности. Видимая часть здания, над дневной поверхностью, называется его *наземной частью*. Ниже дневной поверхности находится *фундамент*, который может быть выполнен в виде опор, стенок, плит, столбов, кессонов и других форм, и стоит не дешевле, чем наземная часть здания. Чтобы правильно спроектировать фундамент, инженер должен хорошо знать грунтовые и геологические условия стройплощадки. Эти данные получают путем бурения скважин и изучения отобранных образцов грунта, а также путем инженерно-геофизического «просвечивания» приповерхностной части стройплощадки, различными геофизическими методами. Наземная часть здания состоит из несущей системы

конструкций, которая держит всё здание, а также стен, крыши, перегородок, коммуникаций, лифтов, лестниц, водных резервуаров – т.е. всего того, что не является фундаментом.

Проектирование зданий состоит из двух частей – *архитектурного* и *технического*. Архитектурное проектирование связано с обликом и назначением зданий, техническое – с конструкциями и прочностью. Разумеется, оба эти вида проектирования тесно переплетаются, и инженеры, проектируя здание, работают совместно с архитекторами.

Конструктивная система может выполняться в виде стального каркаса из балок, перекладин и колонн. Она может быть выполнена из железобетонных рам, состоящих из колонн и плит межэтажных перекрытий, или же в виде несущих стен и горизонтальных межэтажных диафрагм. Возможны и многие другие решения. Иногда используются поперечные несущие стены – сами по себе или в сочетании с рамами. Поперечная несущая стена – это толстая жесткая стена из железобетона или армированного кирпича, которая протягивается на всю высоту здания и противостоит горизонтальным сейсмическим силам. Поперечные несущие стены образуют довольно *жесткую* конструкцию, а стальной каркас – *гибкую* конструкцию. Обе системы обеспечивают сопротивление *сейсмическим нагрузкам*.

Нагрузки, воздействующие на конструкцию, состоят из *постоянной* (собственный вес конструкции) и *временной* (люди и содержимое зданий, давление ветра и др.) нагрузок. В сейсмоопасных зонах сильнейшей временной нагрузкой являются сейсмические воздействия, возникающие тогда, когда под зданием или сооружением сдвигается грунт от распространяющейся сейсмической волны. Сложные колебания грунта порождают в теле сооружения, за счет его массы, не менее сложные силы инерции. Именно эти силы заставляют здание сдвигаться и вызывают его повреждения. Сейсмическая нагрузка, называемая *динамической*, в отличие от *статической* нагрузки, обусловленной собственным весом конструкции, быстро и непрерывно меняется при землетрясении. Предсказать, как будет меняться сейсмическая нагрузка по величине и по направлению, исключительно сложная задача, возможно в чем-то сопоставимая с прогнозом самого землетрясения. Вот почему при наших многочисленных встречах с населением сейсмоопасных районов Армении, мы то и дело повторяем, что строительство домов в сейсмоактивной зоне это исключительно сложная наука и искусство, требующие больших специальных инженерных знаний, профессионального мастерства, широкого кругозора, интуиции, опыта работы, знания норм и правил сейсмостойкого строительства.

## Нормы и правила сейсмостойкого строительства

Строительные *нормы и правила* являются официальным государственным документом, регулирующим сейсмостойкое строительство. Они содержат спецификацию строительных материалов и методов строительства, а также правила и рекомендации по техническому проектированию. *Цель* норм – установление *минимальных требований* для обеспечения сопротивляемости зданий землетрясениям, пожарам, ураганам и другим природным и техногенным воздействиям.

Нормы и правила строительства непрерывно меняются, с приобретением новых знаний и расширением финансовых возможностей государства. К примеру, в Калифорнии (США) требования сейсмостойкости в составе строительных норм пересматриваются каждые несколько лет, в особенности после сильных землетрясений. Требования сейсмостойкости были впервые введены в Калифорнийские строительные нормы после Сан-Францисского землетрясения 1906г.

В разных странах нормы и правила сейсмостойкого строительства различны, поскольку учитывают местные геологические, сейсмические, природные и климатические особенности, строительные традиции, специфику строительных материалов и т.д. Однако основные положения присутствуют в нормах любой страны. По нормам сейсмостойкого строительства территория страны делится на сейсмические зоны с различным уровнем сейсмической опасности. При этом, для любого более или менее крупного населенного пункта определяется величина сейсмической опасности, выраженная в единицах ускорения колебаний грунтов, даются сейсмические свойства грунтов, типы неблагоприятных для строительства площадок и т.д.

Большое место в нормах уделяется сейсмическим нагрузкам, даются инструкции для расчетов, расчетные схемы зданий и сооружений, горизонтальные сейсмические нагрузки, вертикальные сейсмические воздействия и т.д. Предлагается по возможности обеспечить равномерное распределение сейсмических нагрузок в пределах конструкции. Обычно отдельной главой приводятся основные принципы проектирования жилых, общественных, производственных зданий; указания относительно застройки; основы антисеймики; определенные конструктивные решения; виды зданий; сейсмозащитные системы.

На рис. 3.4(1) приведены правильные и неправильные варианты решений, связанные с сейсмостойкостью зданий и сооружений. Правильные решения соответствуют предусмотренным в нормах требованиям сейсмостойкого строительства.

Нормами сейсмостойкого строительства предусматривается следующее:

1. При строительстве здания на местности, имеющей уклон (на склоне), рельеф под фундаментом здания должен быть выровнен. Недопустимо «приспосабливать» здание к уклону местности.

2. Жесткость по всей высоте здания должна либо распределяться равномерно, либо равномерно убывать снизу вверх. Нельзя возводить гибкий этаж в нижней части здания.

3. При сложной конфигурации в плане, здание необходимо «разделить» на имеющие простые геометрические формы части, разделенные сейсмическими швами. Недопустимо жестко соединять друг с другом части зданий сложной конфигурации.

4. Вес здания необходимо распределять равномерно относительно центральных осей. Нельзя произвольно распределять вес здания.

5. Несущие элементы зданий должны распределяться равномерно и симметрично. Недопустимо их произвольное распределение.

	Правильно	Неправильно
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		

6. Центры масс и жесткостей должны быть совмещены друг с другом. Нельзя их распределять асимметрично.

7. Межэтажные перекрытия должны быть непрерывны по всему зданию. Нельзя менять высоту этажей в смежных пролетах.

8. Части зданий разной высоты должны быть разделены сейсмическими швами по всей высоте здания. Нельзя жестко соединять друг с другом сегменты разной высоты.

9. Распределение масс по высоте должно быть равномерным. Нельзя на разных этажах размещать большие или малые массы. Нельзя размещать большие массы на верхних этажах или размещать их асимметрично.

10. Тяжелые массы должны распределяться равномерно и симметрично. Нельзя их размещать на одной стороне здания.

11. В многоэтажных зданиях консольные балконы должны иметь ограниченный пролет. При больших пролетах необходимо устанавливать под ними дополнительные опоры.

12. Диафрагмы жесткости по высоте и в разрезе необходимо размещать равномерно. Нельзя нарушать их непрерывность по высоте.

Несоблюдение норм и правил сейсмостойкого строительства главная причина широкомасштабных разрушений зданий и сооружений и многотысячных жертв среди населения (рис. 3.4(2)).

В нормах сейсмостойкого строительства некоторых стран даются также указания о восстановлении и усилении уже существующих зданий и сооружений. Эти указания особенно важны для стран, в которых в свое время была недооценена сейсмическая опасность и в соответствии с этой ошибкой осуществлялось строительство; или в случае, когда многие здания повреждены землетрясением, а восстановление и усиление их экономически выгодно. Здание или сооружение может быть усилено также и в том случае, когда меняется степень его ответственности (например, административное здание превращается в больницу) и т.д.

Рис. 3.4 (1) Требования к сейсмостойкости зданий в нормах сейсмостойкого строительства.

Эти два понятия - восстановление и усиление - отличаются друг от друга. Восстановить поврежденное здание (землетрясением или по иной причине) означает довести его сейсмозащищенность или устойчивость до уровня, присущего зданию до повреждения. Усиление же здания возводит его сейсмозащищенность на новый уровень, который обычно соответствует новой величине сейсмической опасности. Когда хотят, чтобы поврежденные землетрясением здания имели более высокую сейсмостойкость, чем до повреждения, то их восстанавливают усилением. Обычно в первую очередь восстанавливают и усиливают здания и сооружения особой важности: мосты, тоннели, плотины, системы энерго- и водообеспечения, газораспределения, больницы, школы и т.д. Нормами оценивается также степень поврежденности зданий и сооружений и предлагаются мероприятия по их восстановлению и усилению. В строительных нормах Армении (1994г.) в виде отдельной таблицы дана шкала оценки степени повреждения зданий (табл. 3.4(1)).

До 1994 г. в Армении сейсмостойкое строительство проектировалось по нормам СССР, в которых не были учтены местные важные особенности: высокая сейсмическая опасность, виды распространенных грунтов, строительные материалы, традиции и т.д. Армения была первой из стран бывшего СССР, которая приняла новые нормы. Их разработали специалисты страны во главе с академиком Э. Е. Хачияном. Сегодня многие считают, что и эти нормы не свободны от серьезных недостатков и их необходимо пересмотреть.

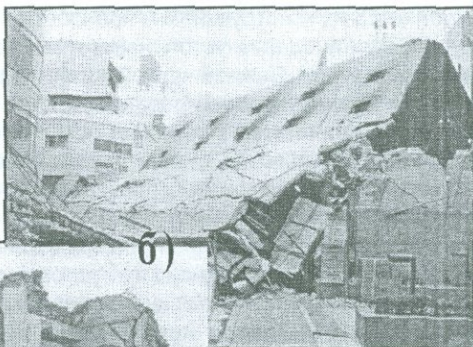
По нормам некоторых стран введено ограничение этажности зданий. Например, по нормам Армении во всех сейсмических районах предписано строить жилые каменные дома до 5-и этажей, число надземных этажей больниц и школ должно быть не более 3-х. А при строительстве энергетических, гидротехнических, транспортных и гражданских объектов особой важности, согласно нормам, применяется коэффициент ( $k=1.5$ ) повышения их надежности.

Нормы предусматривают также применение новых технологий, обеспечивающих сейсмостойкость зданий. Специальные способы защиты от землетрясений предписано применять в первую очередь для строительства систем жизнеобеспечения, спасательных служб и других важных объектов (атомные станции, мосты, музеи, школы, больницы и т.д.). На наш взгляд, этот подход целесообразен также при восстановлении и усилении архитектурных и исторических памятников.

В некоторых странах (к примеру, Кавказского региона), как это доказано новейшими исследованиями, уровень сейсмической опасности ранее был занижен и по новым нормам предусмотрено строить жилые, общественные, промышленные, сельскохозяйственные, транспортные, энергетические и гидротехнические здания и сооружения с повышенным уровнем сейсмостойкости. Это, конечно, приводит к увеличению себестоимости строительства. Однако простейшие расчеты показывают, что дополнительные расходы не превышают 5% начальной стоимости строительства при повышении уровня сейсмостойкости на 1-2 балла. Совершенно иное дело - усиление уже построенных зданий. В этом случае, в зависимости от вида здания, расходы могут составить 50-60% от его стоимости, а иногда и значительно больше.

Таблица 3.4(1) Шкала оценки степени повреждения зданий (согласно Строительным нормам Республики Армения, 1994г.).

Степень повреждения	Уровень повреждений	Характерные особенности повреждений и их количественные показатели	Увеличение периодов колебания объектов в сравнении с аттестованным, %	Мероприятия по восстановлению и усилению
0	нет	осыпание побелки стен и потолков	0	не требуется
1	легкие повреждения ненесущих элементов	мелкие трещины (до 0,5 мм) в штукатурке, откалывание кусков штукатурки на концах перегородок и панелей	0-5	косметический ремонт
2	Легкие повреждения конструкций	- трещины в перемычках, перегородках и стенах (0,5-1 мм) - откалывание кусков облицовки и штукатурки на больших участках - трещины до 0,5 мм в железобетонных несущих конструкциях зданий и в основаниях колонн, отколы бетона - повреждения дымоходов, бетонных труб, карнизов и участков стен с карнизами	10-15	Восстановление поврежденных элементов, косметический ремонт
3	Умеренные повреждения конструкций	- сквозные, косые и диагональные трещины (1,0-10,0 мм) - расслоение кладки в отдельных элементах, не влияющее на общую пространственную жесткость здания - сдвиги отдельных плит перекрытий - отдельные трещины в стыках внешних и внутренних стен, отколы бетона - трещины до 0,5 мм и отколы бетона, оголение арматуры колонн - осыпание и наклон дымоходов, обрушение отдельных фрагментов карнизных стен	30-40	Временная эвакуация жителей для восстановления, усиления здания или восстановления усилением, после чего здание пригодно к эксплуатации
4	сильные повреждения конструкций	- обрушение самонесущих и, частично, несущих стен - разрывы антисейсмических поясов и отрыв внешних стен от внутренних - ощутимые сдвиги перекрытий и площадок опор, падение панелей - в крупнопанельных домах частичное разрушение стен, панелей и значительного количества перемычек и перегородок, в монолитных зданиях разрушение участков стен - разрушение бетона, оголение и влупчивание продольной арматуры, разрыв кладочных деталей	50-100	Немедленная эвакуация жителей. Необходимо полностью разрушить здание, либо выполнить большой объем работ по восстановлению и усилению здания для его дальнейшей эксплуатации. Для каждого объекта вопрос решается, исходя из технико-экономических и социальных факторов
5	Разрушение	частичное или полное обрушение здания	-	строительство нового здания



**Рис. 3.4(2)** Результат нарушения норм и правил сейсмостойкого строительства: а) в Армении (Спитакское землетрясение, 1988г.,  $M=7.0$ ): б) в Иране (Ардебильское землетрясение, 1976г.,  $M=7.2$ ): в) в Турции (Эрзинджанское землетрясение, 1992г.,  $M=6.8$ ).

### Проектирование зданий

Это один из важных и ответственных этапов, поскольку от точного, учитывающего все факторы проекта зависит прочность и надежность строящегося здания.

При проектировании зданий в сейсмоопасных зонах особое внимание уделяется их конструкциям и прочности.

Сделать здание устойчивым к землетрясениям помогают некоторые общие характеристики. Важной чертой является регулярность и симметрия общего плана здания. Здание, спроектированное в виде коробки с прямыми перпендикулярными стенами, значительно прочнее, чем здания Г-образной или П-образной формы (здания с крыльями). Здание сложной, неправильной формы закручивается при качании, что увеличивает повреждения. Инженеры называют это подверженностью *крутильным колебаниям*.

В целом, чем меньше проемов в здании, тем меньше оно будет повреждено при землетрясении. Однако это условие противоречит потребности в освещении и открытом пространстве, а также необходимости иметь двери и проходы. Таким образом, приходится искать компромисс между задачами архитектора и требованиями строителя. Если в здании нужно иметь большие проемы или желательно построить его со сквозным первым этажом, должны быть приняты специальные меры для сохранения целостности здания.

Изменения в системе конструкций при переходе от этажа к этажу недопустимы. Колонны должны проходить по всему зданию от фундамента до крыши без разрывов и без смены вида строительного материала. Если применяются поперечные несущие стены, они также должны проходить без разрывов на всю высоту здания от фундамента до крыши.

Другим важным свойством конструкций является *гибкость*. Под гибкостью понимают способность конструкций изгибаться, качаться и вообще значительно деформироваться без обрушения. Противоположное свойство конструкций – *хрупкость*, которая появляется как в случае применения изначально хрупких материалов, так и при неправильном использовании изначально гибких материалов. Хрупкие строительные материалы трескаются под нагрузкой; примерами могут служить обожженный кирпич и кирпич-сырец, бетонные блоки. Добавление стальной арматуры может придать хрупкому материалу некоторую гибкость. Железобетон, например, можно сделать гибким при должном использовании стальной арматуры и близко поставленных стальных обречей.

Наиболее важная особенность проектирования сейсмостойких зданий выражена в следующей заповеди инженеров: «связи здание». Даже глинобитные дома можно сделать безопаснее, если перевязать их отдельные части с помощью тростника, лозы, тросов или чего-либо еще, что окажется под рукой. В современных конструкциях «связывание здания» означает соединение балок, колонн, плит и стен в единую прочную и гибкую конструкцию. Стыки в стальных рамах нужно закрепить болтами или сваркой, чтобы не возникали деформации в углах. В железобетонных конструкциях арматурные стержни и связи должны быть в

достаточном количестве; они должны огибать углы и быть глубоко заделаны в бетон. Деревянные здания необходимо основательно прошить гвоздями или скрепить болтами. Почти все конструктивные повреждения при землетрясениях вызваны слабыми сочленениями, т.е. сочленениями, в которых детали не были скреплены должным образом.

Хорошие сейсмостойкие проектирование и строительство не приходят сами по себе, - пишут известные ученые-инженеры Дж. Гир и Х. Шах (1988). «Многие инженеры и архитекторы не являются специалистами по сейсмостойкому проектированию. Владельцев же здания интересует иногда лишь как способ помещения капитала на короткий срок; зная, что разрушительные землетрясения бывают нечасто, они не хотят тратить деньги на придание конструкциям сейсмостойкости и пытаются сократить время проектирования и строительства. Отмахнувшись от факта, что разница между минимальной сейсмостойкостью и высокой сейсмической устойчивостью хорошо построенного здания составляет всего 5 % от начальной стоимости здания, они забывают о том, что запоздалое усиление готового здания (например, под давлением общественного мнения или в результате новых требований закона) может обойтись в 50%, если не в 100% его первоначальной стоимости. Кроме того, когда землетрясения все-таки произойдет, владельцы могут не только потерять свое здание, но и понести огромную ответственность за погибших и раненых.»

Землетрясение воздействует на фундамент здания, погруженный в грунт. В этом случае перемещения грунта, так же как и здания, обычно неравномерны, они происходят с ускорением, что приводит к деформациям строения. Здание, имея вес, согласно закону инерции, силится сохранить свое первоначальное положение, в результате чего его вертикальная ось деформируется (рис. 3.4(3а)) и оно может получить повреждения и даже разрушиться. Эти силы зависят от характеристики ускорений землетрясения, от массы и жесткости здания или сооружения. Воздействие землетрясения на любую постройку очень сложно, поскольку грунт под фундаментом колеблется одновременно в трех взаимоперпендикулярных направлениях. Если учесть, что сильное землетрясение длится десятки секунд, в течение которого меняются сейсмические воздействия на здания, то при сильных колебаниях вероятно повреждение конструкций.

Антисейсмические конструкции, разработанные на основе учета колебаний грунта и самих сооружений, стали применяться с начала двадцатого века. Толчком для этого послужили разрушительные землетрясения в США (Сан-Франциско, 1906г.), Италии (Мессина, 1908г.), Японии (Канто, 1923г.) и др.

Самая первая антисейсмическая система, которая называется *жесткой конструктивной системой* (рис. 3.4(3б)), основывалась на повышении устойчивости стен, колонн и других конструкций сооружения, путем увеличения их мощности. Поведение этих конструкций во время землетрясений должно было приблизительно соответствовать поведению грунта. Применение такой антисейсмической конструктивной системы привело к резкому увеличению веса сооружений и их стоимости. Строительство таких жестких конструкций всегда связано с трудностями различного характера.

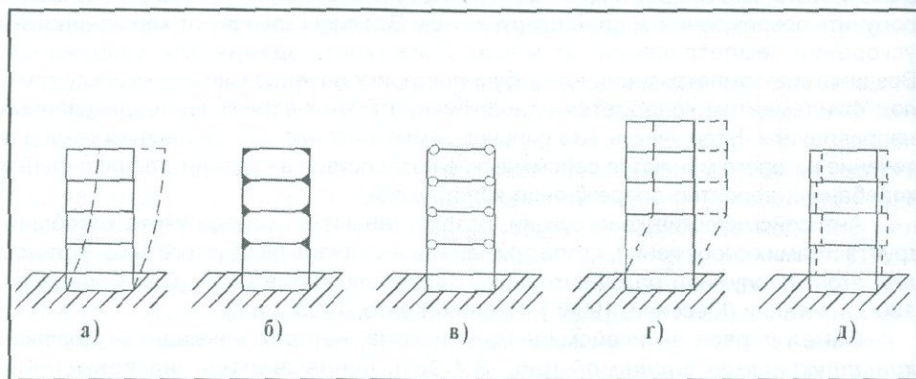
Следующее разработанное решение – это *гибкая система* (рис. 3.4(Зв)), которая, в отличие от жесткой, состоит из гибких, относительно легких элементов. При сейсмических сотрясениях эта система сама интенсивно колеблется. Подобные сооружения неудобны для нормальной эксплуатации, так как сильные колебания возникают даже при воздействии ветра и слабых землетрясений.

Во многих странах распространена конструктивная система *гибкого первого этажа* (рис. 3.4(Зг)). Здания такой конструкции опираются на гибкие колонны первого этажа и при землетрясениях в них происходят неэластичные деформации, что способствует рассеянию энергии, тем самым уменьшая колебания верхних этажей. Хотя данная система снижает воздействие землетрясения на верхние этажи, принимая основной удар на первый, здание может разрушиться вследствие необратимых деформаций колонн первого этажа.

Другое решение, очень широко распространенное в мире, это *неупругая или традиционная антисейсмическая конструктивная система* (рис. 3.4(Зд)). В зданиях этой системы с ростом пластичности и интенсивности работы конструктивных элементов происходит рассеяние энергии землетрясения во всей системе. При том, что это самая распространенная и общепринятая сейсмостойкая конструкция, ее применение ограничено и в некоторых случаях не вполне надежно. В использовании этого решения имеется много нерешенных проблем.

#### *Здания с каменными стенами*

Здания этого типа (малозэтажные - 1-2 этажа и многоэтажные - 3-5 этажей) составляют основную часть городской и сельской жилой застройки. Воздействие



**Рис. 3.4(З)** Некоторые распространенные конструктивные решения сейсмостойких зданий и сооружений:

- а) деформация зданий под действием сейсмических нагрузок;
- б) жесткая конструктивная система;
- в) гибкая конструктивная система;
- г) конструктивная система гибкого первого этажа;
- д) неупругая (или традиционная) антисейсмическая конструктивная система.

Спитакского землетрясения 1988г. на эти здания было оценено следующим образом: в Спитаке – катастрофическое, в Гюмри - разрушительное, в Ванадзоре и Степанаване - тяжелое (рис. 3.4(4)).

Степень и характер повреждений этих зданий различны и зависят от ряда факторов, в том числе от конструктивных решений, количества этажей, грунтовых, гидрогеологических, тектонических условий, особенностей антисейсмических мероприятий, качества строительных работ и т.д. Материалы, собранные после землетрясения, свидетельствуют о том, что при прочих равных условиях степень поврежденности каменных зданий существенно зависит от пространственно-плановых и конструктивных решений, принятых при их возведении, что достаточно ярко проявилось в поведении зданий, построенных в разное время.

Анализ поведения многоэтажных зданий с каменными стенами во время землетрясения лишний раз доказал нерациональность конструктивных решений некоторых типовых зданий. Основные проектные недостатки типовых зданий заключаются в следующем:

а) использование в пределах одного этажа совместно с каменной кладкой бетонных блоков;

б) разница конструктивных схем внутренней и фронтальной секций зданий, отсутствие внешней несущей стены во фронтальных секциях из-за глубоких балконов;

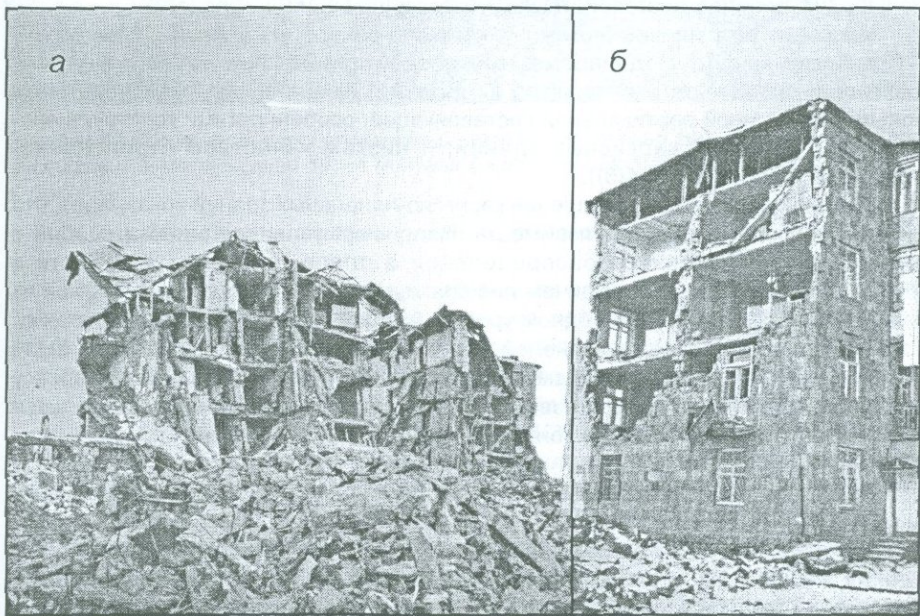


Рис. 3.4(4) Типичные разрушения зданий с каменными стенами во время Спитакского землетрясения 1988г. (Armenia Earthquake Reconnaissance Report, 1989): Разрушенное многоэтажное здание с каменными стенами в г. Спитаке (а) и в г. Ленинакане (б).

в) отсутствие в промежуточных секциях внутренней продольной связующей стены, наличие крупноразмерных проемов во внешних стенах;

г) каркасное железобетонное конструктивное решение для первых этажей, что, по-видимому, при первых же толчках привело к резкому падению жесткости здания и переходу к схеме «с гибким первым этажом», не обладающей удовлетворительным сопротивлением, что при горизонтальных воздействиях приводит к серьезным повреждениям, а иногда и обрушению зданий.

Качество строительно-монтажных работ в зданиях с несущими каменными стенами в основном было низким. Не соблюдались конструктивно-технологические требования, предъявляемые к кладке, в результате не была обеспечена необходимая монолитность и несущая способность. Реальная сопротивляемость зданий сейсмическим воздействиям оказалась существенно ниже расчетной.

### *Каркасно-панельные здания*

Здания этого типа в наиболее пострадавших от Спитакского землетрясения 1988г. городах повели себя по-разному. В городе Спитак они почти полностью разрушились. В Гюмри около 80% зданий получили сильные повреждения или обрушились. В Ванадзоре количество разрушившихся зданий было несравненно меньше, из-за более благоприятных грунтовых условий (см. раздел 1.6)

Массовое разрушение 9-этажных каркасно-панельных зданий (111-й серии) в Гюмри объясняется одновременным воздействием ряда неблагоприятных факторов: особенностями спектра колебаний, вызванных землетрясением; большой величиной вертикальной составляющей; особенностями конструктивно-плановых решений каркасных зданий; и низким качеством строительно-монтажных работ (рис. 3.4(5)).

Анализ конструктивных решений каркасно-панельных зданий показывает, что им присуща определенная уязвимость. Например, узлы соединения колонн и ригелей, несимметричное распределение в плане диафрагм жесткости в многосекционных зданиях. Причем диафрагмы жесткости соединены с одной из колонн на трех, с другой - на одном уровне, что, конечно же, явно недостаточно. Узлы соединения навесных панелей наружных стен с *ригелями* каркаса были решены так, что во время сейсмических воздействий они придавали каркасу дополнительную жесткость. Уязвимость этих зданий повысилась еще и из-за низкого качества строительно-монтажных работ.

### *Крупнопанельные здания*

Построенные в Ленинакане (Гюмри) все 16 девятиэтажных крупнопанельных здания весьма удовлетворительно перенесли сейсмические воздействия Спитакского землетрясения 1988г. Исходя из поведения крупнопанельных зданий можно заключить, что конструктивные системы крупнопанельных зданий показали себя как достаточно надежные (рис. 3.4(6)).



*Рис. 3.4(5) Массовые разрушения 9-этажных каркаснопанельных зданий 111-ой серии при Спитакском землетрясении 1988г (Armenia Earthquake Reconnaissance Report, 1989).*

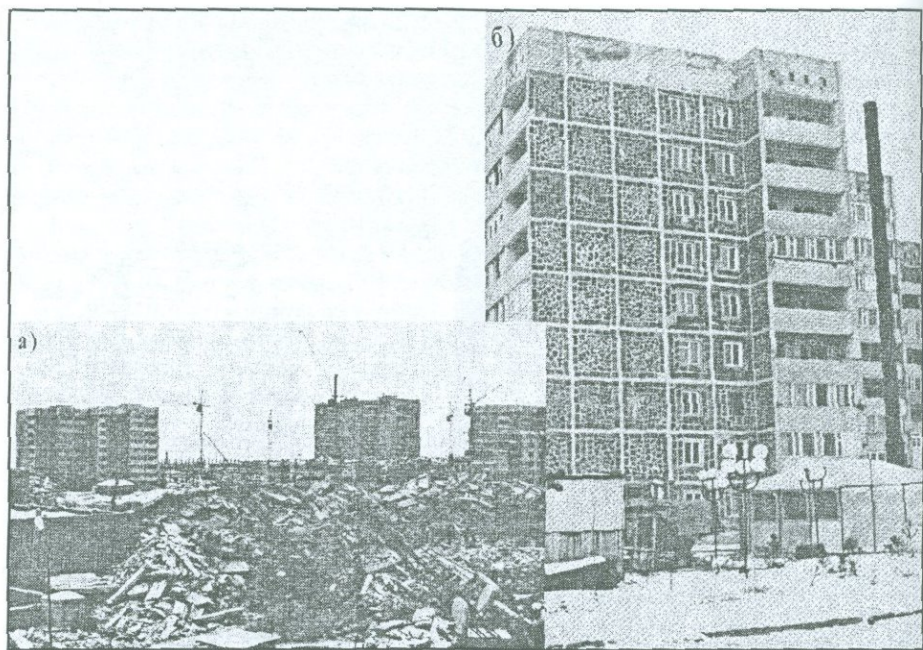
### ***Сейсмостойкость типовых зданий, спроектированных в СССР***

Сейсмические расчеты несущих элементов здания производятся согласно действующим строительным нормам, многие положения которых меняются с развитием строительной механики и теории сейсмостойкости.

Спитакское землетрясение 1988 г. показало, что одной из основных причин массового обрушения построенных в Армении типовых зданий были ошибки, допущенные при проектировании. В таблице 3.4(2) в качестве примера приводятся основные типы построенных в Армении жилых зданий. Эти типы зданий распространены во многих странах, поэтому статистика их повреждения при сильных сотрясениях может заинтересовать многих.

На основе статистических макросейсмических и экспериментальных данных оцениваются вероятные повреждения типовых зданий. Такая оценка уровня повреждаемости выполнена для основных типов зданий, распространенных в крупных городах Центральной Азии (табл. 3.4(3)).

Существует ряд других путей установления сейсмостойкости разработанных новых конструктивных систем или зданий. Одним из эффективных методов считается испытание этих систем, зданий или их моделей сейсмозрывным



*Рис. 3.4(6) Устоявшие крупнопанельные здания при Спитакском землетрясении 1988г.: общий (а) и детальный (б) планы (Armenia Earthquake Reconnaissance Report, 1989).*

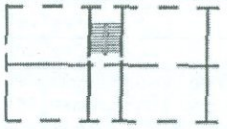
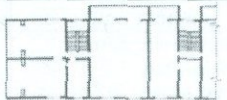
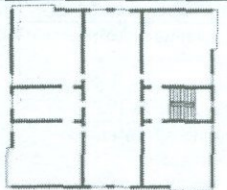

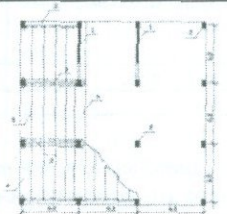
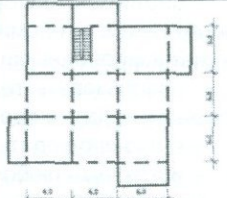
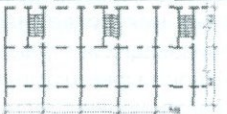
воздействием (рис. 3.4(7)) или с помощью специальных вибростолов (рис. 3.4(8)), имитирующих землетрясение.

Во многих странах для строительства малоквартирных домов существуют готовые проекты, в которых учтены требования сейсмостойкого строительства (International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology, 2003). Их можно, при желании, использовать с изменениями внешнего вида дома.

### **Строительство зданий**

Для снижения уязвимости территорий важное значение имеет хороший инженерный опыт, т.е. профессионализм и высокое качество строительства. Часто именно с этим связаны разные последствия одних и тех же по силе землетрясений в разных странах, или, что еще хуже, более слабое землетрясение приводит к большому разрушительным последствиям, чем более сильное. Так, от сильного землетрясения Лома-Приетта в США, в 1989г. ( $M=7.1$ ) погибло в 300 раз меньше людей, чем от более слабого землетрясения в Армении (Спитакское землетрясение, 1988г.  $M=7.0$ ), или в 600 раз меньше чем от еще более слабого землетрясения в Иране (Бам, 2003,  $M=6.7$ ), в результате тотальных разрушений населенных пунктов в Армении и Иране.

Таблица 3.4(2) Основные конструктивные схемы распространенных в Армении многоэтажных зданий (Сейсмостойкое строительство, 1998)

Год разработки	Серия и характеристика	Эскиз
1958, 1963-1964	1- 450, 1- 451, высота этажа 2.8 м 1а- 450, 1а- 451, высота этажа 3.0 м Без железобетонных сердечников, из легких блоков высотой в 1 этаж, с поперечными стенами	
1967	1а- 450-1,2,6-67 (2,3- 4 секции) Стены комплексной конструкции, крупноблочные внутренние стены из легких бетонных блоков высотой в 1 этаж	
начало 1970-х	1а- 45-20С (5-и этажный) блок-дома 1а- 450 с из блок-секций со стенами из комплексных конструкций (4-х этажный)	
середина 1970-х	111-я серия. Блок-секции (9 этажей) с рамно-связевым каркасом, каркасно-панельные здания 5 и 12 этажей	
конец 1970-х	111-я серия. Блок-дома (9 этажей) со сборными несущими ригелями толщиной 140 мм, диафрагмами, связующими плитами, полностью сборные дома	
1977	36-и квартирный 9-и этажный блок-1-451КП-1С. Шаг стен - 6х6 м, сейсмостойкость 7, 8 баллов	
	5-и этажные дома серии А1- 451-КП-2П/1М, сейсмостойкость 7,8,9 баллов	

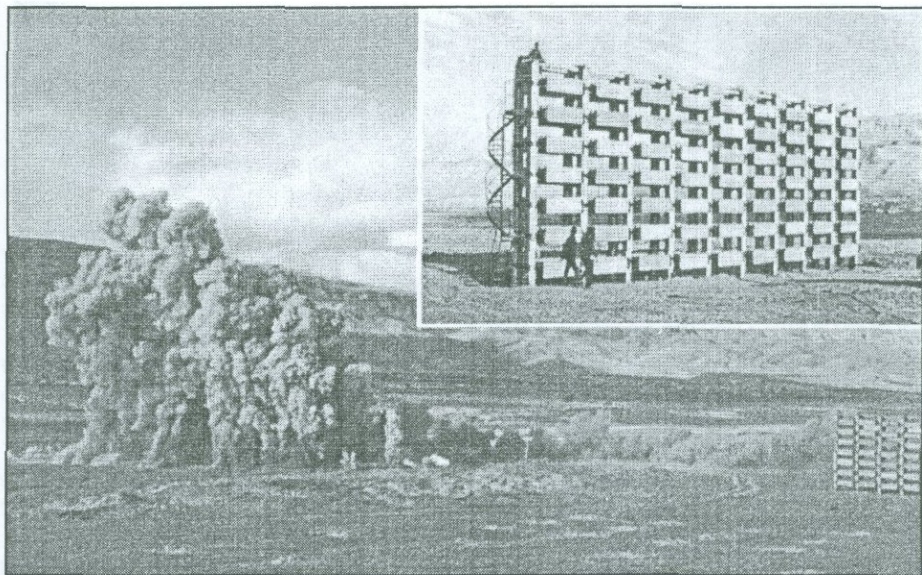
**Таблица 3.4(3)** Уровни повреждения различных типов жилых зданий столиц государств Центральной Азии при сотрясениях VII, VIII и IX баллов (GeoHazards International, 1997)

Типы зданий	Население пяти столиц		Повреждения или разрушения при различной балльности		
	тыс.	% жителей	(MSK VII)	(MSK VIII)	(MSK IX)
1. Самодельные дома из местных материалов (глина, кирпич, саман), без усиления, один этаж	1200	20%	тяжелые повреждения	частичное или полное разрушение	полное обрушение
2. Кирпичные дома с деревянным перекрытием, 1-2 этажа, постройки до 1955г.	1400	23%	умеренные и тяжелые повреждения	частичное обрушение	полное обрушение
3. Кирпичные дома с железобетонным перекрытием, 3-5 этажей, постройки до 1957г.			легкие до умеренных повреждения	тяжелые повреждения до частичного разрушения	частичное обрушение
4. Такие же дома, но с элементами антисейсмического усиления, постройки после 1957г.			легкие повреждения	умеренные до тяжелых повреждения	тяжелые повреждения до частичного разрушения
5. Каркасные дома различных типов со сварными соединениями и кирпичными стенами	500	7%	легкие повреждения	умеренные до тяжелых повреждения	тяжелые повреждения до частичного разрушения
6. Крупнопанельные дома	1800	30%	нет или слабые повреждения	слабые до умеренных повреждения	умеренные повреждения
Прочие типы	1300	20%	-	-	-
Всего	6100	100%			

Для обеспечения надежности и высокого качества строительства необходимо следовать установленным требованиям строительных норм:

- правильно выбрать место строительства с точки зрения инженерно-геологических и сейсмических условий и иметь утвержденный соответствующими специализированными организациями проект,
- использовать только те строительные материалы, готовые конструкции и элементы, которые соответствуют требуемым стандартам,
- четко соблюдать строительные технологии,
- исключить любое отклонение строительства от утвержденного проекта.

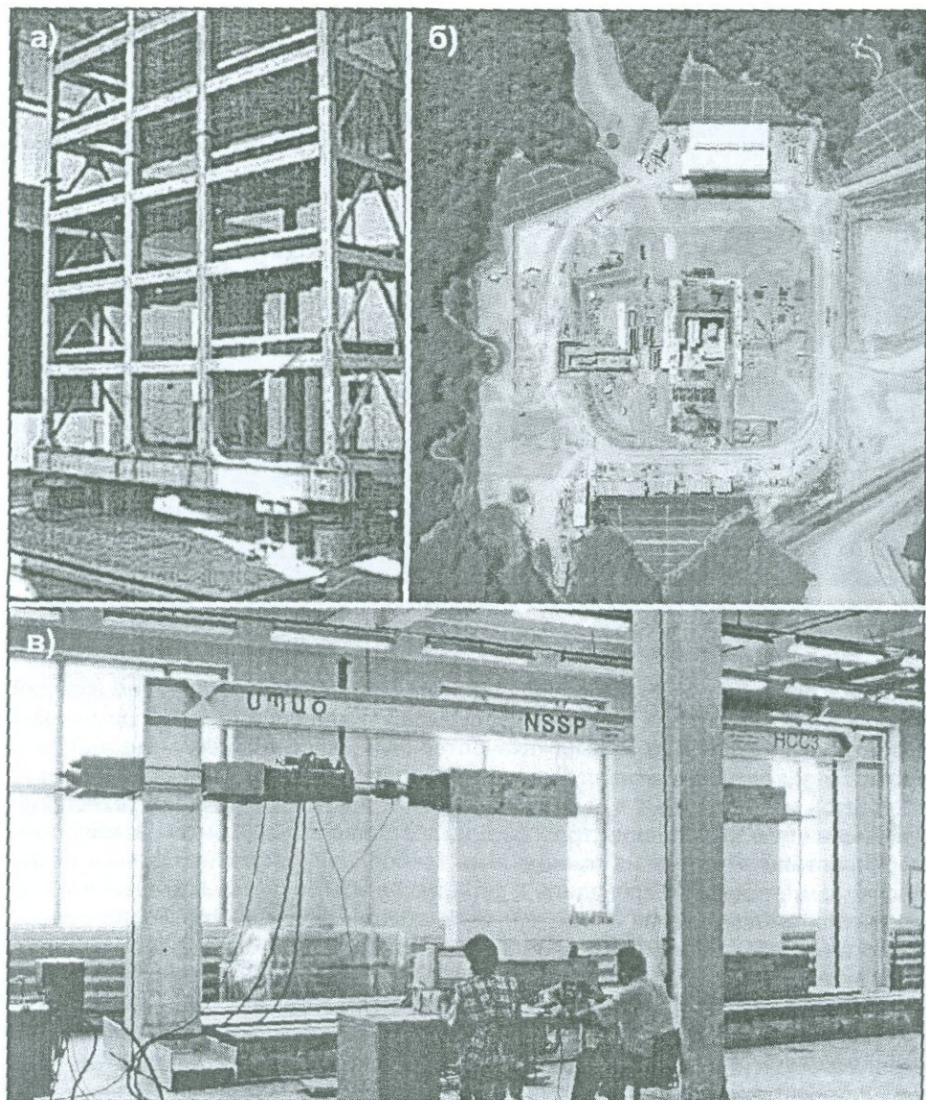
Современное сейсмостойкое строительство предполагает применение более легких искусственных строительных материалов. Между тем во многих развивающихся странах в строительстве используется в основном традиционное местное сырье (камень, песок, цемент), применение которого возможно только при возведении каменных или железобетонных зданий. При таком строительстве



*Рис. 3.4(7) Испытание сейсмостойких конструкций сейсмозрывным воздействием на полигоне ТИССС «Ляур» (Таджикистан)*

почти все процессы выполняются на строительной площадке, мал объем изделий заводского производства, и потому необычайно важна роль точного применения строительных технологий, высококачественных строительных материалов и профессионализм специалистов-строителей. При изготовлении строительных элементов и конструкций в заводских условиях важно обеспечение технологического армирования и выполнение требований, предъявляемых к антисейсмическим мероприятиям. Нарушения именно этих требований, зафиксированные после многих землетрясений, приводили к катастрофе. Допускаются нарушения и при перевозке, складировании и монтаже железобетонных элементов и конструкций. Часто не соблюдаются требования норм изготовления и ухода за бетонными и железобетонными монолитными конструкциями.

Главная проблема, на наш взгляд, заключается не только в том, что во многих развивающихся странах недостаточно хорошо разработаны нормы сейсмостойкого строительства и низка культура самого сейсмостойкого строительства, но и в том, что в этих странах бытует ошибочное мнение, что строительство дома – дело технически простое, что самостроем может и должен заниматься каждый, независимо от его профессии. В частности, именно это стало причиной того, что в Армении, при слабом Ноемберянском землетрясении ( $M=4.4$ , 1997), существенные повреждения получили сотни городских и сельских построек, возведенных руками людей, далеких от профессии инженера сейсмостойкого строительства.



**Рис. 3.4(8)** Исследование сейсмостойких конструкций на вибростолах:  
 а) модель (1х4) 5-этажной стальной рамной конструкции (Германия, GERB);  
 б) уникальный, самый большой в мире вибростол (20х15) для полномасштабных испытаний зданий и сооружений (Япония, проект строительства завершится в 2005г.);  
 в) 100-тонный силовой привод ЦСС НССЗ при Правительстве РА для испытания моделей сейсмостойких конструкций.

## Усиление существующих построек

Безусловно, все перечисленные выше элементы снижения уязвимости территорий – от разработки прогрессивных норм и правил сейсмостойкого строительства до повышения культуры самого строительства – исключительно важны для сейсмической защиты населения, однако мы всегда должны помнить, что *наибольший риск для общества несут уже существующие здания и сооружения*, построенные много лет тому назад. Укрепление этих строений, в которых живет и работает подавляющая часть населения сейсмоактивных зон, не только сложная техническая задача, но и большая социально-экономическая проблема.

Мы, в Армении, часто сталкиваемся с вопросом, который задают нам люди: стоит ли вообще обсуждать проблему усиления существующих зданий и сооружений, если это сегодня с экономической точки зрения не решаемая проблема? Кто, когда и как будет платить за усиление?

Полностью соглашаясь с резонансностью этих вопросов, мы тем не менее считаем, что проблемой усиления существующей застройки непременно нужно заниматься и сейчас, по многим причинам.

1. Широкое общественное обсуждение самой проблемы усиления уже обратит внимание общественности на то, что нельзя плодить новые дома и другие строения, которые, с одной стороны, завтра нужно будет усиливать, платя за это от 50% до 100 % стоимости самой постройки, а с другой стороны- это очень опасно, с точки зрения личной и общественной сейсмической безопасности.

2. На разработку приемлемых для местных условий технологий усиления понадобится время, которое нельзя упускать в ожидании того, когда появятся деньги на тотальное укрепление зданий и сооружений, т.к. следующее сильное землетрясение никого не ждет.

3. Укрепление существующей застройки ни в одной, даже самой богатой стране не может произойти по мановению «волшебной палочки». Это длительный процесс, для любой страны. И его надо начинать немедленно, поэтапно, исходя из возможностей граждан и государства, всегда помня, что каждый укрепленный дом – это сотни спасенных жизней при следующем сильном землетрясении.

Укрепление существующих застроек в сеймоопасных зонах должно стать государственной политикой, т.к. прямо связано с безопасностью общества.

К сожалению, не во многих государствах, расположенных в зонах высокой сейсмической активности, задумываются над тем, какую опасность представляют собой старые постройки. Об этом вспоминают лишь после очередной сейсмической катастрофы, когда вновь и вновь очередным сейсмическим ударом стираются с лица земли старинные города и села, с многочисленными жертвами среди их населения.

Совет города Лос-Анджелеса после десятилетних дебатов принял в 1981г. постановление, требующее укрепления особо опасных старых зданий. Это касалось всех зданий из неармированного кирпича, построенных до 1934г. В постановлении указывается, что если укрепление многонаселенных зданий (более 5 квартир) не будет завершено в течение трех лет, то они подлежат сносу.

Китайская Народная Республика начала последовательно осуществлять крупную программу укрепления старых зданий после Таншаньского землетрясения 1976г. В Алжире после Орлеанвильского землетрясения 1954г. город был полностью перестроен и многие поврежденные дома укреплены.

К сожалению, есть и противоположные примеры. В Армении, после катастрофического Спитакского землетрясения 1988г., приложены большие усилия для укрепления зданий и сооружений зоны бедствия. Однако параллельно с этим идет процесс дальнейшего ослабления зданий и сооружений существующей застройки в других районах Армении, в частности, в ее столице – г. Ереване. И связано это, в первую очередь, с нарушением всех норм эксплуатации зданий и сооружений.

Главная задача при усилении существующих зданий – скрепить стены, перекрытия и крышу так, чтобы они вели себя как единое целое. Здание, по образному выражению Дж. Гира и Х. Шаха, можно сравнить с картонной коробкой, которую можно отбросить, но не разбить на части.

Когда сейсмостойкость существующих зданий и сооружений не соответствует реальному уровню сейсмической опасности площадок, на которых они построены, они должны быть либо снесены, либо усилены – таков закон сейсмической защиты.

Низкая сейсмостойкость зданий и ее несоответствие сейсмической опасности могут иметь разные причины.

1. При проектировании здания была недооценена сейсмическая опасность его площадки, или в проектах не были полностью учтены действующие нормы и правила сейсмостойкого строительства.

2. Строительство выполнено с низким качеством (строительные материалы не соответствовали стандартам, не соблюдалась технология выполнения строительства и т.д.), или сейсмостойкость здания снизилась в результате его неверной эксплуатации.

3. Здание имеет повреждения разных степеней, из-за сильного землетрясения или по каким-либо другим причинам.

4. Сейсмостойкость здания снизилась в результате старения.

5. Изменилось назначение здания (переход на более высокий уровень требований).

Обычно здания усиливаются в соответствии с сейсмической опасностью так, чтобы в случае сильного землетрясения они получили бы лишь легкие повреждения. Для усиления различных типовых зданий применяются различные методы. Распространено усиление стен односторонней и двусторонней рубашкой по всему зданию, с созданием металлических поясов, новых конструктивных элементов, объемно-плановыми изменениями и т.д. Для восстановления и усиления зданий необходимо руководствоваться ясной концепцией, т.е. определить для каждого здания уровень необходимого усиления (довести до уровня требований действующих норм) или обеспечить условия их необрушения в случае расчетных сейсмических воздействий.

Если здание, проектная сейсмостойкость которого ниже уровня сейсмической опасности, построено к тому же и некачественно, имеет проектные ошибки и недостатки, то оно должно быть усилено в несколько раз. Усиление сильно

поврежденных зданий с низкой остаточной прочностью нецелесообразно экономически и технически. Для усиления в любом случае необходимо выполнить комплекс инструментальных исследований и расчетов, определить фактическое состояние несущих стен и дать оценку остаточной несущей способности ее элементов. Необходимо учесть допущенный при строительстве брак и несоответствие конструктивных решений строительным нормам. Очень важны исследования грунтов и инженерно-геологических условий с учетом необходимых требований к сейсмомикрорайонированию (см. гл. 2)

При проектировании усиления к каждому типу здания нужно проявить индивидуальный подход, а не применять общие для всех типов решения, которые не могут обеспечить необходимую им прочность и надежность. Важно также исследовать состояние фундаментов. Поскольку во время усиления увеличивается нагрузка на подошву фундамента, нужно соответствующими расчетами обосновать необходимость усиления фундаментов. Если тем или иным способом производится усиление отдельных частей стен, то нужно определить, к какому типу кладки относится новая усиленная стена и оценить соответствие конструктивных решений действующим нормам (проемы, перегородки, расстояние между стенами и т.д.). Все эти исследования и мероприятия, несомненно, приведут к повышению общей цены укрепления, но без этого, вслепую приступать к укреплению здания нельзя, как и нельзя оценивать усиление без учета стоимости предварительных исследований здания.

Если здание имеет архитектурную или историческую ценность, то его усиление, несомненно, оправдано (независимо от экономических расчетов). Если же сумма, затрачиваемая на усиление типового здания, составляет 80-85% или более стоимости новостройки, то усиливать такое здание вряд ли целесообразно.

Существуют многочисленные методы усиления зданий. При их выборе нужно учесть ряд важных факторов: степень поврежденности, конструктивную систему здания, технико-экономическое сравнение разных методов усиления.

К примеру, в Китае одна из широко применяемых схем – это опоясывание кирпичного здания системой из железобетонных балок и колонн, как бы заключающих здание в железный корсет. На уровне каждого этажа устанавливаются стержни, проходящие сквозь все здание от одной наружной стены до другой. Концы стержней крепятся к вновь установленным балкам. Такая система стягивает все здание и предохраняет его от обвалов. Такое укрепление обходится не очень дорого, однако внешний вид здания ухудшается. Если вид здания имеет принципиальное значение, то арматура усиления может быть встроена в здание и может оставаться невидимой, но стоимость такого усиления будет гораздо выше.

Для обеспечения сейсмической защиты строений можно снизить сейсмические воздействия, оказываемые на здания или сооружения при возможных землетрясениях.

По мнению многих специалистов, очень перспективно применение сейсмоизоляторов. Сегодня этот вид усиления в виде резинометаллических опор находит особенно широкое применение в США и Японии. Интересно отметить, что Армения, по инициативе НССЗ при Правительстве РА, стала пятой страной по производству резинометаллических опор («подушек») после Японии, США, Англии и Малайзии.

Резинометаллические опоры нашли применение, в основном, при сейсмостойком строительстве новых зданий и сооружений. В Армении же, кроме этого, по всей вероятности впервые в мире, была разработана и использована технология усиления существующих зданий и сооружений на основе резинометаллических опор – без выселения жильцов. Так, в Ванадзоре (Армения) 5-этажный 60-квартирный дом без выселения жильцов был отрезан от фундамента и поставлен на резинометаллические подушки специалистами Центра сейсмостойкости сооружений НССЗ при Правительстве РА под руководством М. Г. Мелкумяна (рис. 3.4(9а)). На таких же подушках был построен 4-этажный 48-квартирный дом в Спитаке (рис. 3.4(9б)). Интересно отметить, что во время толчков интенсивностью в 5 баллов жители этих домов не почувствовали землетрясения.

Суть метода состоит в том, что резинометаллические подушки, помещенные между зданием и фундаментом, гасят колебания от землетрясений, ослабляя воздействие сейсмических сил на здание (рис. 3.4(10)). Фактически конструкции здания не деформируются, и оно ведет себя как жесткая система. Этим путем



*Рис. 3.4(9) 4-этажный дом в г. Спитак, построенный на сейсмоизоляторах.*

возможно снижение интенсивности сейсмического воздействия до 2 баллов. Поскольку нет необходимости усиливать само здание, применение такого решения экономически выгодно. Этот метод применим в особенности для неповрежденных 4-6-этажных каменных зданий (составляющих 70% многоэтажных жилых зданий Армении).

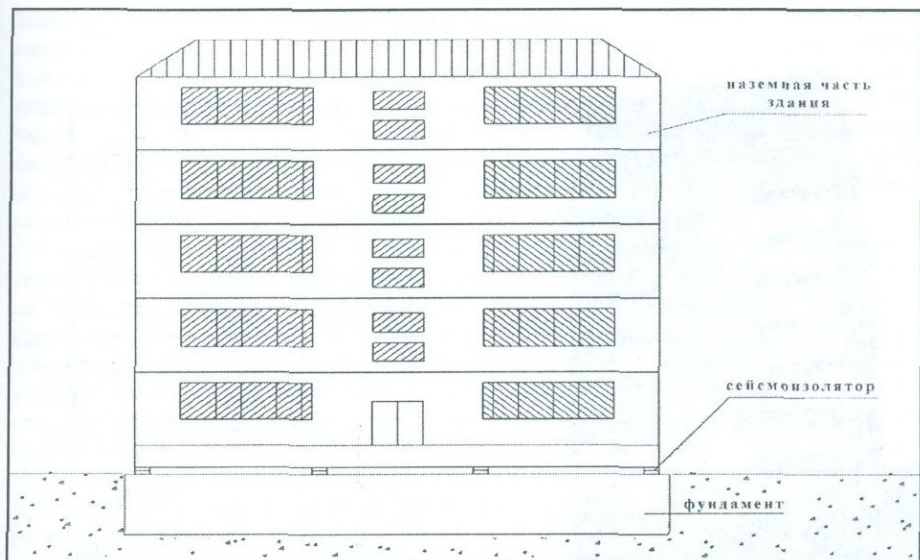


Рис. 3.4(10) Схема здания, укрепленного сейсмоизоляторами (резинOMETаллические опоры).

Другой метод, использованный в ЦСС НССЗ при Правительстве РА той же группой инженеров, основан на гашении сейсмических воздействий на здание с помощью *верхнего гибкого этажа* (рис. 3.4(11)). Этот метод усиления также прошел успешные испытания в зоне восстановления после Спитакского землетрясения 1988г.

Сегодня государства Южного Кавказа, как и Армения, оказались в трудном положении. Выяснилось, что сейсмостойкость большинства построенных многоэтажных зданий и сооружений неадекватна реальной сейсмической опасности по причине: заниженной сейсмической опасности, заложенной в проектах; некачественного строительства; недобросовестной эксплуатации и т. д. Кроме того, тысячи зданий повреждены Спитакским (1988г.), Ноемберянским (1997г.), Рачинским (1991г.), Барисахойским (1992г.), Северо-Апшеронским (2000г.) землетрясениями, имевшими место, соответственно, в Армении, Грузии, Азербайджане за последнее время.

Высокая сейсмическая активность региона обязывает предпринять срочное усиление зданий и сооружений, для чего необходимо политическое решение руководителей этих государств.

### **Эксплуатация зданий и сооружений**

Главные правила правильной эксплуатации здания и сооружения заключаются в следующем:

- не вносить самовольно в конструктивное решение здания, предусмотренное проектом, никаких изменений, снижающих его сейсмостойкость;

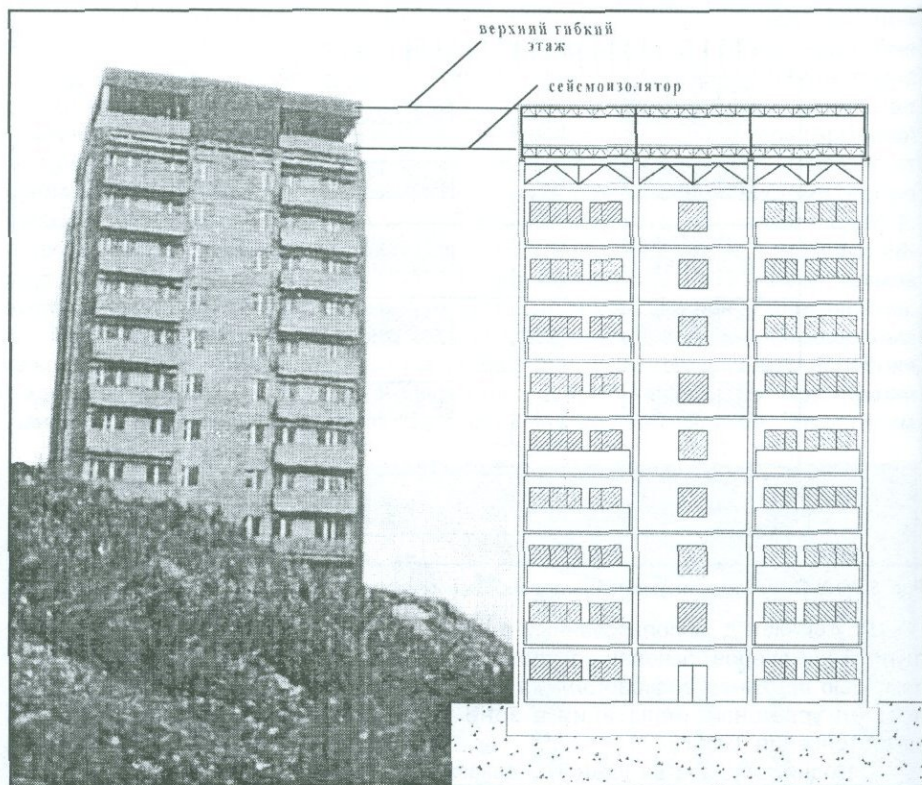


Рис. 3.4(11) Внешний вид здания с гибким верхним этажом в г. Ванадзор (а) и схема здания, укрепленного гибким верхним этажом (б).

– не ускорять какими-либо своими действиями естественного старения здания, а напротив постоянно заботиться о поддержании его в хорошем функциональном состоянии.

К сожалению, во многих, особенно в развивающихся странах, с низкой культурой сейсмостойкого строительства, неблагоприятно обстоят дела и с эксплуатацией зданий и сооружений.

Разрушительные землетрясения во многих таких странах показывают, что здания и сооружения получили серьезные повреждения и обрушились из-за несоблюдения элементарных условий их эксплуатации.

К примеру, в Армении после катастрофического Спитакского землетрясения 1988г. анализ его последствий показал, что причиной обрушения приблизительно 10% зданий, в особенности каменных, были грубые нарушения условий их эксплуатации. Особенно распространена практика самовольных изменений конструктивных решений здания, в пределах своей квартиры у себя дома, или в государственном учреждении, в пределах

своих рабочих помещений. При этом, люди рушат несущие стены или устраивают ниши и арки в них, переделывают перегородки, снимают диафрагмы жесткости в каркасно-панельных зданиях, полагая, что они играют роль перегородки. В подвальных этажах устраивают погребя, углубляясь под фундамент, и многое другое, что приводит к резкому падению сейсмостойкости и без того достаточно ненадежных зданий и сооружений, имеющих проектную сейсмостойкость ниже уровня сейсмической опасности. Таким образом, срабатывает синдром «прирожденного строителя», приводящий к разрушительным последствиям, при каждом сильном землетрясении.

Несмотря на наглядные трагические последствия грубых нарушений эксплуатации зданий и сооружений в сейсмоопасных зонах, начиная с 1989г. на всем постсоветском пространстве, в связи с приватизацией зданий и сооружений, резко ухудшилась их эксплуатация. Теперь уже все конструктивные изменения, самовольно вносимые в проект здания, носят более масштабный и тотальный характер. Главная цель владельцев этой собственности – увеличить площадь помещений: путем разрушения несущих стен в зданиях; надстройки целых этажей, с увеличением не предусмотренного проектом веса здания; подкопа под фундамент, с целью строительства целого подземного сооружения; пристроек к существующему зданию новых его продолжений невероятных форм и размеров. И все это делается на фоне передачи контроля над эксплуатацией зданий и сооружений неподготовленным для этого и достаточно бесправным общинам. В результате, к конструктивным изменениям зданий добавились и аварии в системах водопровода и канализации. Это приводит к проникновению воды под фундаменты зданий, подтачивая и сильно ослабляя их.

Выход из сложившегося предкатастрофического положения видится в дальнейшем укреплении правовой базы и повышении роли сейсмической защиты государства, параллельно с повышением ответственности домовладельцев, а также всего общества за правильную эксплуатацию зданий и сооружений.

### ***Повышение сейсмостойкости ответственных объектов и линий жизнеобеспечения***

Сооружения, повреждения которых в случае землетрясения создают особую опасность, называются *ответственными объектами*. К их числу относятся атомные электростанции, плотины, химические и нефтеперерабатывающие заводы, распределительные станции сжиженного природного газа, электростанции, правительственные здания и сооружения; здания служб, которые должны функционировать после землетрясения – сейсмическая, пожарная, полиция, больницы, аварийно-спасательные.

Проектирование таких зданий и сооружений, обеспечивающих их способность противостоять сильному сейсмическому удару, – сложная инженерная и научная задача.

К линиям *жизнеобеспечения* относятся – шоссе, железные дороги, мосты; линии электропередачи, трансформаторные будки; газопроводы и насосные станции для природного газа; кабели, столбы, подстанции телефонной сети и других средств связи; водопроводы, водные резервуары, насосные станции и каналы водоснабжения; канализационные трубы и приемные устройства для сточных вод.

В сложившихся населенных пунктах линии жизнеобеспечения давно проложены, и стоимость их улучшения огромна: любое их укрепление или приспособление к землетрясениям займет много лет. Однако новые устройства должны становиться все надежнее по мере того, как улучшаются инженерные знания о поведении систем жизнеобеспечения и совершенствуются методы управления ими. Они должны планомерно и поэтапно приходить на смену старым линиям жизнеобеспечения.

### ***Контроль за сейсмостойким строительством и эксплуатацией существующих зданий***

Завершающим действием снижения уязвимости территорий является контроль за сейсмостойким строительством и эксплуатацией существующих зданий.

В разных странах эта задача решена по-разному. Во всех случаях в основе контроля должен быть закон, предусматривающий контролирующие функции и наделяющий определенные государственные органы этими полномочиями.

Интересно отметить, что вопрос ответственности строителя перед людьми, которые должны жить в построенном им доме, закреплен законами Хаммурапи еще в Древнем Вавилоне в 1750г. до Р.Х. Эти законы выглядят следующим образом:

«Если строитель построит для человека дом и не сделает его прочным, а дом упадет и принесет смерть его владельцу, этот строитель заслуживает смерти. Если при этом погибнет имущество, он должен возместить то, что уничтожено, и, раз он не сделал дом прочным, он должен построить его заново за свой счет. Если строитель построит дом для человека и не сделает его по правилам и стена упадет, тогда строитель должен укрепить стену за свой счет».

Из вышеприведенного фрагмента законов Хаммурапи становится ясно: во все времена считалось, что строитель несет ответственность перед людьми. И это действительно так. Смысл контроля за сейсмостойким строительством и эксплуатацией зданий и сооружений заключается в том, чтобы не доводить дела до суровой ответственности строителя за надежность построенного им дома.

В ряде стран контроль за строительством осуществляется со стороны независимого государственного органа. В других странах эти функции возложены на муниципалитеты и органы местного самоуправления. В третьих – контроль осуществляют страховые компании и собственники, заказавшие строительство здания или сооружения.

В Армении контроль за сейсмостойким строительством осуществляет государственная организация, подчиненная министерству градостроительства. Что касается эксплуатации зданий или сооружений, то этот вопрос отрегулирован в еще меньшей степени.

На наш взгляд, контроль за сейсмостойким строительством и эксплуатацией зданий и сооружений должен носить многоуровневый характер и осуществляться как со стороны независимых государственных (типа НССЗ при Правительстве РА), так и общественных организаций. Уж слишком высока цена разрушенных землетрясением зданий – жизнь и здоровье многих тысяч людей.

## Прогноз вторичных опасностей

Вторичные опасности при землетрясениях, таких как *пожар, оползни, обвалы, наводнения*, могут нанести урон, сопоставимый с самим землетрясением, а иногда и больший. Так было, к примеру, при землетрясении в Кобе (Япония, 1995г.  $M=6.9$ ). Как об этом уже говорилось ранее, именно пожаром, возникшим от землетрясения в деревянных постройках города, была уничтожена вся старинная его часть с многочисленными жертвами среди населения (рис. 3.4(12)). Так было и при землетрясении 31 мая 1970г. в Перу, когда от многочисленных оползней, активизированных сильным землетрясением с эпицентром в Тихом океане, были разрушены тысячи глинобитных домов в долине горы Уаскаран, в результате чего погибли десятки тысяч людей. Обрушение плотины, спровоцированное землетрясением, – страшная угроза, особенно для тех миллионов людей, которые живут в потенциально затопляемых зонах ниже плотины. Районы, подверженные затоплению при обрушении плотины, занимают гораздо большую площадь вниз по течению, чем сама плотина.

Очень часто жители и не подозревают о том, что они живут и работают в зоне возможного затопления.



Рис. 3.4(12) Пожар в г.Кобе (Япония), спровоцированный сильным землетрясением (1995г.,  $M=6.9$ ) (Disaster Countermeasures in Japan, 1997).

Для прогноза этих и других видов вторичных опасностей, более подробно раскрытых в разделе 2.1, необходимо оценить состояние этой проблемы в каждой из стран, расположенных в сейсмоактивной зоне, выделив основные вторичные опасности, их местоположение и текущее состояние. Этим должны заниматься соответствующие профессиональные организации при координации сейсмологического органа госуправления (типа НССЗ при Правительстве РА в Армении). По результатам такого анализа должны быть предприняты соответствующие превентивные меры, включающие:

- выделение зон высокой опасности и риска;
- повышение информированности населения об опасности и риске;
- принятие и последовательную реализацию программ по снижению риска;
- укрепление правовой базы, предусматривающей права и ответственность государственных органов всех уровней, а также населения, проживающего в зонах высокого риска;
- вовлечение населения и общественных организаций в выполнение программы снижения вторичных рисков.

Снижение риска вторичных опасностей, как и вся проблема снижения уязвимости территорий, должно стать государственной задачей, требующей прежде всего правильного политического решения.

### 3.5 Раннее оповещение населения

#### Принципы и стратегия создания системы раннего оповещения

Раннее оповещение, которое тесно связано с социальными, социально-психологическими, экономическими, правовыми, политическими проблемами, играет исключительную роль в стратегии снижения сейсмического риска.

Раннее оповещение основано на прогнозах землетрясения или другом типе технической информации. При этом, между прогнозом землетрясений и ранним оповещением существует принципиальная разница.

*Прогноз землетрясений* - это вывод о том, что землетрясение с определенной магнитудой возможно произойдет в определенном месте в определенное время. Прогноз - это вывод, в котором ничего не говорится о том, что должно делать правительство и (или) население, получив подобную информацию. За достоверность прогноза отвечают ученые, на основе имеющихся научных данных.

*Раннее оповещение* - это декларация того, что нормальный ход жизни людей должен быть временно изменен, для обеспечения их безопасности. Раннее оповещение следует за прогнозом или другой технической информацией. За раннее оповещение отвечает Правительство, принимая во внимание весь спектр связанных с этим вопросов. В проблеме раннего оповещения, в зависимости от типа исходной информации, отчетливо выделяются две формы оповещения:

- не срочная, через органы государственного управления;
- срочная, автоматическая, в виде звукового сигнала сейсмической тревоги.

#### *Раннее (не срочное) оповещение через органы государственного управления*

Раннее, не срочное, оповещение основано на прогнозе землетрясений. Прогноз землетрясений - одна из сложнейших задач сейсмологии, решение которой всегда носит вероятностный характер.

Вероятность зависит от множества факторов, главными из которых являются:

- благоприятные, хорошо изученные физико-геологические условия;
- многовековая представительная статистика сейсмических событий;
- многопараметровый плотный мониторинг литосферы с круглосуточной передачей информации в реальном масштабе времени в единый центр сбора, обработки и анализа данных;
- профессиональный потенциал ученых, занятых в прогнозе;
- тип прогноза (долгосрочный, среднесрочный, краткосрочный, оперативный).

Последний фактор играет особую роль, т.к. известно, что наиболее решенной задачей является долгосрочный и среднесрочный прогноз. Что касается краткосрочного и оперативного прогнозов, то несмотря на ряд успешных результатов в Китае, СССР, США, Японии, Армении, Исландии и других странах, вероятность краткосрочного и оперативного прогнозов землетрясений остается все еще достаточно низкой. Это означает, что раннее оповещение, основанное на краткосрочном и оперативном прогнозах землетрясений, должно быть сделано исключительно взвешенно, т.к. может привести к серьезным социальным, социально-психологическим, экономическим, правовым, политическим проблемам.

Другой важный вопрос в раннем (не срочном) оповещении - это переход информации о прогнозе землетрясения из научной плоскости в социальную, т.е. от ученых (прогноз) к политическому руководству страны (оповещение).

Эта задача в разных странах решена по-разному. Анализ различных решений показывает, что в принципе существуют два основных подхода.

Первый, реализованный в подавляющем большинстве стран, включая США и Японию, - это создание Советов по прогнозу землетрясений при государственных сейсмологических службах и при представителях власти различного уровня - от губернатора до премьер-министра. Прогноз из научных подразделений государственной сейсмологической службы передается в Комиссию по прогнозу землетрясений при представителях власти. Решение о раннем оповещении населения принимает представитель власти. Главной проблемой такого подхода является то, что представитель власти не может сам оценить качество прогноза. Для него во всех случаях основным аргументом принятия решений является *политическая целесообразность*, которая, к сожалению, не всегда адекватна реальной сейсмической опасности.

Второй подход к принятию решения об оповещении населения реализован в Китае и Армении. Это создание специализированного органа госуправления, типа Китайского ГСБ и НССЗ при Правительстве РА, имеющих высокий государственный статус. Здесь информация от научных подразделений передается в Экспертный Совет, возглавляемый руководителем Службы, который непосредственно подчинен премьер-министру. Такая модель позволяет докладывать премьер-министру не только информацию о возможном землетрясении, но и о необходимых превентивных мерах, включая рекомендации по раннему оповещению населения.

Несмотря на общий подход к раннему оповещению населения в Китае и Армении, между Китайским ГСБ и Армянской НССЗ при Правительстве РА существует и определенная разница. В отличие от Китайского ГСБ, а также всех других государственных сейсмологических служб, НССЗ при Правительстве РА имело в своей структуре не только сейсмологическую службу, но и службы, направленные на принятие контрмер - Центр сейсмостойкости зданий и сооружений, Центр по работе с населением, Силы быстрого реагирования. Другой принципиальной разницей является то, что в НССЗ при Правительстве РА была разработана стратегия раннего оповещения, в форме контрмер, предпринимаемых Правительством адекватно уровню текущей сейсмической опасности. При этом оценка текущей сейсмической опасности базируется на

полученных промежуточных научных результатах в области прогноза землетрясений. Таким образом, в Армении стратегия раннего (не срочного) оповещения базируется не на прогнозе землетрясений, а на оценке текущей сейсмической опасности. Последнее отличается от прогноза тем, что не предъявляет строгих требований к определению места, силы и времени возможного землетрясения, а оценивает опасное изменение сейсмического режима региона, которое способно вызвать сильное землетрясение в той или иной его части.

Отмеченные выше отличия, как по форме, так и по содержанию, в решении проблемы раннего (не срочного) оповещения непосредственно связаны со степенью сейсмической уязвимости разных государств, размерами их территории, плотностью и численностью населения, уровнем экономического развития, политическим строем, национальным менталитетом, действующими законами, традициями решения задачи раннего оповещения и другими факторами второго порядка.

Система, разработанная для Армении, глубоко и всесторонне учитывает то обстоятельство, что следующее сильное землетрясение, к примеру, в районе г. Ереван - столицы республики способно привести не просто к большим потерям, как в других странах, а к национальной катастрофе, как ни в одной стране, поскольку масштаб жертв и разрушений может достигнуть такого качественно нового уровня, при котором страна не способна будет восстановиться. Подобная ситуация сложилась в результате того, что Армения полностью расположена в сейсмоактивной зоне, где уровень сейсмической опасности в целом превосходит уровень сейсмостойкости зданий и сооружений; численность населения весьма мала при его высокой плотности и неравномерном расселении - около 50% людей проживает в столице и ее окрестностях; Армения переживает серьезные экономические трудности в переходный период от одного общественного строя к другому; население плохо осведомлено об уровне сейсмической опасности и риска, а также о возможности его снижения; нет еще реально действующих законов, защищающих население от сильных землетрясений; во всем обществе царит инерция игнорирования опасности, сложившаяся в течение многих прошлых десятилетий; маленькая территория, не оставляющая возможности реабилитации пораженных землетрясением районов за счет остальной части территории; и много другое, что делает Армению исключительно сейсмически уязвимой страной в отличие от любого другого государства.

Учитывая многократно подтвержденную на практике высокую эффективность системы раннего (не срочного) оповещения, разработанную и реализуемую НССЗ при Правительстве РА, а также то обстоятельство, что в близких к Армении условиях находятся Азербайджан и Грузия, можно сформулировать общие для региона принципы и стратегию системы раннего (не срочного) оповещения населения через органы госуправления.

*Общие принципы раннего (не срочного) оповещения:*

1. Для раннего (не срочного) оповещения целесообразно использовать данные оценки текущей сейсмической опасности.

2. Раннее оповещение должно осуществляться в виде контрмер, зависящих от уровня текущей сейсмической опасности.

3. Главная цель контрмер - концентрация внимания правительства и местных органов власти на зоне возможного сильного сейсмического события с целью реализации предварительно запланированных шагов, направленных на снижение опасности больших потерь.

Контрмеры, во всех случаях, должны включать:

- концентрацию внимания правительства и местных органов власти на зоне возможного землетрясения;
- уплотнение сети и времени наблюдений в зоне возможного землетрясения, с целью увеличения плотности исходной информации;
- внеочередную оценку сейсмостойкости зданий и сооружений, с целью уточнения наиболее уязвимых построек, в текущий момент времени;
- усиление работы с населением;
- переоценку материальных ресурсов и резервов в зоне возможного землетрясения;
- внеочередную проверку состояния сил быстрого реагирования на республиканском и местном уровнях;
- корректировку планов действий местных органов власти;
- корректировку планов совместных действий правительства и местных органов власти;
- корректировку планов совместных действий правительства и органов госуправления, в частности, отвечающих за быстрое реагирование и чрезвычайную ситуацию.

*Стратегия системы раннего (не срочного) оповещения включает:*

- использование в основе раннего оповещения информации о текущей сейсмической опасности;
- представление о раннем оповещении, как о контрмерах, адекватных уровню текущей сейсмической опасности, имеющих целью сконцентрировать внимание правительства и местных органов власти на зоне возможного землетрясения для планирования и реализации действий, направленных на своевременную минимизацию возможных потерь;
- создание специализированного сейсмологического ведомства - органа госуправления, типа НССЗ при Правительстве РА, подчиненного непосредственно премьер-министру и ответственного за сейсмическую защиту населения, включая и раннее оповещение;
- объединение в созданном государственном ведомстве структур, ответственных за мониторинг текущей сейсмической опасности и оценку уровня опасности, разработку плана раннего оповещения в виде контрмер и участие в его реализации, т.е. объединение в одном государственном ведомстве научного заключения о текущей сейсмической опасности и разработки проекта политического решения о принятии контрмер - для прямого доклада премьер-министру;
- сосредоточение полномочий за оценку (прогноз) текущей сейсмической опасности и составление рекомендаций по принятию адекватных контрмер в одном лице - руководителе специализированного государственного ведомства, непосредственно подчиненного премьер-министру;
- принятие решения о раннем оповещении населения на уровне премьер-министра;

– планирование и реализацию раннего оповещения в виде контрмер, рекомендованных премьер-министру специализированным сейсмологическим органом государственного управления;

– вовлечение в реализацию контрмер республиканских и местных органов власти, при участии соответствующих министерств и ведомств, общественных и частных организаций, т.к. любое сильное землетрясение охватывает сразу несколько административных областей (марзов), которые к тому же не во всех странах имеют достаточные ресурсы и полномочия для самостоятельных действий.

### ***Раннее (срочное) оповещение***

Раннее (срочное) оповещение основано на том физическом факте, что разрушительная сейсмическая волна распространяется гораздо медленнее, чем скорость распространения электромагнитной волны. Это означает, что дошедшая до сейсмометра сейсмическая волна приведет в действие сейсмометр, как механоэлектрический преобразователь, который, преобразуя механические колебания грунта в электрический сигнал, распространит его в сторону принимающих антенн обрабатывающей станции, установленной в Центре сбора, обработки и анализа информации в населенном пункте или любом другом объекте раннего оповещения. Таким образом, электрический сигнал, обогнав сейсмическую волну, за счет своей большей скорости оповестит население о надвигающемся разрушительном сейсмическом ударе.

Итак, существующая в настоящее время технология сейсмических наблюдений и достижения в области телекоммуникаций позволяют реализовать систему раннего оповещения о надвигающейся разрушительной сейсмической волне. Такая система способна обеспечить раннее оповещение населения или какого-либо ответственного, опасного объекта - от нескольких секунд до нескольких десятков секунд перед приходом сильной сейсмической волны.

Подобное время раннего оповещения вытекает из того расчета, что скорость распространения разрушительной поперечной (S) волны, к примеру в регионе Кавказа, составляет приблизительно 2.3 км/сек. Исходя из того, что очаги разрушительных землетрясений расположены от крупных городов Кавказа на расстоянии не ближе 23 км (расстояние от очага Гарнийского землетрясения до г. Еревана), можно рассчитать время прохождения этого расстояния поперечной сейсмической волной, как  $t=10$  секунд .

Учитывая, что современные технические и программные средства позволяют обработать полученную информацию в течение 2 сек, можно получить минимальное время раннего оповещения как  $t_{\text{мин}}=8$  с. Что может быть сделано за 8 секунд по части раннего оповещения? Время в 8 секунд может быть использовано для: минимизации потерь среди населения и материальных ценностей; мобилизации сил быстрого реагирования, включая аварийно-спасательные и медицинские службы.

*Минимизация потерь среди хорошо подготовленного населения, включает: радиопредупреждение правительству и населению в виде звукового сигнала сейсмической тревоги; немедленное перемещение каждого человека в*

наиболее безопасные места в тех помещениях, где он в данный момент находится, или быстрое перемещение на открытое место, если есть полная уверенность в том, что за 8 секунд это можно сделать; остановка транспорта на маршрутах его движения; быстрое отключение опасных коммуникаций (газ, электричество и т.д.) в квартирах и включение радиоприемников, а также автоматическая остановка всех опасных производств, включая реактор АЭС.

*Мобилизация сил быстрого реагирования с организацией аварийно-спасательных работ, включает:* быстрое определение главных параметров землетрясения и зоны максимального сейсмического воздействия; оперативную автоматическую оценку возможных жертв, разрушений, потерь; на основе определения зоны максимального сейсмического воздействия; автоматическую оценку и распределение аварийно-спасательных и медицинских сил и средств, необходимых для оказания срочной помощи пострадавшим.

*Принципы создания системы раннего (срочного) оповещения включают:*

- создание сети сейсмических станций вокруг крупных населенных пунктов или таких ответственных объектов, как атомная электростанция, крупная плотина и др.;

- сейсмические станции должны быть удалены от населенного пункта или ответственного объекта на расстояние, обеспечивающее необходимое время для действий органов власти и населения при получении сигнала сейсмической тревоги; это расстояние не должно быть очень близким или очень далеким, т.к. время раннего оповещения может оказаться слишком малым, в первом случае из-за близости сейсмических датчиков, во втором случае из-за близости очага землетрясения;

- сейсмические станции должны быть установлены по окружности, на расстоянии не менее 10 км друг от друга, на одинаковом удалении от населенного пункта/объекта, расположенного в центре окружности, что позволяет оптимально контролировать приход сейсмической волны от очагов, расположенных под различными азимутами по отношению к населенному пункту/объекту;

- на всех сейсмических станциях устанавливается такой порог чувствительности (критический порог), который бы обеспечивал регистрацию сейсмических волн, способных вызвать в населенном пункте/объекте ускорения грунта, соответствующие интенсивности сейсмического воздействия на здания и сооружения в 7 баллов шкалы MSK-64;

- сигнал тревоги должен возникать в том случае, если по крайней мере на двух сейсмических станциях колебания грунта превысили установленный критический порог; в этом случае низка вероятность того, что колебания от несейсмических источников, например, от движения поездов по железной дороге, или иных техногенных шумов, будут воздействовать одновременно на две станции, расположенные на расстоянии 10 км и более друг от друга;

- каждая полевая станция должна состоять из трех независимых суб-станций, расположенных на расстоянии 300 м одна от другой и оборудованных акселерометрами, что значительно повышает надежность регистрации сейсмических волн на каждом наблюдательном пункте;

- в составе каждой полевой станции помимо акселерометров должны быть аналого-цифровой преобразователь, процессор цифровой обработки сигналов, программное обеспечение для дифференциации сигналов на «сейсмический» и

«не сейсмический», радиопередатчик с антенной для передачи сигнала сейсмической тревоги по радиоканалу в Центр сбора, обработки и анализа данных, установленный в населенном пункте/объекте.

*Стратегия системы раннего (срочного) оповещения включает:*

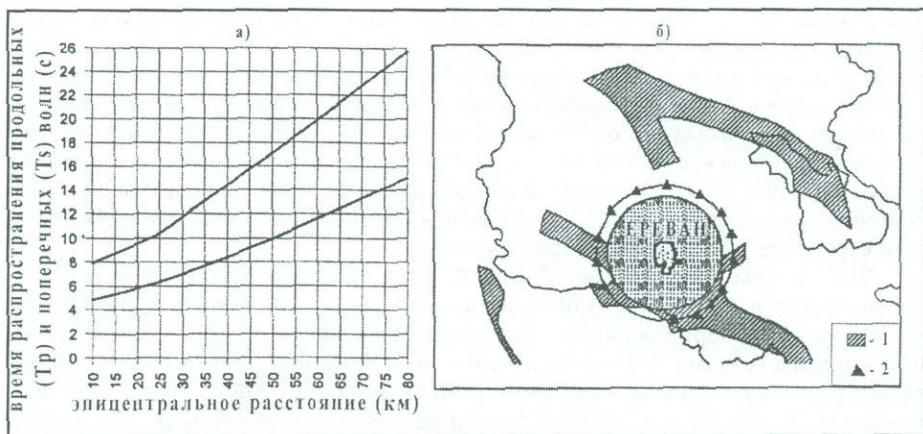
- создание автоматической системы раннего оповещения о надвигающейся сейсмической опасности, в виде звукового радиосигнала (сирена сейсмической тревоги) для органов власти всех уровней и населения; в виде кодированного сигнала автоматического отключения ответственных объектов, включая АЭС; в виде сигналов сейсмической защиты линий жизнеобеспечения;

- интеграцию созданной автоматической системы раннего оповещения в национальную сейсмологическую сеть наблюдений для полного взаимоувязанного контроля текущего сейсмического режима региона;

- создание второго, срочного, уровня в общей системе раннего оповещения, что существенно повысит эффективность действий правительства и населения в сфере сейсмической защиты.

Система раннего (срочного) оповещения успешно опробована и действует в Японии, Мексике, Литве и других странах с различными экономическими возможностями.

Проект создания подобной системы (рис. 3.5(1)) раннего (срочного) оповещения был разработан в НССЗ при Правительстве РА в 1997г. (Balassanian, et al,1997).



**Рис. 3.5(1)** Проект системы раннего оповещения для г. Ереван, разработанный в НССЗ при Правительстве РА в 1997г. (Balassanian, 1999): а) график зависимости распространения сейсмических волн от эпицентрального расстояния; б) зона потенциальных очагов землетрясения (1) для г. Еревана и схема расположения инструментов (2) сильных движений грунта (акселерографов).

### 3.6 Повышение информированности населения о сейсмической опасности и риске

Исследования в области управления сейсмическим риском и взаимопомощи при разрушительном землетрясении приводят к выводу об особой роли повышения информированности населения в сфере сейсмической опасности и риска. Особая роль этой проблемы связана с тем, что *без компетентного участия всех слоев общества в снижении сейсмического риска невозможно добиться сейсмической защиты населения.*

Анализ мирового опыта показывает, что чем выше осведомленность населения, тем выше степень его сейсмической защищенности, т.к. только осведомленное об опасности общество способно предотвратить тяжелые последствия, связанные с реализацией опасности.

По мнению известных американских ученых Дж. Гира и Х. Шаха (1988), каждый, кто живет, работает или путешествует в сейсмичной области, должен иметь определенные знания о землетрясениях; эти знания можно получить из книг, по телевидению, из лекций с показом слайдов, а также из бесед с другими людьми. Они считают необходимым, чтобы студенты, учащиеся, персонал компаний, правительственные служащие и другие группы населения *регулярно* прослушивали программы по сейсмической безопасности. При этом школьникам следует преподавать основы знаний о происхождении землетрясений, их проявлениях и мерах подготовки к ним. Элементарные знания о землетрясениях могут в большой степени помочь детям преодолеть страх и спокойно перенести землетрясение. Их следует познакомить с основами тектоники плит, чтобы опровергнуть всякие нелепые домыслы вроде того, что страна провалится в море или что земля может разверзнуться и поглотить детей. В каждой школе должны проводиться учебные сейсмические тревоги, чтобы школьники научились, как им вести себя, если землетрясение произойдет во время уроков.

Все, о чем говорят Дж. Гир и Х. Шах, и даже более того широко применяется в США (рис. 3.6(1)) и таких странах, как Япония и Китай, где «сейсмическое образование» – неотъемлемая часть общего образования, получаемого людьми. Менее систематично и тотально работа с населением ведется и в таких странах, как Италия, Новая Зеландия, Австралия, Исландия, Греция и другие. Плохо обстоит дело в развивающихся странах, где власти предпочитают «не тревожить население», так как все равно все зависит от «воли господ бога». Подобная «политика» приводит к огромным жертвам и разрушениям в этих государствах при каждом следующем сильном землетрясении, которые согласно закону повторяемости землетрясений неумолимо следуют друг за другом в одних и тех же зонах.



*Рис. 3.6(1) Подготовка населения в США к следующему сильному землетрясению: занятия с детьми в сейсмологической службе США (фото Геологической службы США).*

Существует и другой распространенный «подход», характерный для таких государств, как Советский Союз, частью которого была и Армения. Здесь уровень реальной сейсмической опасности просто искусственно занижался до той величины, которая не требует особых действий общества, направленных на обеспечение своей сейсмической безопасности. Заниженная опасность предполагает быстрое и дешевое строительство, неадекватное по сейсмостойкости уровню реальной сейсмической опасности, и формальное отсутствие проблемы снижения сейсмического риска, а следовательно и необходимости повышения осведомленности населения.

После Спитакского землетрясения 1988г., катастрофические последствия которого были прямым следствием проводившейся политики на искусственное занижение сейсмической опасности, страны региона испытали состояние шока, который усилился, когда за разрушительным Спитакским землетрясением в Армении (1988г.) последовало сильное Рачинское землетрясение в Грузии (1991г.), а затем Рудбарское землетрясение в Иране,  $M=7.7$ , 1990 и Ерзнданское землетрясение в Турции ( $M=6.9$ , 1992).

Таким образом, до создания НССЗ при Правительстве РА в 1991г. никто на Кавказе и вообще на постсоветском пространстве не поднимал проблемы информированности населения о сейсмической опасности и риске. С 1991г. по

2002г., в рамках государственной программы по снижению сейсмического риска на территории Армении и г. Еревана, в Армении проводилась широкомасштабная работа по повышению информированности населения. Эту работу возглавляли специальные подразделения НССЗ при Правительстве РА: Управление по сейсмической защите населения, Центр по работе с населением, Пресс-центр и Отдел информации о землетрясениях. Были созданы и действовали специальные радио и телепрограммы, а также организована периодическая информация о задачах снижения сейсмического риска в республиканских газетах. Наиболее популярной у населения в 2002г. была специальная еженедельная радиопередача «Сейсмическая волна».

Несмотря на некоторые достижения в этой области государства Кавказа, как и многие развивающиеся страны, находятся в начале своего долгого пути в сфере повышения информированности населения.

### ***Система повышения информированности населения***

Система повышения информированности населения имеет определенную цель, стратегию и тактику достижения цели.

*Цель* – снижение сейсмического риска для обеспечения безопасности населения и устойчивого развития общества.

*Концепция* – базируется на следующих основных принципах:

- главный способ повышения информированности населения это обучение;
- обучением должны быть охвачены все слои населения;
- подход к обучению должен быть дифференцированным; объем обучения должен расти от старшего поколения к молодому, от рядовых граждан к представителям власти всех уровней;
- особое внимание в обучении необходимо уделить молодому поколению и представителям власти всех уровней;
- для повышения информированности нужно использовать разные подходы, учитывающие уровень сейсмической опасности и риска, социально-экономическое положение общества, психологическое состояние населения, национальные традиции, культуру, вероисповедание, менталитет нации, законы государства.

Концепция повышения информированности населения о сейсмической опасности и риске предполагает создание такой системы, которая:

- действует в рамках общей стратегии снижения сейсмического риска, разработанной и реализуемой сейсмологическим государственным ведомством типа НССЗ при Правительстве РА;
- реализуется в рамках общей государственной программы снижения сейсмического риска;
- ориентирована на различные возрастные и социальные группы населения, с особым вниманием к детям как к самой восприимчивой и перспективной части общества;
- несет необходимую и достаточную информацию в наиболее доступной для восприятия форме;
- исключает недостоверную и некомпетентную информацию;

- обеспечивает тесную связь между сейсмологическим ведомством типа НССЗ при Правительстве РА, средствами массовой информации (СМИ), населением, органами власти всех уровней.

*Критерием* необходимого уровня информированности населения являются: информированность самой уязвимой части населения – старики, дети, малоимущие слои населения, инвалиды, жители отдаленных населенных пунктов; существование действенной информационной связи между учеными, правительством и населением.

*Тактика* повышения информированности населения заключается в следующем:

- подготовка информации, повышающей осведомленность населения, в виде печатной литературы, аудио-видеоматериалов, со стороны профессионального государственного ведомства типа НССЗ при Правительстве Армении;

- подготовка в системе профессионального государственного ведомства типа НССЗ при Правительстве РА инструкторов для работы с населением, школьных учителей и преподавателей ВУЗ-ов, инструкторов для муниципальных органов власти, с целью создания сети инструкторов-преподавателей для обучения всех слоев населения и органов власти всех уровней;

- подготовка и использование средств массовой информации (СМИ) для распространения знаний и информации, повышающих осведомленность населения;

- включение программ обучения населения в сфере сейсмической защиты в программы школ и ВУЗ-ов, с целью обучения и тренинга молодого поколения через сеть учебных заведений всех уровней от школ до высших учебных заведений;

- обучение и тренинг органов власти всех уровней;

- организация и проведение научно-методических семинаров, научных конференций и симпозиумов, для исследователей в области социальных наук или ученых, чьи исследования имеют выраженную социальную направленность.

*Стратегия* повышения информированности населения заключается в создании такого постоянно действующего информационного поля, которое обеспечило бы эффективное снижение сейсмического риска со стороны высокоинформированного общества.

*Тактика* повышения информированности населения должна учитывать:

- долгосрочный уровень сейсмической опасности и риска по всей территории государства и более детально по каждой административной области, включая каждый населенный пункт;

- текущий уровень сейсмической опасности;

- социально-экономическое и политическое состояние всего общества, а также населения в каждом административном районе;

- уровень психологического воздействия от пережитого в прошлом землетрясения;

- психологическую обстановку в текущий момент времени;
- уровень образования населения в целом и различных его слоев в частности;
- традиции, культуру, вероисповедание народа, его региональные (по областям) специфические черты;
- уровень подготовленности инструкторов-преподавателей;
- уровень подготовленности СМИ к распространению объективной информации;
- степень подготовленности органов власти всех уровней;
- существование и готовность профессионального ведомства к подготовке печатной литературы, аудио-видеоматериалов для повышения информированности населения;
- степень готовности населения к получению информации.

Содержание системы повышения информированности населения можно разделить по пользователям информации: разные возрастные группы (старшее, среднее, молодое поколение); руководители органов власти четырех уровней (община, муниципалитет, область (марз в Армении), правительство республики.

*Разные возрастные группы* включают старшее, среднее, молодое поколения и детей дошкольного возраста.

Для старшего поколения наиболее эффективны: текущая информация в СМИ; обучающие программы по ТВ и радио; участие в учебных тревогах. Для среднего поколения: текущая информация в СМИ; обучающие программы по ТВ и радио; периодические лекции инструкторов/преподавателей на рабочих местах по вопросам сейсмологии и сейсмического риска, сейсмической защиты населения; участие в учебных тревогах. Для молодого поколения: обучение в школе и в ВУЗ-е; учебные тревоги в школе и в ВУЗ-е; обучающие программы на ТВ и радио; текущая информация в СМИ; участие в общих учебных тревогах; посещение территориальных подразделений сейсмологического ведомства, типа НССЗ при Правительстве РА, для ознакомления с работой его подразделений; участие в школьных и ВУЗ-овских олимпиадах; участие в школьных кружках и студенческих научных обществах; участие в студенческих научных конференциях. Для дошкольного возраста: аудио-видео тематические игры в школах; детские постановки; детская литература; мультипликационные фильмы по ТВ.

*Руководители органов власти четырех уровней* должны пройти обязательный курс для среднего поколения и специальный курс по принятию решений до, во время, после сильного землетрясения - соответственно для руководителей общины, муниципалитетов, областей (марзов в Армении), правительства республики.

### **Обучение и тренинг населения**

*Обучение и тренинг* – важнейшие элементы повышения осведомленности населения, без которых невозможно эффективное снижение сейсмического риска путем его управления в том числе и при разрушительном землетрясении.

Генеральная Ассамблея ООН в резолюции от 27 марта 2000 года провозгласила одной из первоочередных задач «широкомасштабные усилия в области просвещения общественности. Вызывает тревогу низкий уровень понимания тех проблем, с которыми мы сталкиваемся. По мере того как все больше людей переселяются в города, потребность в повышении осведомленности еще более возрастает».

В дополнение к этому следует отметить, что обучение и тренинг являются важнейшими элементами готовности к катастрофам.

В Японии детям с раннего возраста рассказывают о землетрясении – что это такое, как проявляется, как воздействует на здания и сооружения. Подготовка к очередному землетрясению в Японии считается одним из главных приоритетов государства. Правительство тратит большие средства на обучение населения и на меры по сейсмической защите государства. На рис. 3.6(2) показана «жилая комната», помещенная на грузовик с виброустановкой, имитирующей землетрясение для его «обитателей».

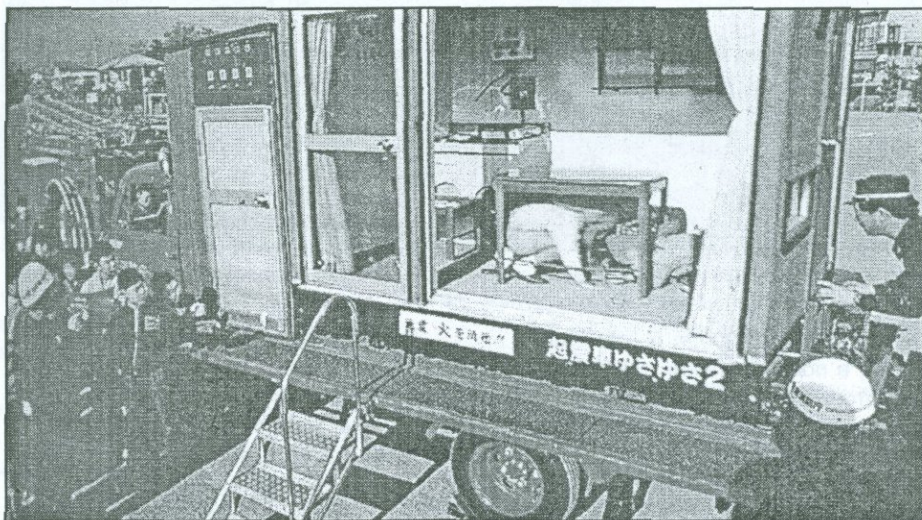


Рис. 3.6(2) Подготовка населения в Японии к следующему сильному землетрясению (Frank Press and Raymond Siever, 1998).

Передвижные фургоны, обставленные внутри как японские жилые комнаты, подвозят к школам. Дети входят в фургон, который после этого начинает сотрясаться, как при землетрясении, с помощью механического устройства. Такие тренировки прививают детям навыки быстрых грамотных действий, которые впоследствии спасут многих из них, когда они столкнутся с реальной угрозой.

Другая демонстрационная установка, имитирующая воздействия землетрясений различной силы на здания правильной (сейсмостойкой) и неправильной (не сейсмостойкой) конструкции, была создана и используется в

Непале, Непальским национальным обществом сейсмических технологий (NSET), для повышения осведомленности населения о том, как надо и как нельзя строить дома в сейсмоопасной зоне (рис. 3.6(3)).



Рис. 3.6(3) Наглядная учебная демонстрация хорошо и плохо построенного дома в Непале.

С 1991г. по 2002г. в Армении, в рамках Программы снижения сейсмического риска, в подразделениях НССЗ при Правительстве РА были разработаны планы подготовки и тренинга населения (рис. 3.6.(4)), планы подготовки инструкторов по обучению населения; проведены многочисленные занятия в министерствах и ведомствах, в неправительственных организациях, в школах и дошкольных учреждениях. Систематически велись радио и телепередачи для населения, готовились и распространялись печатные буклеты по правилам поведения населения до, во время и после землетрясения. Построенный при финансовой поддержке фонда «Сороса» вибродомик, по аналогии с японскими, но с армянской обстановкой в «жилом помещении», не только демонстрировался, но и использовался для тренинга детей от 5 до 16 лет в различных городах и районах Армении.

### **Принципы обучения и тренинга населения**

Принципы обучения и тренинга населения вытекают из цели, концепции, стратегии и тактики решения поставленной задачи.

Цель обучения и тренинга населения – повышение его информированности о сейсмической опасности и риске. Основная концепция обучения и тренинга

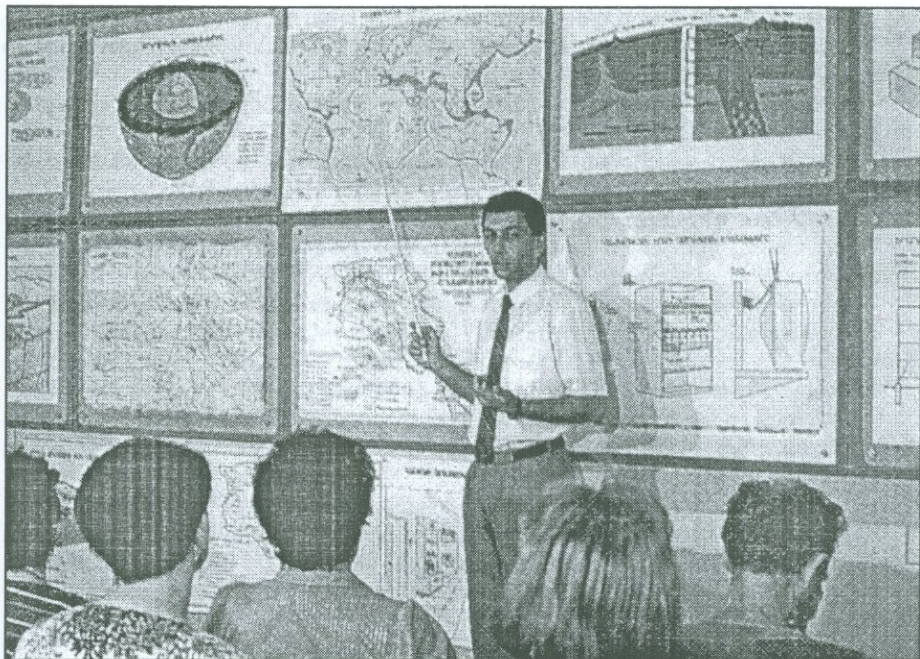


Рис. 3.6(4) Подготовка инструкторов по обучению населения в НССЗ при Правительстве РА.

населения заключается в том, что обученное население – это активное общество, способное своими эффективными действиями значительно снизить уровень возможных потерь при сильном землетрясении.

*Критерием* необходимого уровня обученности и тренированности населения является достигнутое понимание того, что:

- только обученное общество может эффективно защитить себя от сильного землетрясения;
- защита от сильного землетрясения это не только действия до, во время и после сильного сейсмического события, а, главным образом, создание необходимых условий для исключения возможных потерь при сильном землетрясении;
- сильное землетрясение само по себе это только сильные колебания поверхности земли, которые происходят по причинам, не зависящим от воли людей, а катастрофа – это трагедия, которая подготавливается необдуманно действиями необученных людей в течение многих десятилетий.

*Стратегия* обучения и тренинга населения заключается в распространении таких знаний, которые способны были бы повысить защищенность самых уязвимых слоев населения – малоимущие слои населения, дети, старики, инвалиды и больные люди.

*Тактика* обучения и тренинга заключается в следующем:

- подготовка обучающих программ, в рамках государственных программ по снижению сейсмического риска;
- подготовка обучающих программ для инструкторов, занятых в обучении населения;
- обучение, ориентированное на разные возрастные и социальные группы населения, с особым вниманием к подрастающему поколению;
- всеобщее обучение, охватывающее все слои населения;
- обучение, доступное для всех здоровых людей и особое обучение для людей, имеющих разную степень изъятия в здоровье;
- обучение, исключающее недостоверную или некомпетентную информацию;
- специальное обучение руководителей, представителей органов власти всех уровней;

Тактика обучения и тренинга должна учитывать:

- долгосрочный уровень сейсмической опасности и риска по всей территории государства и более детально по каждой административной области, включая каждый населенный пункт;
- текущий уровень сейсмической опасности;
- социально-экономическое и политическое состояние всего общества, а также населения в каждом административном районе;
- уровень психологического воздействия от пережитого в прошлом землетрясения;
- психологическая обстановка в текущий момент времени;
- уровень образования населения в целом и различных его слоев в частности;
- традиции, культура, вероисповедание народа, его региональные (по областям) специфические черты;
- уровень подготовленности инструкторов-преподавателей;
- уровень подготовленности СМИ к распространению объективной информации;
- степень подготовленности органов власти всех уровней;
- существование и готовность профессионального ведомства к подготовке печатной литературы, аудио-видеоматериалов для повышения информированности населения;
- степень готовности населения к получению информации.

Особое место в тренинге населения занимают сейсмические тревоги.

Учебные сейсмические тревоги чрезвычайно полезны для проверки готовности и выявления недочетов. В проведении последней такой тревоги в Стэнфордском университете участвовали персонал больницы, полиция, пожарные, служащие и студенты. Сценарий был разработан на случай землетрясения с магнитудой 7.5 и эпицентром на разломе Сан-Андреас в 30 км от Стэнфорда. На основе этих исходных данных были оценены возможное число жертв и уровень повреждения зданий. В сценарии предусмотрены повреждения водопровода и канализации, пожары, утечка химических веществ, блокирование дорог и десятки других нарушений и видов опасности. Мнимые жертвы в жилых корпусах и в аудиториях служили проверкой медицинскому персоналу (лицам,

избранным в качестве жертв, были «назначены» различные правдоподобные ранения, и они добросовестно исполняли свои роли). Работники университетского комплекса, персонал больницы, полицейские, пожарные и административные работники, участвовавшие в проведении учебной тревоги, не были заранее предупреждены о том, с какими именно проблемами они столкнутся, справляясь с последствиями учебного землетрясения. В течении минут и часов с момента его «возникновения» они неожиданно оказывались в различных критических ситуациях. Объем непредвиденных проблем возрастал, включая обрывы коммуникаций, невозможность оказания быстрой помощи всем пострадавшим, недостаточное снабжение, трудности в расстановке сил. Тревога продемонстрировала необходимость тщательной подготовки к землетрясениям, и вскоре были предприняты необходимые корректировочные действия.

Значение усилий по обучению населения стало очевидным после землетрясения 1979г. в южной Калифорнии. Проведенный после землетрясения опрос 123 человек, работавших в административном здании округа Импириал, выявил некоторые интересные черты их поведения при землетрясении. 70% опрошенных сообщили, что их первая реакция была основана на тех инструкциях, которые они получили ранее на занятиях и учениях. Почти каждый залез под стол, встал в дверной проем или оставался на месте. Паники не было, хотя здание сильно сотрясилось и было близко к обрушению (позже оно было снесено). Многие получили небольшие повреждения, царапины и ушибы, но никто не был тяжело ранен. Вот как описывает одна из служащих свои ощущения на втором этаже здания:

«Во время землетрясения я была убеждена, что здание вот-вот рухнет и я погибну. Я почувствовала, что лучше всего было бы залезть под стол. Сотрясения усилились, я не могла больше стоять и поползла под стол. Когда тряска кончилась, я не знала, смогу ли спуститься по ступеням, не убившись до смерти. Когда я вышла наружу и перешла улицу, меня записали и велели идти домой. Я не чувствовала времени и была в состоянии шока. Я пошла домой пешком (а живу я в 20км от работы), и по дороге меня нашел мой муж.»\*

В Армении сейсмические тревоги проводились подразделениями НССЗ при Правительстве РА с 1991 по 2002гг в различных городах и населенных пунктах республики (рис. 3.6(5)).

### ***Разработка и реализация образовательной системы***

Образовательная система включает: образовательные радиотелевизионные передачи и публикации в средствах массовой информации (СМИ) по тематике, связанной с сейсмической защитой населения; подготовку и аттестацию инструкторов для проведения обучения населения правилам защиты от землетрясений; подготовку учебных программ, пособий, методических и дидактических материалов для обучения населения и квалифицированных инструкторов; социально-психологическую подготовку населения.

\* Сум. из кн.: Arnold C., Eisner, R., Durkin M. And Whitaker D. Imperial Country Services Building: Occupant Behavior and Operational Consequences as a Result of the 1979 Imperial Valley Earthquake. August 1982, Building Systems Development, Inc., San Mateo, California.



*Рис. 3.6(5) Сейсмическая тревога в одной из школ г.Гюмри: занятия проводит Северный Департамент НССЗ при Правительстве РА.*

Образовательные радиотелевизионные передачи и публикации в СМИ по тематике, связанной с сейсмической защитой населения предполагают:

1) планирование, подготовку и реализацию радиотелевизионных передач, обеспечивая при этом: строгую периодичность передач по центральным, областным и местным каналам; общедоступность содержания передач с соблюдением постепенности в усложнении и расширении круга вопросов, рассматриваемых в каждой передаче; использование каналов обратной связи (формулирование вопросов в передачах, проведение очных и заочных конференций радиослушателей и телезрителей) для оценки эффективности передач и по их результатам корректировки последующих программ;

2) подготовку материалов, статей и публикаций в центральных и местных органах СМИ, соблюдая при этом: строгую периодичность однотипных материалов в конкретных органах центральных и местных СМИ; недопущение в публикуемых материалах грубых ошибок, искажающих основное содержание; общедоступность периодических материалов в СМИ; использование обратных связей (полемика с читателями в изданиях СМИ, кроссворды и т.д.) для оценки эффективности публикаций в СМИ и корректировки последующих материалов.

Подготовка и аттестация инструкторов для проведения обучения населения правилам защиты от сильных землетрясений должна обеспечить:

- подбор контингента инструкторов из среды педагогов дошкольных учреждений и школ, преподавателей ВУЗ-ов, специалистов министерств и

ведомств, учреждений, предприятий и др. организаций, а также из среды жителей городских и сельских общин;

- организацию центров образования в областных центрах, городах и районах (с использованием помещений и привлечением специалистов опорных станций национальной сети наблюдений государственного сейсмологического ведомства типа НССЗ РА при Правительстве РА);

- подбор лекторского состава и организацию обучения инструкторов в системе высшего и среднего специального образования;

- создание центральной аттестационной комиссии и аттестационных комиссий в региональных департаментах органа государственного управления типа НССЗ РА при Правительстве РА;

- утверждение порядка аттестации и периодической переаттестации подготовленных и прошедших переподготовку инструкторов с выдачей специальных свидетельств;

- организацию содействия и осуществление контроля за деятельностью аттестованных инструкторов по обучению соответствующих групп населения правилам сейсмической защиты.

Подготовка учебных программ, пособий, методических и дедуктивных материалов (далее учебных программ) включает: разработку учебных программ для использования при обучении различных возрастных групп и слоев населения; разработку учебных программ обучения инструкторов для работы среди населения по изучению правил поведения людей до, во время и после землетрясения (приложение 3).

Социально-психологическая подготовка населения означает: разработку методик для социально-психологической подготовки различных возрастных групп и слоев населения; разработку учебных программ и методических материалов для использования в процессе социально-психологической подготовки населения; подготовку и переподготовку специалистов-инструкторов по социально-психологической подготовке населения;

При подготовке учебных программ и методик по социально-психологической подготовке населения весьма полезен опыт передовых стран, в частности, Японии, США, Китая.

### ***Психологическая реакция на землетрясение***

Из-за того, что в большинстве своем люди никогда не переживали крупной катастрофы и не проходили подготовки к ней, они могут испытать сильный эмоциональный стресс и совершить бессмысленные поступки. Соответствующее обучение и тренировки могут предотвратить или по крайней мере смягчить такое поведение. Дисциплинированность в поведении полиции, пожарных, военных и персонала «скорой помощи» говорит об эффективности подобных тренировок.

В момент разрушительного землетрясения даже подготовленные люди могут на какое-то время испытать замешательство. Требуется некоторое время, чтобы понять, что произошло, оценить ситуацию и решить, что нужно делать в первую очередь. Одни люди прежде всего кидаются на помощь, тогда как другие довольно долго остаются как бы оглушенными. Одна из возможных болезненных реакций –

состояние полного безволия; люди в этом состоянии оцепенело смотрят на окружающие их развалины и не только не реагируют на происходящее вокруг, но и не в состоянии помочь самим себе. Противоположная реакция состоит в чрезмерной активности, когда взбудораженный человек без толку суетится, порой попросту мешая спасательным работам. У многих предельно сильный стресс вызывает потливость, одышку, тошноту и мышечную слабость; однако в большинстве своем нормальные люди, если они не были ранены, в короткое время восстанавливают самообладание.

В перенаселенных местах особенно опасно, когда кто-то впадает в панику и ведет себя, как ненормальный. Человек в паническом состоянии теряет всякую способность рассуждать, и его бессмысленные действия иногда наводят ужас на окружающих. Опасность, конечно, состоит в том, что вся толпа целиком может быть охвачена паникой.

Во избежание всего вышесказанного важна психологическая подготовка к землетрясению. В частности, весьма эффективны учебные сейсмические тревоги, которые учат людей сохранять спокойствие и реагировать автоматически.

### ***Разработка и реализация тренинговой системы***

Система тренинга населения, направленная на повышение его готовности. Система должна обеспечить: разработку программ практических занятий и учебно-тренировочных игр по закреплению пройденной учебной программы, включающей такие компоненты, как действия человека в завалах, на работе или дома, эвакуация, оказание первой помощи пострадавшим и т.д. Несмотря на то, что большинство тренинговых процессов по проверке готовности к катастрофам не могут отобразить всю динамику и обстановку реальной катастрофы, они позволяют проверить эффективность учебного процесса и в то же время являются одним из способов сохранения реальности восприятия опасности в период продолжительного отсутствия катастроф. Тренинговые занятия должны проводиться вполне серьезно, естественно и по разным программам с учетом возрастных и физических особенностей групп населения.

### ***Система оценки уровня обученности и готовности населения к сильным землетрясениям***

Оценка уровня обученности и готовности населения к сильным землетрясениям производится по результатам социологических исследований, которые проводятся для оценки уровня социально-психологической уязвимости населения к сильным землетрясениям, среди различных возрастных групп и слоев населения раздельно, путем анкетирования и тестирования, как правило, по завершению определенного курса обучения и практических занятий (тренинга) для определения их эффективности.

Анализ результатов социологических исследований используется для корректировки и совершенствования курсов обучения и тренинга, а также социально-психологической подготовки населения.

Методика проведения, содержание различных анкет (опросников) и тестов социологических исследований должны утверждаться комиссией, включающей специалистов по работе с населением и социологов.

### 3.7 Подготовка государственных органов к управлению сейсмическим риском

Для любой страны проблема безопасности народа является первостепенной, так как от ее решения зависит устойчивое развитие общества и государства.

Для каждого из государств, расположенных в сейсмоактивной зоне, сейсмическая опасность представляет собой большую угрозу, так как возможные потери от сильного землетрясения, в особенности в развивающихся странах, часто не сопоставимы с потерями от любых других опасностей. Так например, как мы уже говорили ранее, только сильное землетрясение способно привести в Армении к национальной катастрофе.

Учитывая региональный характер сейсмической опасности и ее равновероятность для всех соседних стран, нетрудно предположить, что вопрос управления сейсмическим риском и взаимопомощи при разрушительном землетрясении может стать предметом тесного сотрудничества государств региона. В частности, уникален по своей наглядности пример сотрудничества сейсмологов Армении, Азербайджана, Грузии, Ирана, Турции в различных региональных программах, инициатором которых с 1991 года выступала НССЗ при Правительстве РА, или улучшение отношений между Турцией и Грецией на политическом уровне после Измитского и Афинского землетрясений 1999г.

Ведь сегодня уже очевидно, что ни одно государство, даже самое богатое, не способно самостоятельно справиться с сейсмической катастрофой. Об этом ясно свидетельствует хотя бы пример землетрясения в Кобе (Япония) в 1995 г., когда правительство Японии, после нескольких дней самостоятельных действий, вынуждено было обратиться к международному сообществу с просьбой о помощи. Другой яркий пример, когда сейсмическую катастрофу переносит сверхдержава, как это случилось при катастрофическом Спитакском землетрясении 1988 года, когда Армения находилась в составе СССР. Советский Союз, при всей своей мощи, немедленно обратился за помощью ко всем странам мира.

Таким образом, актуальность сотрудничества властей на межгосударственном и особенно региональном уровне трудно переоценить. Большое значение имеет также взаимодействие государственных органов власти внутри страны на всех уровнях – от местного самоуправления до высших органов государственного управления.

В представленном разделе мы уделим основное внимание именно этому вопросу, так как принципы подготовки государственных органов в некоторой степени уже освещены в разделе 3.6.

*Цель взаимодействия органов власти внутри государства на местном и республиканском уровнях – создать единую систему управления сейсмическим риском для оптимального использования сил и средств государства, как в процессе*

создания системы защиты государства от сильных землетрясений, так и при сильном землетрясении, имеющем катастрофические последствия. Цель межгосударственного, особенно регионального взаимодействия – создать эффективную систему взаимопомощи на всех уровнях процесса снижения сейсмического риска, включая период возможного сильного землетрясения в одном из государств Кавказа.

*Основная концепция* взаимодействия органов власти на трех уровнях – местном (муниципальном), республиканском и межгосударственном – заключается в том, чтобы свести к минимуму возможные потери при сильном землетрясении. *Критерием* эффективности взаимодействия органов власти являются минимальные потери среди наиболее уязвимой части населения – наиболее малообеспеченные слои населения.

*Стратегия* взаимодействия органов власти на трех уровнях – создание такого единства взаимодействующих действий власти на местном, республиканском и межгосударственном уровнях по всему спектру задач снижения сейсмического риска, которое привело бы к минимуму возможных потерь в каждый текущий момент времени. *Тактика* взаимодействия органов власти на трех уровнях состоит из двух частей: тактика взаимодействия местных и республиканских органов власти и тактика взаимодействия на межгосударственном уровне.

Тактика взаимодействия местных и республиканских органов власти строится вокруг основных задач национальной программы снижения сейсмического риска, выполнение которых требует взаимодействующих действий власти на республиканском и местном уровнях.

1. Прогноз сейсмической опасности и риска – компетенция республиканского сейсмологического органа государственного управления, типа НССЗ при Правительстве РА.

2. Разработка и принятие соответствующих законов и нормативных документов, обеспечивающих правовую базу снижения сейсмического риска – законодательная инициатива правительства, в которой могут активно участвовать местные органы власти на уровне областей (марзы в Армении) и муниципалитетов.

3. Создание центра управления снижением сейсмического риска на базе специального органа государственного управления типа НССЗ при Правительстве РА – компетенция правительства, которая частично может быть разделена с местными органами власти, в части совместного создания территориальных подразделений НССЗ.

4. Разработка системы раннего оповещения населения – компетенция правительства, которая может быть разделена с местными органами власти, в части совместного создания систем оповещения на уровне областей и муниципалитетов.

5. Снижение уязвимости территорий должно осуществляться – силами правительства и местных органов власти за счет республиканского бюджета, в части планирования и поддержки реализации, и местного бюджета – в части реализации; совместными действиями правительства и местных органов власти по привлечению доноров и инвесторов из международных организаций и зарубежных стран, если речь идет о развивающейся стране.

6. Повышение осведомленности и подготовка (обучение) населения – компетенция правительства в части составления программ и подготовки преподавательских кадров и компетенция местных органов власти в части реализации этих программ.

7. Подготовка государственных органов к управлению риском на муниципальном, республиканском и межгосударственном уровнях – прерогатива правительства и межгосударственных соглашений в части составления концепции и программы реализации. Она должна быть разделена с местными органами власти при составлении программы и планов взаимодействия на уровне правительство – местные органы власти.

8. Медицинская готовность – прерогатива правительства на уровне составления концепции, программ и планов, которая должна быть разделена с местными органами власти при реализации программ и планов.

9. Создание сил быстрого реагирования – прерогатива правительства, при создании сил на республиканском уровне, и местных органов власти, при создании областных и муниципальных сил.

10. Организация и проведение спасательных работ – компетенция правительства на республиканском уровне и компетенция местных органов власти на уровне координации действий всех видов сил в зоне бедствия.

11. Создание системы страхования – прерогатива правительства.

12. Предотвращение миграции – прерогатива, главным образом, местных органов власти. Правительство может участвовать на стадии создания концепции и общих программ.

13. Восстановление и реабилитация населения – компетенция правительства в части вовлечения ресурсов республики и международных организаций и компетенция местных органов власти в части реализации государственных программ по восстановлению и реабилитации зоны бедствия.

*Тактика* взаимодействия правительств на межгосударственном уровне строится вокруг следующих вопросов: 1) создание региональной программы управления сейсмическим риском, в которую войдут однотипные элементы национальных программ снижения сейсмического риска, приемлемые для всех государств на первом (например, обмен информацией о сейсмической опасности), втором и последующих этапах углубления сотрудничества; 2) оказание взаимопомощи при сильном землетрясении, в частности, в части поисково-спасательных работ, оказание медицинской помощи, гуманитарная помощь продовольствием, медикаментами, одеждой и другими средствами жизнеобеспечения.

*Тактика* взаимодействия органов власти на трех уровнях – местном, республиканском, межгосударственном – должна учитывать: социально-экономическую, психологическую и политическую ситуацию в каждом из государств и в регионе; масштабы возможной катастрофы; местные обычаи и традиции; степень готовности властей (на всех уровнях) и населения.

Обычно при сильном землетрясении зона разрушений достаточно велика и может выйти за пределы одной области. В этом случае необходима координация

действий различных административных подразделений. Эту функцию берет на себя правительство или находящийся в его подчинении штаб. Создание межобщинных связей и организаций взаимопомощи возлагается на органы местного самоуправления. Местным властям в задаче снижения сейсмического риска отводится особая роль, так как местные особенности (уязвимые районы, здания, ситуация в населенном пункте, жизнеобеспечение, традиции, общие проблемы и т.п.) лучше всего известны им. Кроме того, по законам о местном самоуправлении многих стран, за организацию гражданской обороны в случае чрезвычайных ситуаций (включая сильное землетрясение) отвечают администрации общин. Законами им даны определенные полномочия, и они должны быть знакомы с системой сейсмической защиты своей страны, функциями каждого звена этой системы, должны знать принципы и формы организации защиты населения.

Вопросом подготовки органов местного самоуправления (ОМСУ) посвящена специальная работа С.Н. Назаретяна с соавторами (1999г.).

Представители местных властей должны знать о наиболее уязвимых строениях в зоне поражения, которые, в случае землетрясения определенной силы, могут разрушиться. Они должны знать свои действия и их последовательность, быть способными оценить ситуацию после землетрясения и определить потребность в ресурсах для ее стабилизации (рис. 3.7(1)).

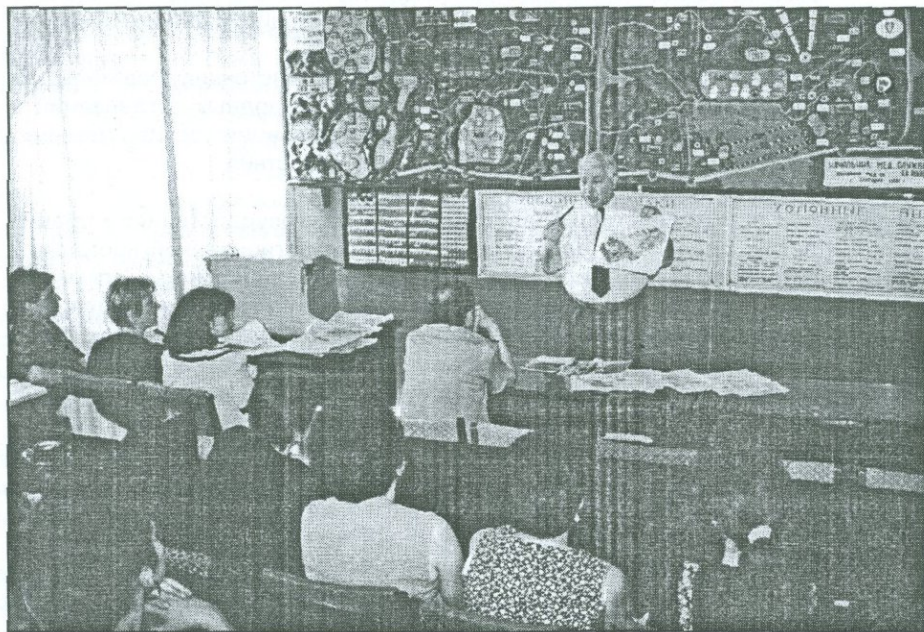


Рис. 3.7(1) Занятия по сейсмической защите, проводимые инструктором НССЗ при Правительстве РА для слушателей муниципалитета г.Еревана.

Управление ситуацией местными властями является залогом того, что после землетрясения удастся избежать бессмысленных жертв, увечий и осложнений в состоянии здоровья. Важно, чтобы жители, а тем более представители местных властей знали, будут ли медицинские учреждения продолжать действовать после землетрясения определенной силы или они могут выйти из строя. В 1988 г. в городе Ленинанкане (Гюмри) от землетрясения вышла из строя значительная часть больниц и поликлиник, но люди этого не знали и переносили раненых от больницы к больнице, а прибывшие из других мест врачи не знали, куда пойти, чтобы оказанная ими помощь была наиболее эффективной. Из-за того, что встречи врачей с больными не состоялись вовремя, возросло количество жертв и число инвалидов. Тогда как можно было заранее определить место оказания медицинской помощи. Например, городские сады или стадион.

В случае обрушения зданий люди получают травмы определенного рода, лечение которых требует конкретных медикаментов, медицинской аппаратуры и материалов. Наличие их запасов в соответствии с возможным количеством пострадавших крайне необходимо.

*Жизнеобеспечение населенного пункта* является следующей важной задачей местных органов власти и, естественно, республиканского правительства. В случае разрушительного землетрясения возможно повреждение и выход из строя линий жизнеобеспечения (электропередача, газоснабжения, водопровода, канализации, телефонной связи, теплоснабжения), путей (автомобильных и железных дорог, каналов), объектов (мостов, электрических подстанций, насосных станций, автоматических телефонных станций, водохранилищ, хлебозаводов и др.). Для восстановления системы жизнеобеспечения необходимо иметь программу действий и определенные резервы. Заблаговременная забота о них является важной задачей местных органов власти. Руководитель общины до землетрясения должен знать уязвимые места системы жизнеобеспечения, спланировать и осуществить их усиление, а после бедствия - восстановление. Если это невозможно в короткие сроки, нужно искать иные пути для решения этой задачи, включая помощь международных организаций. В обеспечении пострадавших, в особенности водой и продуктами питания, могут оказать большое содействие общественные организации. И государство должно быть готовым оказать населению зоны бедствия финансовую помощь в первые же дни после землетрясения.

Одной из первоочередных задач властей является локализация и предотвращение *вторичных опасностей* землетрясения. Особенно опасны пожары, которые могут возникнуть сразу в нескольких местах. В деле их тушения или локализации велика роль населения, его готовности к этому.

При хорошей подготовленности можно предотвратить и другие вторичные последствия - взрывы, выбросы ядовитых веществ, эпидемии и т.д. Эти задачи должны решать профессиональные организации. Население может выступить здесь только в роли помощника.

### 3.8 Медицинская готовность

Медицинская готовность должна определяться *масштабом* катастрофы, ее *скоротечностью* и *спецификой*, связанной с видом поражения людей.

Масштабы сейсмических катастроф особенно велики в развивающихся странах. Как известно, они охватывают огромные площади, исчисляемые тысячами квадратных километров. На масштаб сейсмической катастрофы существенное влияние оказывает сейсмостойкость конструкций, время суток и вторичные опасности (пожары, сходы оползней и обвалов, другие техногенные и природные факторы). В ночное время, когда все жители зоны поражения находятся в своих домах, можно ожидать максимальных потерь от разрушения жилых домов, сейсмостойкость которых в развивающихся странах значительно ниже, чем уровень сейсмической опасности. Угроза реализации вторичных опасностей также велика в развивающихся странах и тех развитых странах, где старые застройки были выполнены без соблюдения мер сейсмической безопасности (деревянные дома со старой инфраструктурой, расположение населенных пунктов вблизи активных разломов, крутых склонов гор и др.). Это означает, что медицинские службы должны иметь сотни бригад скорой медицинской помощи, способных к быстрому реагированию и оказанию квалифицированной (разнопрофильной) медицинской помощи. Кроме этого, необходимо достаточное количество хорошо оборудованных больниц и госпиталей, способных вместить десятки тысяч раненных людей.

Имея в виду, что сейсмическая катастрофа самая быстротечная из всех видов катастроф, медицинская служба должна иметь разветвленную структуру со своей системой оперативной связи. Чем разветвленнее структура медицинской службы страны, тем быстрее могут оказаться в зоне бедствия первые ее подразделения. Собственная оперативная связь позволит медицинской службе действовать автономно, так как известно, что в зоне поражения сильным землетрясением чаще всего сразу же выходит из строя система связи. Это означает, что в течение достаточно длительного времени, из-за отсутствия связи, медицинская помощь не может достичь срочно нуждающихся в ней людей. При этом известно, что 87% людей гибнет в течение первых 24 часов, а на шестые сутки безвозвратные потери достигают 99% (рис. 3.8(1)).

Специфика сейсмической катастрофы заключается в том, что от сильных сотрясений грунта рушится все, что было на нем построено без соответствующих инженерных норм и правил. И люди гибнут и получают ранения в завалах своих несейсмостойких домов, зданий и сооружений различного назначения. С медицинской точки зрения, специфическим поражением, с которым будут иметь дело врачи, явятся переломы различной тяжести разных частей тела человека, краш-синдром (у людей, длительно находящихся в сдавленном

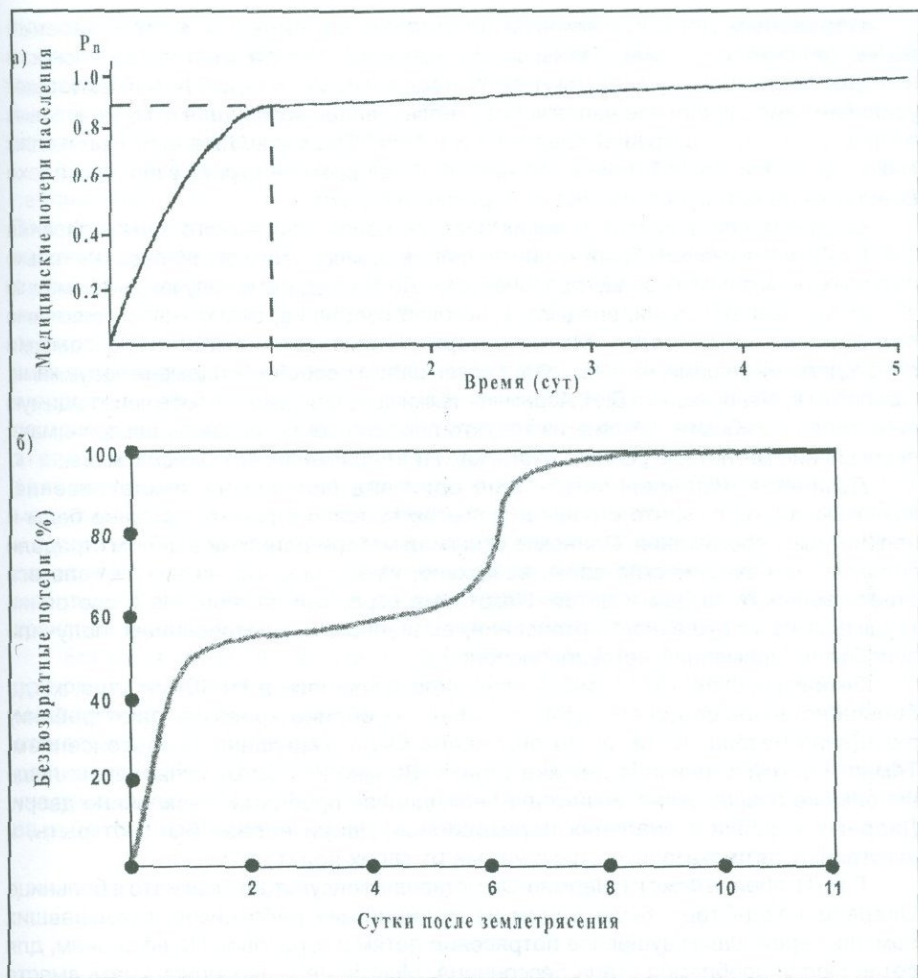


Рис. 3.8(1) Медицинские потери населения

а) общая закономерность

б) график безвозвратных потерь при Спитакском землетрясении 1988г.

состоянии, под тяжестью обвалившихся фрагментов построек) и эпидемии инфекционных заболеваний, которые могут возникнуть в зоне поражения. В связи с этой спецификой сейсмических катастроф медицинская служба страны должна иметь большое количество высококвалифицированных хирургов, ортопедов, эпидемиологов, а также соответствующее медицинское оборудование, включая аппараты «искусственной почки» для проведения гемодиализа у людей, пораженных краш-синдромом.

Серьезным долговременным последствием сильных землетрясений являются психологические травмы детей и взрослых. Утрата чувства безопасности и ощущение беспомощности могут стать непреодолимыми. Каждый новый афтершок усиливает эмоциональное напряжение, вновь и вновь возвращая к мучительным вопросам. Что еще разрушит следующий толчок? Переживу ли я его? Родителям важно сохранять спокойствие в это напряженное время – окрики взрослых плохо действуют на детей и усиливают их серьезные страхи.

Во время психотерапевтических сеансов после Спитакского землетрясения 1988г. в Армении ученые обнаружили, что трагические события «отозвались» не только на людях, оказавшихся в эпицентральной зоне. Дети, ежедневно получая информацию об ужасах землетрясения, впадают в шоковое состояние, аналогичное состоянию переживших катастрофу. Матери держат наготове чемоданы с самыми необходимыми вещами, на ночь кладут детей рядом с собой, обкладывая подушками. По словам врача-психолога Д. Н. Абрамян – выжившие ощущают на себе неизгладимую вину перед погибшими. Многие из тех, кто пережил землетрясение, воспринимают переселение как потерю родного очага, как утрату дальнейшего смысла жизни.

Душевная подавленность – еще один вид реакции на землетрясение, возникающий от того, что страшное событие вызвало в памяти прежние беды и неприятные переживания. Одиноким отцы или матери-одиночки в целом страдали сильнее, чем супружеские пары, возможно, из-за того, что на них лежала вся ответственность за дом и детей. Некоторые взрослые, бывшие не в состоянии трудиться из-за душевного потрясения, вызванного землетрясением, получили пособия по временной нетрудоспособности.

Землетрясение 1971г. в Сан-Фернандо случилось в 6ч 10мин утра, когда большинство людей спали. Дом, спальня, особенно кровать дают ребенку ощущение безопасности, и это ощущение было разрушено землетрясением. Темнота вокруг усиливала детские страхи. Во многих домах, испытавших лишь небольшие повреждения, возникала неожиданная проблема – заклинило двери. Дверные коробки в спальнях перекошились, двери нельзя было открыть, и испуганные дети оказались отрезанными от своих родителей.

Г-жа Изабелла Фокс из Шерман-Окс, старший консультант-психиатр в больнице Оперейшн-Хед-Старт, была одним из медицинских работников, оказывавших помощь пережившим душевное потрясение детям и взрослым. По её словам, для сотен людей проблемой стала бессонница. Многие дети просились спать вместе с родителями в течение долгих месяцев после землетрясения. Один человек был потрясен настолько, что после землетрясения спал одетым в гостиной, и прошло два года, пока он смог вернуться к нормальному сну (Гир и Шах, 1988).

По сообщению г-жи Фокс, обычным источником страха при землетрясении был подземный гул. Оглушительный шум, сопровождающий движение почвы и повреждение домов, является одним из непредвиденных эффектов землетрясения. Многие дети говорили, что он был похож на «рев зверей, которые хотели напасть на них».

Чтобы помочь детям выздороветь, г-жа Фокс придумала остроумную игру. Она предлагала им строить дома из кубиков на столе и, двигая стол, показывала, как действует землетрясение. Когда кубики падали, дети видели, что происходит

при землетрясении. Потом они строили дом заново и убеждались в том, что последствия катастрофы могут быть устранены. Понимание помогло детям вернуть ощущение безопасности и облегчало возвращение к норме. Для душевного выздоровления как детей, так и взрослых полезны разговоры о пережитом и воскрешение в памяти произошедших на них событий.

С целью повышения медицинской готовности в стране, расположенной в сейсмоактивной зоне, должна быть создана система медицины катастроф. Важными элементами развития этой системы являются: разработка и внедрение автоматизированной информационно-управляющей системы медицины катастроф; разработка и внедрение программы развития службы медицины катастроф на национальном уровне; анализ особенностей поражения при землетрясениях для прогнозирования риска возникновения возможных санитарных потерь (погибших раненых); разработка медико-географических карт, отражающих необходимые силы и средства для ликвидации последствий землетрясений; разработка учебных программ по оказанию медицинской помощи на догоспитальном и госпитальном этапах; разработка медицинских пособий, инструкций, методических рекомендаций; подготовка медицинских специалистов (врачей и средних медицинских работников) по оказанию медицинской помощи на догоспитальном и госпитальном этапах; подготовка медицинских специалистов по оказанию доврачебной помощи; приобретение учебных модулей автономного выездного мобильного (полевого) госпиталя с необходимым оборудованием, оснащением и транспортом с целью совершенствования процесса подготовки кадров.

Большая работа в области медицины катастроф проводится в Министерстве по чрезвычайным ситуациям России (МЧС России). В Армении управление медицины катастроф находится в составе Министерства здравоохранения. Кроме этого, медики действовали в составе multidисциплинарных сил быстрого реагирования НССЗ при Правительстве РА с 1991 по 2002гг. Они эффективно участвовали во всех акциях СБР НССЗ при Правительстве РА, как в Армении, так и за рубежом, при оказании помощи Индии (2001г.) и Грузии (2002г.).

### 3.9 Создание сил быстрого реагирования

Быстрое реагирование – один из важнейших элементов снижения сейсмического риска и защиты населения от сильных землетрясений. По определению, принятому ООН, *быстрое реагирование* – это совокупность действий, предпринимаемых людьми и учреждениями по борьбе с катастрофой. Учитывая, что катастрофа, связанная с сильным землетрясением, развивается за несколько десятков секунд и в плохо подготовленных странах вызывает массовые жертвы и разрушения, нетрудно представить, что все действия сил быстрого реагирования должны быть тщательно спланированы, адекватны масштабам жертв и разрушений, эффективны по числу спасенных людей и предотвращению крупных материальных потерь, а также вторичных катастроф, вызываемых землетрясением – пожары, взрывы, выбросы ядовитых и химических веществ, утечки газов, эпидемии и т.д.

Быстрое реагирование начинается с предупреждения населения о приближающейся катастрофе или, в случае, если катастрофа наступает внезапно – отсчет быстрых действий ведется с момента наступления катастрофы. Быстрое реагирование, являясь частью программы снижения сейсмического риска, *планируется заранее* и завершается осуществлением реабилитационных программ.

В представленном разделе определены цель, концепция, стратегия, тактика, общая схема действий сил быстрого реагирования.

*Цель* сил быстрого реагирования – оказать быструю и эффективную помощь пострадавшему населению. *Основная концепция* сил быстрого реагирования – оперативными профессиональными действиями свести к минимуму число возможных потерь в течение первых 24 часов (время наибольших потерь при сильном землетрясении), в данных социально-экономических и политических условиях. *Критерием* высокой эффективности действий сил быстрого реагирования являются минимальные потери среди самых уязвимых слоев населения (малоимущие слои населения, дети, старики, инвалиды и больные люди). *Стратегия* сил быстрого реагирования заключается в создании таких планов действий, сил и средств, которые обеспечили бы минимальные потери среди населения в течение первых 24 часов после землетрясения. *Тактика* действия сил быстрого реагирования состоит из двух частей – до чрезвычайной ситуации и после объявления чрезвычайной ситуации.

Тактика сил быстрого реагирования до чрезвычайной ситуации включает: оценку уязвимости территорий; разработку планов действий в чрезвычайной ситуации; разработку системы управления и организационной структуры соответствующих учреждений; создание информационных систем, включая базы данных по возможным катастрофам с их основными характеристиками; создание сил и средств, а также материальных ресурсов; разработку систем оповещения и механизмов реагирования; просвещение и обучение населения; учения.

Тактика сил быстрого реагирования после чрезвычайной ситуации заключается в получении оперативной информации о катастрофе и ее масштабах; взаимодействии между республиканскими и местными (марз в Армении, муниципалитет и община) силами быстрого реагирования, а также между национальными и оказывающими помощь международными силами; поиске и спасении людей; медицинской помощи и профилактике; снабжении пострадавшего населения водой и продовольствием; установке временных жилищ; восстановлении связи и инфраструктуры пострадавшей зоны; развертывании *информационной службы*; организации службы материально-технического снабжения (транспортировка, хранение, погрузка-разгрузка); обеспечении безопасности населения в зоне поражения.

Тактика сил быстрого реагирования должна учитывать: социально-экономическую, психологическую и политическую ситуацию в стране и в зоне бедствия; масштабы катастрофы; степень готовности подразделений сил быстрого реагирования; местные обычаи и традиции; степень готовности населения.

Система быстрого реагирования включает *план действий, силы и средства*. План действий заключается в следующем:

1. Получение срочной информации о сильном землетрясении правительством, местными органами власти и населением от ответственного сейсмологического государственного органа, типа НССЗ при Правительстве РА. Срочная информация носит предварительный, оценочный характер и должна включать предварительные параметры землетрясения (время, координаты, силу) и предварительные масштабы катастрофы (зону возможных разрушений и количество возможных жертв).

2. Срочные действия по организации штабов и оперативной оценке ситуации на двух уровнях государственной власти – правительства и местных органов власти.

3. Уточнение планов спасательно-восстановительных работ штабами всех уровней, после получения достаточно полной информации о масштабах и особенностях катастрофы; обращение правительства к международным организациям для оказания помощи (в случае такой необходимости).

4. Поиск и спасение пострадавших людей силами управления по ЧС, сейсмологического ведомства типа НССЗ при Правительстве РА, Министерства внутренних дел, Минобороны, добровольных спасательных отрядов, местного населения (в течение первых часов).

5. Эвакуация и управляемая миграция населения из зон высокого риска силами ведомств типа УЧС и МВД, а также местных органов власти.

6. Организация неотложной медицинской помощи пострадавшему населению и профилактика эпидемий силами Минздрава и местных органов власти.

7. Снабжение водой силами Минпрома и местных органов власти.

8. Организация поставок медикаментов и продовольствия в зону бедствия, погрузочно-разгрузочных работ по доставке и распределению гуманитарной помощи силами Минздрава, Минсоцобеспечения и местных органов власти.

9. Организация временных жилищ и других экстренных поставок (палатки, теплая одежда, полевые кухни и др.) силами Минсоцобеспечения и местных органов власти.

10. Восстановление связи, электроэнергетики, других линий жизнеобеспечения силами Минсвязи, Минэнергетики, Минтранспорта и местных органов власти.

11. Обеспечение безопасности и правопорядка силами МВД и органов национальной безопасности.

12. Организация информационной службы силами Гостелерадио, Минсвязи, НССЗ при Правительстве РА, местных органов власти.

13. Организация материально-технического снабжения силами Минпрома, Минсельхоза, Минсоцобеспечения, местных органов власти.

14. Планирование реабилитации и реконструкции республиканским и местными штабами.

В части срочных действий по организации штабов и оперативной оценке ситуации (п. 2 плана) действия правительства и местных органов власти определяются следующим образом.

*А. Действия правительства:*

– формирует республиканский штаб, во главе с премьер-министром, в составе руководителей всех министерств и ведомств;

– организует силами управления по ЧС облет вертолетами зоны вероятного бедствия с целью получения уточненной информации о наличии катастрофы и ее масштабах;

– осуществляет силами быстрого реагирования территориальных подразделений ведомства типа НССЗ при Правительстве РА (включающих инженеров-строителей, сейсмологов, связистов, спасателей, врачей, инструкторов-психологов по работе с населением) оперативную разведку на месте, в зоне возможного бедствия, характера и силы сейсмического воздействия на население, здания и сооружения, инфраструктуру, окружающую среду;

– силами быстрого реагирования территориальных подразделений управления по ЧС осуществляет оперативную разведку на месте, в зоне бедствия, с целью уточнения масштабов поисково-спасательных работ;

– силами МВД и Минобороны (в случае необходимости) организует оцепление зоны бедствия с установлением особо пропускного режима автотранспорта и людей в зону и из зоны бедствия;

*Б. Действия местных органов власти (рис. 3.9(1)):*

– организуют штаб на уровне области (марза для Армении) с целью координации и управления силами и средствами быстрого реагирования всех государственных ведомств, местных аварийно-спасательных и других служб, а также международных сил, действующих в зоне бедствия;

– организуют силами быстрого реагирования областей (марзов) и муниципальных служб оперативную оценку на местности масштабов первоочередных восстановительных работ - линий связи и электропередач, мостов, транспортных магистралей, железных дорог, других линий жизнеобеспечения, количества продовольствия, воды, временных жилищ (палаток), объема медицинской помощи пострадавшим и получение другой необходимой информации.

Силы быстрого реагирования включают государственные структуры (чрезвычайных ситуаций, сейсмической защиты, здравоохранения, министерства внутренних дел, министерства обороны, национальной безопасности, и др.), органы местного самоуправления (общины, городские службы и др.), общественные



*Рис. 3.9(1) Современный штаб по чрезвычайным ситуациям на уровне муниципалитета (Япония, г.Кобе, префектура Хёго).*

организации (Красный Крест, спасательные отряды и др.), добровольцев, а также специализированные группы международных организаций, которые сразу после землетрясения должны приступить к спасательным работам, оказать медицинскую помощь пострадавшим, осуществить жизнеобеспечение населения зоны бедствия, предотвратить вторичные опасности землетрясения (пожары, взрывы, выбросы ядовитых веществ, наводнения, эпидемии и др.).

*Средства СБР* включают: медицинское обслуживание; запасы продовольствия; питание и эпидемиологическое обслуживание; водоснабжение, гигиену и охрану окружающей среды; временные убежища и предметы первой необходимости; строительное обслуживание; связь.

Важным объектом внимания СБР являются системы и средства материально-технического снабжения, к которым относятся: дороги; объем перевозок грузовых машин; железные дороги; морские и речные порты; каботажные и речные суда; аэропорты и посадочные площадки; самолеты и вертолеты; хранение и погрузочно/разгрузочные работы в государственных и частных складах; запасы горючего (дизельное топливо и бензин).

СБР действуют в основном в разрушенной землетрясением зоне. В случае масштабных разрушений (30 и более процентов территории) одних только местных сил недостаточно для решения отмеченных выше задач. Кроме того, часто от

землетрясения несут потери также и СБР, выходит из строя определенная часть принадлежащих им объектов. Поэтому ознакомить с ситуацией, прибывающих на помощь извне иностранных СБР, должны органы местного самоуправления, они же должны координировать их действия, обеспечить условия жизни и деятельности. Это очень важная задача, от решения которой во многом зависит эффективность общих действий СБР.

Мировой опыт сейсмических катастроф показывает, что эффективность действий СБР даже в развитых странах, таких, к примеру, как Япония, недостаточно велика. Это связано, во-первых, с тем, что во многих случаях сильное землетрясение в данный момент времени происходит достаточно неожиданно и длится всего несколько десятков секунд. Во-вторых, периоды повторяемости сильных землетрясений в одной и той же стране обычно исчисляются десятками, а иногда и сотнями лет, в результате этого у людей, вовлеченных в силы быстрого реагирования, всегда ощущается недостаток опыта. В-третьих, сценарии последствий очередного сейсмического события, как правило, различны, в зависимости от того, где, когда и какой силы произошло землетрясение.

Недостаточная, по вышеперечисленным объективным причинам, эффективность сил быстрого реагирования в любых по развитости странах еще раз доказывает, что все действия по сейсмической защите государства и народа должны предприниматься *до* землетрясения, а не *после* него.

Грустна и трагична история развивающихся стран – в частности на Кавказе.

Республики Кавказа, до 1991 г. входившие в состав СССР, подчинялись общим принципам организации Гражданской Обороны (ГО) СССР. Спитакская катастрофа 1988 г. проявила неспособность ГО СССР решать комплекс специальных задач, связанных с быстрым реагированием на чрезвычайную ситуацию. В частности, анализ Спитакского землетрясения 1988г. в Армении показал следующее:

- отсутствие эффективного и организованного управления катастрофой на всех уровнях - местном (зона землетрясения), республиканском (республиканские органы власти), международном (связь и взаимодействие с международными организациями);

- отсутствие планов действий сил быстрого реагирования при разрушительном землетрясении;

- отсутствие достоверной срочной информации о масштабах жертв и разрушений;

- запоздалые поиск и спасательные работы - только на третьи сутки были организованы профессиональные поиск и спасение людей, с участием спасателей из разных стран;

- отсутствие планов эвакуации населения из зоны бедствия;

- острая нехватка материальных ресурсов, техники, снаряжения;

- нарушение подачи электроэнергии и связи, которые трудно было оперативно восстановить из-за отсутствия автономных источников электроэнергии и связи;

- неадекватная помощь населению, так как только на третий день были организованы медицинское обслуживание, поставлены временные палатки для размещения пострадавших, доставлены одежда, питание, вода;

– полное отключение системы отопления, которая в зимний период (Армения, 1988) не могла быть восстановлена из-за отсутствия автономных источников отопления;

– возникновение завалов на улицах, приводящих к изменению обычных маршрутов действия муниципальных служб в условиях отсутствия запланированных резервных маршрутов;

– возникновение заторов автомашин на магистральных улицах, связанное с беспорядочностью движения и резким увеличением количества автотранспорта в городе;

– неподготовленная в первые и последующие дни работа служб массовой информации;

– затруднения в снабжении и распределении гуманитарной помощи.

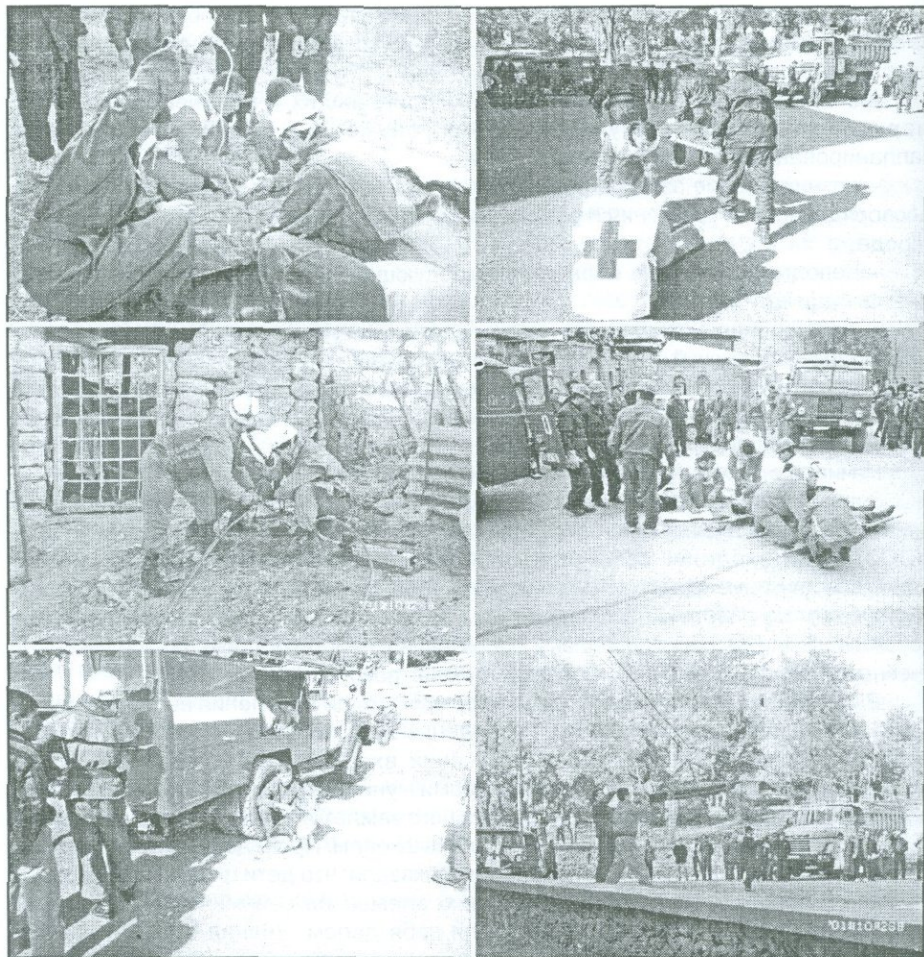
После Спитакской (1988 г.) и Рачинской (1991 г.) сейсмических катастроф вопрос о серьезном реформировании сил быстрого реагирования был поднят в системе ЧС (чрезвычайной ситуации), сменившей систему ГО, и во вновь созданной системе НССЗ при Правительстве РА.

Начиная с 1991г. по 2002г. в Армении, по проекту С. Ю. Баласаняна, в составе НССЗ при Правительстве РА впервые в международной практике были созданы и действовали уникальные многодисциплинарные силы быстрого реагирования (СБР НССЗ), куда входили: сейсмологи, геологи, инженеры по сейсмостойкому строительству, инженеры по коммуникациям (связь, транспорт и др.), врачи, психологи, инструкторы по работе с населением, особая спасательная бригада с поисковыми собаками. Были разработаны планы оперативных действий, проводились учения и учебные тревоги в различных городах и районах республики (рис. 3.9(2)).

В частности, большое одобрение и интерес среди населения вызвали учения СБР НССЗ при Правительстве РА, проведенные в Котайкском, Вайкском и других районах и городах Армении. В план учений входило взаимодействие СБР с местными органами власти и всеми службами муниципалитетов и общин, которые должны быть задействованы в случае сильного землетрясения. Особое внимание, как вероятным объектам спасения, уделялось школам. Проведенные после учений социологические опросы среди населения, показали, что дети школьного возраста исключительно восприимчивы к освоению элементов сейсмической защиты и считают это интересным и полезным для себя делом. Учения создали прямой контакт между местным населением, органами власти и СБР НССЗ при Правительстве РА.

Многодисциплинарные СБР показали высокую эффективность своих действий не только на территории Армении при Мартунинском землетрясении ( $M=5.0, 1992$ ), Паракарском ( $M=3.7, 1997$ ), Ашоцком (рой землетрясений с  $M=4.1, 1997$ ) и других землетрясениях, но и при оказании помощи Индии (Бхуджского,  $M=7.7, 2001$ ), Грузии (Тбилиси,  $M=4.5, 2002$ ) и другим странам региона при разрушительных землетрясениях.

26 января 2001г., после разрушительного Бхуджского землетрясения (штат Гуджарат, Индия), в зону бедствия, по обращению правительства Индии, срочно был направлен отряд многодисциплинарных СБР НССЗ при Правительстве РА, состоящий из 18 специалистов, включая сейсмологов, геологов, инженеров



**Рис. 3.9(2)** Совместные учения «Вайоцдзор», проведенные совместно со всеми службами области (марза) Вайоцдзор в 2002г. многодисциплинарными СБР НССЗ при Правительстве РА, подготовленными и экипированными при содействии правительства Швейцарии.

сейсмостойкого строительства, врачей, психологов, инструкторов по работе с населением, спасателей, имеющих за спиной большой опыт Спитакского землетрясения 1988г.

Отряд СБР возглавлял один из авторов настоящего пособия С. Н. Назаретян – начальник Северного департамента НССЗ при правительстве РА, имевший за собой богатый опыт катастрофического Спитакского землетрясения, 1988г. Этот фактор играл решающую роль и при комплектации отряда СБР, т.к. никакие



*Рис. 3.9(3) Многодисциплинарный отряд СБР НССЗ при Правительстве РА в аэропорту г.Дели на пути к эпицентральной зоне Бхуджского землетрясения (Индия, 2001г.).*

теоретические знания не могут заменить опыта специалиста, прошедшего через сейсмическую катастрофу от первого до последнего дня (рис. 3.9(3)).

В оперативную задачу СБР входили:

- развертывание временной сети сильных движений на базе цифровых акселерографов типа SMACH-2 в зоне своего действия (пятимиллионный г. Ахмедабад) для регистрации афтершоков землетрясения с целью решения широкого круга задач, связанных с оценкой текущей и долгосрочной сейсмической опасности;

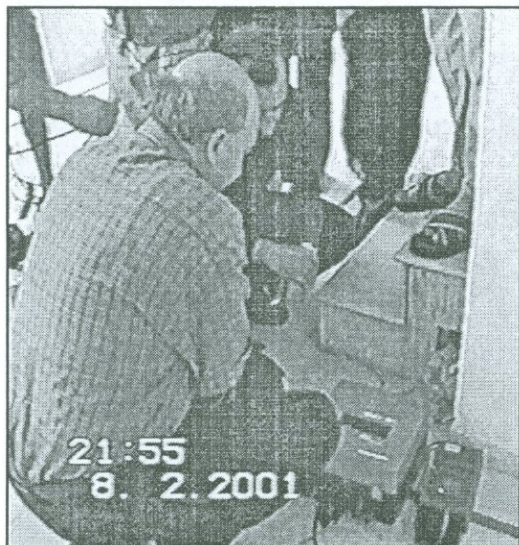
- срочная оценка состояния грунтов и пострадавших зданий и сооружений, на предмет возможности их дальнейшей эксплуатации;

- демонтаж наиболее сильно поврежденных зданий и сооружений, представляющих угрозу окружающим постройкам и домам в случае обрушения;

- оказание спасательной, медицинской и психологической помощи как пострадавшему населению, так и членам отряда СБР, в случае необходимости;

- комплексное изучение последствий Бхуджского землетрясения, с целью выявления недостатков в системе сейсмической защиты, приведших к столь разрушительным результатам.

В течение двух недель оперативных действий в зоне бедствия армянские многодисциплинарные СБР не только получили необходимые данные для дальнейшей оценки сейсмической опасности (рис. 3.9(4)), но и в тесном



*Рис. 3.9(4) Развертывание сети сильных движений на базе швейцарских акселерографов типа SMACH-2 армянскими СБР НССЗ при Правительстве РА.*

взаимодействии с местными органами власти и муниципальными службами вернули жителей пяти-миллионного Ахмедабада в свои дома (рис.3.9(5)), что является решением большой психологической проблемы населения после сильного землетрясения. Были проинспектированы 140 (4-х и 12-этажных) пострадавших зданий и выданы заключения о возможности их дальнейшего использования (рис. 3.9(6)); выполнена уникальная инженерная работа по демонтажу



*Рис. 3.9(5) Инструктор-психолог СБР с детьми Ахмедабада на фоне зданий, получивших трещины от главного толчка, при продолжающихся сильных афтершоках.*



*Рис. 3.9(6) Осмотр поврежденных зданий в Ахмедабаде инженерами-строителями СБР сопровождался большим интересом и доверием жителей города.*

14 многоэтажных сильно пострадавших зданий (рис. 3.9(7)), опасных для жителей города, соседних домов и городских построек; оказана спасательная и медико-психологическая помощь (рис. 3.9(8)); проведен всесторонний анализ причин столь катастрофических последствий Бхуджского землетрясения, уничтожившего г. Бхудж с большим ореолом разрушений, включая Ахмедабад – столицу штата Гуджарат, и человеческих жертв – 18.000 погибших и 166.734 раненных.

Данные результатов анализа последствий землетрясения в виде предварительного отчета были переданы в Индии – местным властям в Ахмедабаде (рис. 3.9(9)) и правительству Индии в Дели. Армянские СБР провозжал весь город. Дети взявшись за руки вдоль дороги, ведущей в аэропорт, скандировали «Спасибо, Армения».

Расставание действительно было очень трогательным. Может, эта была возвращенная толика того огромного долга, который испытывает Армения перед всеми странами, оказавшими ей искреннюю помощь в трагические дни Спитакского землетрясения 1988г.

1 мая 2002г. многодисциплинарные СБР НССЗ при Правительстве РА по обращению Правительства Грузии были направлены в эпицентральной зону Тбилисского землетрясения, для оказания помощи в ликвидации его последствий. Перед СБР стояли те же задачи, что и в Ахмедабаде, за исключением демонтажа опасных сооружений, т.к. Тбилисское землетрясение, к счастью, оказалось не столь сильным и разрушительным.



*Рис. 3.9(7) Процесс демонтажа сильно пострадавшего сооружения специалистами СБР.*

В 2003г. С.Ю. Баласаян выступил с инициативой создания международных многодисциплинарных СБР. Идея подобного объединения усилий государств, расположенных в сейсмоактивных зонах, заключается в том, что, участвуя во всех акциях по оказанию помощи государствам, терпящим сейсмическую катастрофу, международные СБР могли бы приобрести бесценный опыт многократного быстрого реагирования на все сильные землетрясения в разных районах мира, который затем мог бы быть эффективно использован на национальном уровне национальными подразделениями, входящими в состав международных СБР.



*Рис. 3.9(8) Спасательная операция СБР НССЗ при Правительстве РА.*



**Рис. 3.9(9)** Благодарность СБР НССЗ при Правительстве РА, подписываемая мэром Ахмадабада.

### 3.10 Организация спасательных работ

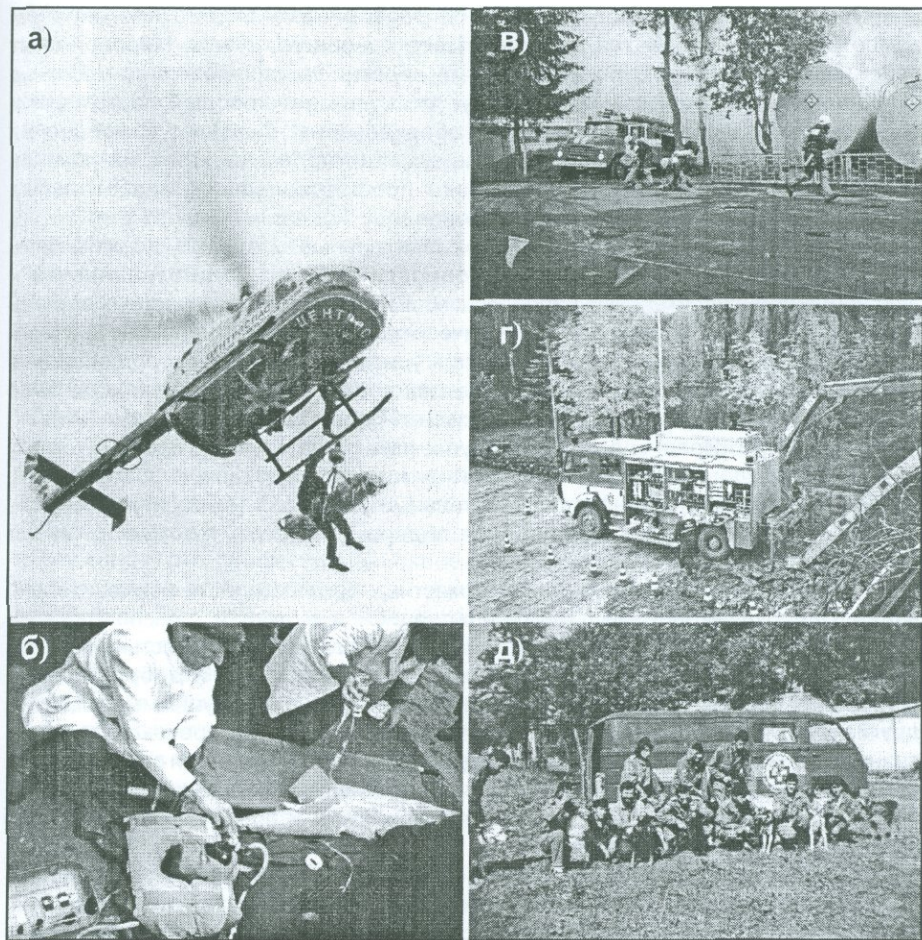
Спасательные работы, как и медицинская готовность, зависят от масштаба катастрофы, ее скоротечности и специфики, связанной с видом поражения людей.

Учитывая большую скоротечность сейсмического удара (десятки секунд), а также быструю динамику роста потерь (см. рис. 3.8(1)), спасательная служба страны, расположенной в сейсмоактивной зоне, должна иметь разветвленную структуру, по областям страны, с концентрацией главных сил в наиболее густонаселенных районах. При этом, для адекватного и эффективного реагирования на широкомасштабную (огромные площади поражения и много жертв) и специфическую (в основном, разрушение зданий и сооружений, с возможными пожарами и утечками продуктов вредных производств, а также сходами оползней и обвалы) сейсмическую катастрофу, необходимы *разнопрофильные* спасательные отряды, которые должны создаваться, как на профессиональной основе в структуре МВД и Минобороны, так и на добровольной основе в различных государственных и общественных организациях. Координация совместной подготовки учебных сборов и действий различных спасательных отрядов должна осуществляться Управлением по чрезвычайным ситуациям (УЧС) находящимся в составе МВД или другого правительственного органа, имеющего большие силы и средства для проведения широкомасштабных спасательных операций.

Спасательные работы, как и все другие виды оперативной помощи, должны заранее *планироваться и тщательно готовиться*, путем обучения и *тренинга* спасательных подразделений как государственных, так и общественных организаций. Важное значение имеет готовность национальной спасательной службы к взаимодействию с иностранными спасательными отрядами. Для этого необходимо проведение совместных учений с участием многонациональных спасательных отрядов. Такие учения, в частности, были проведены в Армении в 1998г., с участием спасателей России, Грузии и Армении (рис. 3.10(1)).

Поскольку спасательные операции должны проводиться быстро и с максимальной эффективностью, так как речь идет о жизни людей, спасательные отряды должны быть хорошо экипированы и профессионально подготовлены. В этом отношении наиболее подготовленными и хорошо организованными являются спасатели Швейцарии, Франции, США, Японии, России, Китая, Германии, Австрии и других передовых в этой области стран.

Несмотря на очевидные успехи в области подготовки спасательных служб разных стран, практика разрушительных землетрясений показывает, что эффективность спасательных работ при сейсмических катастрофах остается все еще низкой, по тем же главным причинам – масштабность и скоротечность сейсмической катастрофы при ее внезапности, особенно для плохо подготовленных развивающихся стран.



**Рис. 3.10(1)** Фрагменты совместных учений спасателей России, Грузии и Армении на территории Армении.

- а) - переброска пострадавшего на вертолете силами МЧС России;
- б) - оказание первой медицинской помощи российско-армянским медицинским персоналом;
- в) - действия сил УЧС при Правительстве РА по ликвидации вторичных последствий землетрясения;
- г) - подготовка сил МЧС России к работе по очистке завалов;
- д) - готовность спасательного отряда со служебными собаками СБР НССЗ при Правительстве РА к началу поиска пострадавших под завалами.

Процесс спасения оставшихся под развалинами людей, при сильном землетрясении, начинается сразу же после основного толчка. Мировой опыт сейсмических катастроф показывает, что *первые спасатели – это местные жители*. Но необходимо иметь в виду, что у них нет хорошей подготовки и специальной спасательной техники и оборудования. Однако с точки зрения времени, являющегося одним из главных факторов спасения, их помощь исключительно важна. Позже прибывают профессиональные спасательные отряды и добровольцы из соседних районов.

*Главным органом*, организующим спасательные операции, должны быть *местные власти*. От уровня их готовности зависит организованность и эффективность спасательных работ. Вспомним четкие действия местных властей США при различных, в том числе и сейсмических катастрофах. И нельзя не привести отрицательные примеры царящего хаоса в условиях отсутствия координации со стороны местных властей при землетрясениях в развивающихся странах: так было в 1988г. в Спитаке (Армения); в 1999г. в Измите (Турция); в 2001г. в Бхудже (Индия); в 2003г. в Баме (Иран) и во многих других известных случаях. Здесь обычно у разрушенных зданий собираются родственники пострадавших и добровольцы, после чего стихийно начинаются спасательные работы. В таких ситуациях роль местных органов власти берут на себя лидеры из народа, которые начинают руководить спасательными действиями.

Таким образом, подготовленность местных органов власти исключительно важна. Они, будучи знакомы с местной ситуацией, в частности, с расположением объектов большого скопления людей или домов с большой численностью жильцов, должны направлять действия прибывающих спасателей и добровольцев. Объектами первостепенного внимания должны стать – разрушенные школы и другие учебные заведения, больницы и родильные дома, производственные здания с большим числом работников и др. Обычно в зону бедствия раньше других органов госуправления прибывают полиция и воинские подразделения. Задача местных властей правильно использовать их силы и средства. Очень важно запретить въезд транспортных средств, не имеющих отношения к спасательным работам, так как «пробки» на улицах препятствуют быстрому перемещению спасательной техники, машин скорой помощи, пожарных и других спецмашин. Этот шаг необходимо предпринять сразу же после того, как станет ясна примерная картина разрушений.

Следующая важная задача местных властей – вовлечение в спасательные работы *всей наличной техники*, как государственного, так и частного сектора (краны, погрузчики, грузовые автомашины, экскаваторы и др.). Это действие должно быть оговорено соответствующим Законом или другим нормативным актом о чрезвычайной ситуации.

Профессиональные спасательные работы должны начинаться с *рекогносцировочных* облетов зоны поражения, для быстрой оценки масштабов катастрофы – разрушений и возможных жертв. На основе рекогносцировки вносятся коррективы в предварительно имеющийся план спасательных работ в заданном районе при определенной силе землетрясения. В результате этого определяются силы и средства, которые должны быть переброшены в зону

бедствия в кратчайшие сроки. Спасательные операции делятся на две основные фазы – *поиск пострадавших* и *их спасение*.

В поисковой фазе принимают участие подразделения кинологов (инструкторов с поисковыми собаками) и специалисты со специальной поисковой электронной техникой (ультразвуковой, тепловой и др.). На стадии извлечения пострадавших в дело вступают отряды спасателей со специальной спасательной техникой и оборудованием.

При разрушении зданий образуются завалы, которые представляют собой хаотическое нагромождение крупных и мелких обломков конструкций, перекрытий, перегородок, технологического оборудования, мебели и т.п. При выборе тактики спасательной операции в каждом конкретном случае необходимо знать основные показатели завала (*дальность разлета обломков, высоту, объемно-массовые характеристики, структуру, состав строительных элементов и арматуры и др.*), возможное число людей под завалами, а также возможность дальнейшего обрушения здания или сооружения под действием афтершоков землетрясения. Для получения этой информации спасатели должны работать в тесном взаимодействии с многодисциплинарными силами быстрого реагирования специального сейсмологического ведомства типа НССЗ при Правительстве РА, которые в числе первых должны начать свои профессиональные действия в зоне поражения – это профессиональная инженерная оценка характера разрушений *жилых домов и инфраструктуры, включая выход из строя систем связи и коммуникаций*, а также выделение зон наивысшей текущей сейсмической опасности, связанной с афтершоковой активностью.

При поиске людей важно иметь в виду, что кроме завалов живые люди могут быть в убежищах, подвалах, в поврежденных, но не обрушившихся частях здания. Опыт показывает, что люди спасаются порой из самых невероятных мест. Важно выяснить, что могли попытаться предпринять люди, оставшиеся в здании во время толчков (*выбежать, спрятаться в защитных сооружениях, остаться в надежных частях здания, коридорах и т.д.*). Это поможет установить места их нахождения. Люди, к примеру, могут остаться в живых в полостях развалин, которые образуются от неполного разрушения крупных фрагментов здания, под косолежащими перекрытиями, несущими конструкциями, лестничными площадками и т.п.

Человек, оставшийся в живых под завалами, *должен быть уверен, что его ищут*. Если он не в состоянии сам выбраться из под завала, то должен помочь найти себя. Для этого необходимо просто голосом или ударами предметов создавая шум сообщать о своем местонахождении. Связь между пострадавшим и спасателем, играет важную роль в спасении человека. «Попробуй помочь сам себе или помоги спасателям спасти тебя» - этот лозунг должен знать каждый живущий в сейсмоактивной зоне.

На эффективность спасательных работ влияют также погодные условия. При не очень высокой и не очень низкой температуре спасательные работы могут продолжаться до двух недель.

### 3.11 Страхование от землетрясений

От разрушительного землетрясения человек в мгновение ока может понести безвозвратные и тяжело восстанавливаемые потери: жизнь, здоровье, квартира, имущество и т.д. Кто возместит эти потери и в какой мере? Этот вопрос относится ко всем жителям сейсмоактивных зон.

Обычно возмещение ущерба берет на себя правительство или страховые компании. Однако ввиду той неопределенности, которая связана с оказанием финансовой помощи со стороны правительства (т.е. общественности), благоразумнее всего рассмотреть возможность защиты ваших имущественных интересов путем *страхования*.

Нужно всегда иметь в виду, что разрушительные землетрясения периодически повторяются в одних и тех же местах, согласно закону повторяемости землетрясений. В зависимости от частоты сильных землетрясений, экономической развитости страны, национальных традиций и культуры, в том числе и по принятию необходимых мер по защите населения от различных опасностей, в разных странах проблема сейсмической защиты имеет разный политический приоритет. К несчастью, человеческая память коротка, и землетрясения, которые произошли лишь поколение назад, часто оказываются почти полностью забытыми, в особенности политическими деятелями, желающими иметь быстрый дивиденд от своей краткосрочной деятельности.

*Страхование* – это один из составных элементов сейсмической защиты, смысл которого заключается не в том, чтобы помочь полностью избежать оплаты расходов, связанных с ущербом, наносимым землетрясениями, а в том, чтобы правильно распределить эти расходы во времени и пространстве. Страхование должно опираться на правильную оценку сейсмической опасности в различных районах страны (*сейсморайонирование*); *снижение уязвимости территорий*, путем укрепления зданий и сооружений сейсмостойкой застройки, непрерывного улучшения норм сейсмостойкого строительства, контроля за строительством и эксплуатацией зданий и сооружений; *снижение уязвимости населения*, путем повышения его осведомленности о сейсмической опасности и риске, обучения и тренинга правилам коллективной и индивидуальной сейсмической защиты.

В различных странах задача страхования от землетрясений имеет разные решения и общие проблемы, к числу которых относятся:

- пренебрежение сейсмической опасностью (даже у тех, кто уже пережил ужас его последствий для своей семьи) из-за низкого уровня знаний и осведомленности о сейсмическом риске, в надежде на то заблуждение, что больше сильного землетрясения не будет, или оно не причинит большого ущерба, или следующее землетрясение произойдет в отдаленном будущем;

- большинство надеется, что получит безвозмездную помощь государства или льготный кредит;

– страховые компании, если даже не избегают страхования от землетрясений, то и не пропагандируют этот вид страховки, опасаясь больших потерь и многочисленных исков, которые люди предъявят после землетрясения (например, кто должен компенсировать расходы на восстановление поврежденного водопровода или забора, когда застрахован только дом и т.д.);

– банки и кредитные конторы, выделяя средства на постройку дома, не требуют страхования недвижимости;

– неопределенность времени повторения сильного землетрясения не позволяет однозначно рассчитать экономические параметры страховой деятельности (размер годового взноса, размер страховых выплат и т.д.).

Есть и другого рода сложности. Помимо серьезных повреждений построек от сильных землетрясений, серьезный ущерб имуществу и сооружениям могут причинить и слабые сейсмические толчки (например, Ноемберянское землетрясение, 1997,  $M=4.4$ , Армения). Таким образом, большое практическое значение приобретает информация о возможной частоте слабых толчков, а также об относительной частоте толчков разных магнитуд. Существуют сложности, связанные с выплатой страховых сумм при выезде за пределы страны, вмешательством общественности и правительства, вынуждающих выплачивать суммы незастрахованным лицам, а также в том случае, когда вопрос о сейсмическом происхождении повреждений остается неясным. Ожидаемо также давление на правительство со стороны сельских жителей, заинтересованных в том, чтобы располагать страховым фондом для покрытия ущерба, наносимого хозяйственной деятельностью и неверной эксплуатацией сельских домов со стороны самих пострадавших.

Во всем мире быстро растет экономический ущерб от природных катастроф. Растет также страхование от возможного ущерба. Однако тенденция роста страхования уступает экономическому росту (рис. 3.11(1)). Это особенно касается страхования от землетрясений. Нужно всегда иметь в виду, что даже богатое государство не может компенсировать все потери, а во многих развивающихся странах оно просто не в состоянии адекватно возместить ущерб. Именно поэтому, во всех случаях, страхование – единственный путь гарантированного возмещения ущерба.

Страхование от землетрясений имеет довольно сложную, дифференцированную систему, поскольку сейсмический риск и связанные с ним потери в разных странах и даже в пределах одной и той же страны очень различны.

В США застраховать имущество от землетрясения можно в большинстве страховых компаний, которые занимаются страхованием собственников и арендаторов от пожаров, краж и других подобных видов опасности. Страховка предусматривает оплату повреждений зданий и легких строений, обстановки, а также личного имущества, если оно пострадало от землетрясения. Повреждения от пожаров, возникших в результате землетрясения, как правило, покрываются обычным страхованием от огня.

Размер взносов при страховке от землетрясения зависит прежде всего от положения здания, типа постройки и грунтовых условий. К примеру, в Калифорнии

## Экономические потери, крупные естественные катастрофы 1950-2001гг.

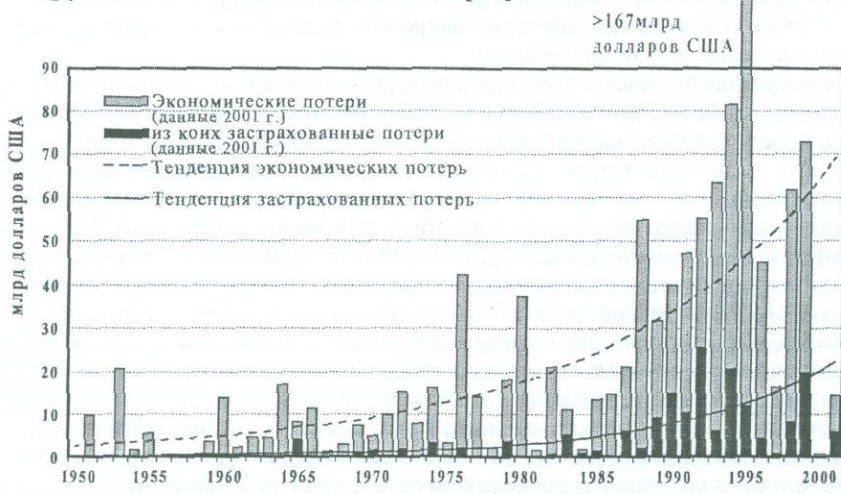


Рис. 3.11(1) Сопоставление тенденции экономических потерь с тенденцией застрахованных потерь за 1950-2001гг. (по Munich Re, 2002)

(США) вся территория разделена на страховые зоны, в каждой из которых на основе данных о вероятности возникновения и ожидаемой силе землетрясения рассчитан свой уровень страховых взносов. С точки зрения типа постройки самые низкие взносы установлены для легких деревянных каркасно-щитовых домов. Величина взноса последовательно растет для зданий со стальным каркасом, каркасных железобетонных зданий с кирпичной облицовкой или кирпичным заполнителем, армированных кирпичных зданий и неармированных кирпичных зданий. Особые грунтовые (насыпные грунты) и геологические условия (близость к активному разлому), в которых построен дом, могут привести к повышению взноса до 25% и более. В страховке плохо построенных (без учета норм сейсмостойкого строительства) или опасно расположенных (в ущелье реки и т.д.) зданий может быть отказано.

В США обычный уровень годового взноса до страховку от землетрясения для небольших деревянных каркасно-щитовых домов, расположенных в центральной части Калифорнии (не на насыпных грунтах), по данным Дж. Гира и Х. Шаха (1988), составляет 1.5 доллара на 1000 долларов США страховой суммы с 5%-ным вычетом. Для зданий с высоким сейсмическим риском взнос может быть повышен до 50 долларов на 1000 долларов страховой суммы. Многие страховые компании США требуют, чтобы страховая сумма равнялась полной восстановительной стоимости здания, как при страховке от пожара.

В Новой Зеландии, после Мастертенского землетрясения 1942г., правительством была учреждена система страхования, осуществляемая Комиссией по оценке ущерба. Эта система обеспечивает владельцам компенсацию убытков, причиненных землетрясениями, военными действиями и некоторыми другими бедствиями. Необходимый денежный фонд создается небольшой обязательной надбавкой к страхованию от пожаров и других опасностей, включая и страхование автомобилей. По новозеландским стандартам, согласно Дж. А. Эйби (1982), выплачиваемые страховые суммы высоки. В сейсмически спокойный год общая сумма, выплачиваемая за повреждения от слабых толчков, не превышает нескольких тысяч новозеландских долларов (1.00 новозеландский доллар равен 0.679793 долларов США), но одного толчка с магнитудой  $M=5.0$  достаточно, чтобы выплаты выросли на порядок.

При приобретении страхового полиса владелец собственности или арендатор, как и страховая компания, должны владеть следующей информацией:

- близость дома или иного сооружения к активному разлому;
- сейсмичность района (частота повторения землетрясений; время с момента последнего землетрясения);
- конструкция здания (тип здания и фундамента; архитектурное решение; качество материала; качество строительных работ; уровень сейсмостойкости, предусмотренный проектировщиком);
- местные условия (тип и качество грунта; уклон территории; материал заполнения; геологическое строение подстилающих слоев; годовая сумма осадков);
- стоимость здания и находящегося в нем имущества;
- стоимость страхования и вычетов из страховых сумм;
- ваше финансовое положение и эмоциональный настрой.

Существуют методы статистических и инженерных расчетов, позволяющие произвести на основе этих факторов расчет соотношения риска и выгоды. Такие расчеты помогают прийти к правильному решению относительно страхования, однако они требуют детального и квалифицированного рассмотрения каждого отдельного здания и его местоположения.

В заключение, исходя из опыта разных стран, можно прийти к следующему выводу по проблеме страхования при землетрясениях.

Для страхования дома или здания, полное восстановление которого потребует 100000 долларов США, владелец должен ежегодно выплачивать 150-400 долларов США.

Для страхования имущества потребуются взносы со стороны владельца, эквивалентные взносам страхования от пожаров, наводнений и других опасностей.

Страхование жизни или здоровья на случай землетрясения связано с гораздо большими сложностями. Дело в том, что трудно оценить человеческую жизнь. В некоторых странах она приравнивается к 30-100 тыс. долларов США. Для расчетов это где-то приемлемо, но насколько это нравственно, сказать трудно. Кроме того, часты случаи, когда во время землетрясения погибает вся семья и неизвестно, кто должен получить страховую сумму. Сложности есть и в страховании здоровья. Если временную утрату здоровья в результате землетрясения можно как-то оценить (расходы на лечение плюс компенсация), то как оценить, скажем, утрату конечностей? Простейшим выходом здесь представляется расчет величины договорной страховой выплаты в соответствие со страховым полисом.

### 3.12 Предотвращение миграции населения из зоны землетрясения

Предотвращение миграции населения из зоны землетрясения очень сложный и ответственный процесс, зависящий от многих факторов: экономический потенциал государства; масштабы зоны разрушений; количество жертв; степень выхода из строя инфраструктуры, промышленных и сельскохозяйственных объектов, школ и других учебных заведений, больниц и других медицинских учреждений, и всего того, что обеспечивало нормальную жизнь до землетрясения в зоне поражения; политика государства в отношении миграции населения.

*Миграция населения прямо связана с темпами восстановления зоны бедствия и реабилитации населения. Эти темпы определяются соотношением валового национального продукта (ВНП) понесенного ущерба.*

В развитых странах миграция населения связана, главным образом с проблемой его полной реабилитации, включая выход из состояния шока и стресса. В развивающихся странах миграция населения связана более всего с темпами восстановления зоны бедствия, хотя бы потому, что у населения меньше финансовых возможностей для переезда в другое место.

Для сопоставления возможностей развитых и развивающихся стран в деле предотвращения миграции населения, достаточно привести примеры восстановления зоны бедствия в Японии и Армении.

В Японии в 1995г. после землетрясения в Кобе ( $M=6.9$ ) погибло 6400 человек, была разрушена и сожжена пожаром вся старинная часть суперсовременного г.Кобе, который японцы с гордостью называли городом XXI века (рис. 3.12(1)). Полное восстановление г.Кобе было выполнено правительством Японии в течение 1 года (рис. 3.12(2)). У одного из авторов этой книги, посетившего г.Кобе в 1997 году вызвали откровенное изумление темпы восстановления этого прекрасного города, где спустя столь короткое время после сейсмической катастрофы невозможно было увидеть и следа пережитой трагедии.

В Армении, после катастрофического Спитакского землетрясения 1988г., процесс восстановления зоны бедствия по объективным и субъективным причинам затянулся более чем на 15 лет. А по всей зоне бедствия и до сих пор можно увидеть большое количество осиротевших зданий и сооружений, стоящих как вечные памятники разрушительному землетрясению. Разумеется, в этих условиях процесс миграции населения реализовался в его максимально возможном масштабе.

Анализ миграции населения в развивающихся странах после разрушительных землетрясений показывает, что определенная часть населения мигрирует из зоны землетрясения в непострадавшие районы этой же страны или реже в другие государства. Это приводит к возникновению целого ряда известных проблем как для самих мигрантов и принимающих сторон, так и для зоны бедствия.



*Рис. 3.12(1) г.Кобе (Япония) в день землетрясения 17 января 1995г (Disaster Countermeasures in Japan, 1997).*

Число мигрантов, как об этом уже говорилось выше, находится в прямой зависимости от ряда факторов – от масштабов разрушений населенных пунктов, тяжести вторичных последствий землетрясения, обещаний политического руководства страны, реальных темпов восстановления зоны разрушения, создания минимально необходимых условий для нормального жизнеобеспечения, темпов трудоустройства населения и др. Как правило, при отсутствии обнадеживающих перспектив, в первую очередь из зоны бедствия мигрирует трудоспособная молодежь, иногда с семьями, что отрицательно влияет на процесс восстановления и реабилитации зоны бедствия. Пожилая часть населения более консервативна, привязана к своей земле и поэтому в меньшей мере подвержена миграции.

На основе данных по конкретным катастрофам выделяются следующие основные причины увеличения масштабов миграции:

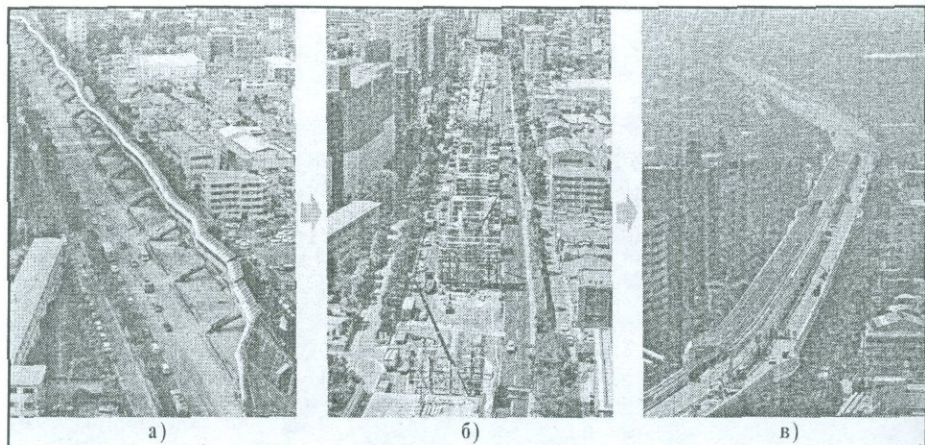
1. Медленный процесс восстановления и реконструкции зоны землетрясения, что приводит к потере людьми веры в скорейшее завершение основных этапов этого процесса.

2. Высокий уровень безработицы.

3. Крупные промахи и ошибки властей при решении первоочередных проблем жизнеобеспечения пострадавшего населения.

4. Ослабление правопорядка, рост преступности и беззакония, коррупция во властных структурах, появление явных элементов несправедливого распределения поступающей гуманитарной и иной помощи, отсутствие социальной справедливости.

5. Ослабление внимания руководства страны к проблемам зоны землетрясения и невыполнение данных обещаний.



*Рис. 3.12(2) Процесс восстановления г.Кобе (Япония), на примере восстановления разрушенного магистрального шоссе: а) разрушенная магистраль; б) процесс реконструкции; в) восстановленная магистраль (Disaster Countermeasures in Japan, 1997).*

В противоположность этому, на уменьшение и предотвращение процессов миграции из зоны землетрясения существенно влияют следующие факторы:

1. Привлечение населения к активному участию в работах по восстановлению и реконструкции зоны бедствия.

2. Быстрое восстановление экономики пострадавшего района и обеспечение занятости населения, в частности, путем создания благоприятных условий для инвестиций в зоне землетрясения. Особо важно трудоустройство молодежи, а также женщин.

3. Предоставление налоговых, банковских, таможенных и иных льгот организациям, фирмам и частным предпринимателям зоны землетрясения.

4. Оперативное жизнеобеспечение населения (жилье, коммунальные, социальные и другие условия).

5. Быстрое восстановление учебного процесса в школах, ВУЗ-ах, колледжах и других учебных заведениях.

6. Особое внимание государственных, местных и других структур к тем группам населения, которые больше всего пострадали от землетрясения (потерявшим родных и близких, ставшим инвалидами, лишившимся крова, понесшим большие материальные и моральные потери и др.).

7. Меры, направленные на психологическую реабилитацию населения.

8. Усиление административной роли органов местного самоуправления и местных государственных структур.

При быстром и эффективном восстановлении зоны землетрясения и реабилитации населения возможно не только решить проблему миграции населения путем сведения ее к минимуму, но и обеспечить обратный процесс - возродившую зону бедствия сделать привлекательной для постоянного проживания в первую очередь для населения соседних районов и для специалистов, пришедших на помощь извне.

### 3.13 Оказание помощи, реабилитация населения, восстановление

Стадия оказания помощи, реабилитации населения и восстановления зоны бедствия прямо отражает недостатки готовности государства к сейсмической опасности. Анализ мирового опыта показывает, что оказание помощи, реабилитация пострадавшего населения тем сложнее, чем менее подготовлено государство к сейсмической защите.

#### **Оказание помощи и реабилитация населения**

Эта проблема имеет определенную цель, стратегию и тактику достижения цели.

*Цель* – сведение к минимуму моральных и материальных потерь государства в пост - катастрофический период. *Концепция* оказания помощи и реабилитации населения базируется на следующих основных принципах:

– оказание помощи и реабилитация населения должны быть заранее спланированы до катастрофы и откорректированы сразу же после катастрофы на уровне республиканского правительства и местных органов власти;

– оказание помощи и реабилитация должны быть разделены на оперативную (первые несколько дней), краткосрочную (первый месяц), среднесрочную (первый год) и долгосрочную (более года) фазы, со своими конкретными задачами;

– задачи оказания помощи и реабилитации должны решаться, при активном участии населения, властями четырех уровней – община, муниципалитет, административная область, республиканское правительство, с привлечением министерств и ведомств, неправительственных и частных организаций, а также, в зависимости от масштабов катастрофы, международных сил и средств, причем особую роль на оперативной стадии играют соседние государства региона, действия которых могут быть особенно эффективны.

Концепция оказания помощи и реабилитации населения предполагает создание такой системы, которая:

– действует в рамках общей стратегии снижения сейсмического риска, разработанной и реализуемой профессиональным государственным ведомством типа НССЗ при Правительстве РА;

– реализуется в рамках общей государственной программы снижения сейсмического риска;

– ориентирована на самые уязвимые слои населения;

– способна свести к минимуму потери людей и государства;

– исключает неподготовленные, стихийные действия;

– обеспечивает тесную связь между органами власти всех уровней, а также отраслевыми министерствами и ведомствами, неправительственными и частными организациями, при активном участии населения, а при больших

масштабах катастрофы обеспечивает связь между пострадавшим государством и международным сообществом при особой роли соседних государств региона.

*Тактика оказания помощи и реабилитации населения* зависит от времени, прошедшего после катастрофы. Она состоит из *оперативной* (первые дни), *краткосрочной* (первый месяц), *среднесрочной* (первый год) и *долгосрочной* (более года) тактик, с меняющимися приоритетами действий.

*Оперативная тактика оказания помощи* основана на полученной информации о масштабах катастрофы и включает:

- информирование населения о происшедшей сейсмической катастрофе;
- обращение правительства пострадавшего государства к международному сообществу об оказании помощи в случае такой необходимости;
- поисково-спасательные работы;
- срочную медицинскую помощь всему пострадавшему населению по всем вопросам здоровья;
- обеспечение населения водой и продуктами питания;
- обеспечение населения одеждой и другими вещами первой необходимости;
- обеспечение правопорядка в эпицентральной зоне введением особого режима;
- обеспечение населения временным жильем (палатки, домики и др.);
- выдачу документов (удостоверения личности и др.), утерянных при землетрясении;
- оказание помощи населению для организации похорон погибших (гробы, транспорт, и т.д.);
- организацию отопления временных жилищ в зимний период;
- обеспечение населения транспортом для передвижения и перемещения личного имущества;
- обеспечение населения информацией о текущей ситуации и действиях, предпринимаемых властями всех уровней, о списках погибших и пострадавших, миграции и эвакуации населения, действиях международного сообщества и соседних государств и др.;
- оказание финансовой помощи населению для поддержания его жизнедеятельности в первые дни после катастрофы;
- принятие противоэпидемиологических и других санитарных мер;
- сохранение материальных и культурных ценностей;
- эвакуацию наиболее уязвимых слоев населения в другие районы страны и другие государства.

*Оперативная тактика реабилитации* населения зависит от масштабов катастрофы и включает: срочную медико-психологическую помощь пострадавшим; информацию о предпринимаемых государством мерах по оказанию помощи; эвакуацию людей, обратившихся с подобной просьбой.

*Краткосрочная и среднесрочная тактики оказания помощи* населению основаны на уточненной информации о масштабах катастрофы и включают:

- информирование населения о текущей сейсмической обстановке и ходе действий по оказанию помощи населению со стороны государства и международного сообщества;

– широкомасштабную медицинскую помощь пострадавшим, включая и отправку за рубеж тех, которым эффективная медицинская помощь может быть оказана только за рубежом;

– восстановление водоснабжения, связи, газоснабжения, транспортных коммуникаций и канализации, отопления и др. линий жизнеобеспечения;

– восстановление материальных потерь через систему страхования имущества и жизни;

– эвакуацию неработоспособного населения по желанию;

– обустройство временного жилья (домики и др.);

– принятие долгосрочных противоэпидемических и санитарных мер.

*Краткосрочная и среднесрочная тактика реабилитации* включают: оказание медико-психологической помощи пострадавшим; восстановление занятий в школах, колледжах и ВУЗ-ах населенных пунктов; восстановление радио- и телепередач в полном объеме; вовлечение населения в процесс восстановительных работ; привлечение международной гуманитарной помощи.

*Долгосрочная тактика оказания помощи и реабилитации* включает:

– оказание масштабной помощи со стороны государства для компенсации материальных и частичной компенсации моральных потерь; вовлечение иностранных инвестиций в оказание помощи и реабилитацию населения зоны бедствия.

Стратегия оказания помощи и реабилитации населения заключается в создании таких условий в пост - катастрофический период, которые позволили бы свести к минимуму миграцию населения из зоны бедствия.

Тактика оказания помощи и реабилитации населения должна учитывать: масштабы и особенности катастрофы; разные приоритеты на разных фазах (оперативная, краткосрочная, среднесрочная, долгосрочная) оказания помощи и реабилитации; текущий уровень сейсмической опасности; традиции, культуру, вероисповедание народа, и другие его специфические черты; степень подготовленности органов власти всех уровней, а также министерств и ведомств, неправительственных и частных организаций; степень готовности населения к получению информации; готовность международного сообщества к оказанию помощи.

## **Восстановление**

Проблема восстановления зоны бедствия после сильного землетрясения, как и оказание помощи и реабилитация, тесно связана с готовностью государства к сильному землетрясению. Масштабы восстановительных работ *прямо зависят от ошибок в сейсмической защите* населения, допущенных до землетрясения. Чем больше ошибок, игнорирующих сейсмическую опасность, тем большего масштаба восстановительных работ следует ожидать при сильном землетрясении.

Способность государства к восстановлению тесно связана с его готовностью к предотвращению возможной катастрофы и с его материальными и моральными ресурсами. Оказание помощи при восстановительных работах, особенно со стороны соседних государств региона - одна из важнейших компонент межгосударственного сотрудничества. *Планирование* восстановительных работ так же необходимо в общей концепции снижения сейсмического риска, как и

планирование оказания помощи и реабилитации населения. Восстановительные работы имеют определенную цель, стратегию и тактику достижения цели.

*Цель* - сохранение жизнедеятельности населения зоны бедствия и создание условий для возвращения к нормальной жизни.

*Концепция* восстановительных работ базируется на следующих основных принципах:

- планирование возможных восстановительных работ до катастрофы и корректировка этих планов после катастрофы, в соответствии с масштабами и особенностями последствий сильного землетрясения;

- решение задачи восстановления при взаимодействии властей всех уровней, правительственных и неправительственных организаций, всего общества;

- создание условий для участия населения зоны бедствия в восстановительных работах;

- создание условий для привлечения международных инвестиций в зону бедствия.

*Концепция* восстановительных работ предполагает создание такой системы, которая: действует в рамках общей стратегии снижения сейсмического риска, разработанной и реализуемой профессиональным государственным ведомством; реализуется в рамках общей государственной программы снижения сейсмического риска; ориентирована на самые уязвимые слои населения; позволяет восстановить зону бедствия в минимально возможные сроки, с учетом существующих сил и средств государства; позволяет вовлечь пострадавшее население в процесс восстановительных работ.

*Критерием* эффективности восстановительных работ являются: минимальная миграция населения; полное восстановление жизнедеятельности населения зоны бедствия.

*Стратегия* восстановительных работ заключается в том, чтобы восстановленная зона стала значительно менее уязвимой при следующем сильном землетрясении.

*Тактика* восстановительных работ включает:

- пересмотр существующих карт оценки сейсмической опасности и составление новых карт сейсмозонирования, включая сейсмомикрорайонирование населенных пунктов;

- создание планов и генпланов восстановления населенных пунктов зоны землетрясения;

- разработку стратегии сейсмостойкого строительства в зоне землетрясения и сохранение архитектурного облика этого района;

- принятие мер по сохранению и восстановлению архитектурных и исторических памятников;

- оценку технического состояния сохранившихся зданий и сооружений и выдачу рекомендации для их эксплуатации;

- снос высокоаварийных и разрушенных построек и очистку их площадок;

- выдачу населению финансовых средств, в виде кредита, и разрешение строительства частных домов;

- выбор районов и участков для строительства многоэтажных общественных зданий и жилых домов;

- строительство новых населенных пунктов, жилых районов, зданий;
- восстановление промышленности;
- восстановление инфраструктуры города;
- восстановление объектов культуры и быта;
- предоставление государственных льгот для уменьшения масштабов миграции населения, развития промышленности, в том числе частного сектора, создание хороших бытовых условий и др.;
- создание особых условий для медицинского обслуживания населения, трудоустройства инвалидов, социального обеспечения сирот и др.;
- решение экологических вопросов окружающей среды;
- восстановление шоссейных и железных дорог, линий жизнеобеспечения;
- возвращение эвакуированного населения в места постоянного жительства;
- восстановление или строительство объектов здравоохранения, образования, культуры и науки;
- восстановление духовных объектов (церквей, монастырей и др.).

Тактика восстановительных работ должна учитывать: масштабы и особенности катастрофы; реальный уровень сейсмической опасности и риска; разные приоритеты на разных стадиях восстановления; традиции, культуру, вероисповедание народа, другие специфические его особенности; характерную национальную архитектуру и особенности строительства; степень подготовленности органов власти всех уровней, правительственных и неправительственных организаций; силы и средства государства; возможности иностранных инвестиций.

## Глава 4. Сейсмическая катастрофа и этап чрезвычайной ситуации.

Сейсмическая катастрофа на территории любого государства это серьезное нарушение общественной жизни. Она приводит к таким гуманитарным, материальным и экологическим последствиям, на преодоление которых могут уйти десятки лет, в особенности в странах, испытывающих экономические трудности. Землетрясение, как уже отмечалось, это природное явление, которое превращается в катастрофу там, где государства пренебрегают сейсмической опасностью. Даже очень сильные землетрясения, которые происходят в ненаселенных местах (на дне океана, в пустынных и высокогорных областях и т.д.) не могут превратиться в катастрофу, поскольку не становятся причиной человеческих жертв и материальных потерь.

Однако из-за роста населения на планете, заселения новых, в том числе и сейсмоактивных территорий, растет число сейсмических катастроф, так же как и причиненный ими ущерб. Рост опасности катастроф обусловлен следующими факторами:

- повышение плотности населения, и соответственно числа жертв в эпицентральной зоне; рост населения планеты столь велик, особенно в развивающихся странах, что рост количества жертв при землетрясении становится фактически неизбежным,;

- быстрый, неконтролируемый рост городов, за счет миграции сельского, в основном малообеспеченного населения из сёл в города;

- низкая готовность населения противостоять сейсмическому удару, обусловленная его не информированностью и незнанием основ сейсмической защиты;

- разрушительное воздействие на окружающую среду, увеличивающее масштабы возможной катастрофы; особенно тяжелыми могут быть последствия аварий на химическом производстве, объектах, содержащих опасность вредных излучений, плотинах и т.д.;

- социально-экономическое положение стран и, в частности, развивающихся.

Анализ сейсмической катастрофы и этапа чрезвычайной ситуации в этой главе в большей степени относится к странам с плохо развитой системой сейсмической защиты. Однако общие принципы и определения относятся к любой стране.

## 4.1 Ситуация в городе непосредственно после разрушительного землетрясения

Резкое нарушение естественного хода жизни в результате разрушительного землетрясения часто приводит неподготовленное в психологическом аспекте население в шоковое состояние. Впечатления от увиденных трагических событий или услышанного о них таковы, что многие люди подолгу не могут прийти в себя.

Шокирующие впечатления следуют друг за другом. Сперва внезапные толчки, при которых трудно устоять на ногах, потом разрушенные здания, трупы погибших, раненые, пожары. В такой ситуации даже сильные духом люди теряют самообладание.

### *Период паники*

При разрушении населенного пункта на 30% и больше возникновение паники неизбежно. По мере получения информации становится ясной трагичность происшедшего, потом – масштабы трагедии. Обычно первым делом большинство людей, в том числе и специалисты служб, призванные оказывать первую помощь пострадавшим, предотвращать возникновение или локализовывать вторичные последствия землетрясения, устанавливать порядок и т.д., стремится узнать о судьбе родных и близких и, в первую очередь, детей. Отключаются телефонная связь, электричество, парализуется и прекращается работа общественного городского транспорта, на дорогах образуются автомобильные пробки, и чаще всего единственным способом передвижения остается пешеходный. А основной способ получить информацию о близких – это оказаться там, где они находятся. Бывает однако, что люди, оказавшиеся вблизи возникших вследствие землетрясения пожаров, откладывают поиски родных и борются с огнем.

Наиболее сильные и часто повторяющиеся сотрясения (афтершоки) случаются, как правило, в течение первых часов после основного события. Они могут разрушить уцелевшие при основном толчке здания. К сожалению, люди часто пренебрегают этой опасностью и их ошибочные действия становятся причиной новых жертв и ранений.

Вот наиболее типичные ошибки:

– оказание помощи пострадавшим (с целью их спасения, до прибытия медицинской помощи и др.), поиск близких и оплакивание погибших в полуразрушенных зданиях;

– проникновение в необрушившиеся после основного толчка жилые дома или учреждения с целью спасения ценных вещей;

– действия, предпринятые без учета вероятности вторичных опасных последствий землетрясения (отравление, взрывы газа, поражение электричеством, пожары и др.).

Большинство переживших землетрясение после того, как минует шок и наиболее опасные афтершоки, не рискует войти даже в полностью безопасные многоэтажные здания. Холодная погода, ночь усугубляют этот страх. Такое наблюдалось во многих странах после разрушительного землетрясения. Отсутствие электричества, в особенности - освещения, омрачает и без того тягостную картину. Ситуация особенно тяжела для детей и женщин, пожилых и старых. Начинает сказываться отсутствие воды, продуктов питания, минимальных санитарных условий, теплой одежды и т.д. Причем потребность в воде намного больше, чем в продуктах питания.

### **Разрушение зданий и сооружений**

В крупных городах очень часты большие разрушения в одном и том же районе. Например, в СССР целые кварталы в них застраивались однотипными зданиями. И если сейсмостойкость этих типовых зданий низка, то такие кварталы вследствие землетрясения становятся районами масштабных разрушений. Причиной масштабных разрушений могут быть и неблагоприятные естественные грунтовые условия (например, в Мехико в 1985г. и в Ленинакане в 1988г.), или ухудшенные людьми из-за неверной эксплуатации зданий и сооружений (проникновение воды под фундамент и т.д.), как об этом уже было сказано в предыдущих главах. Наиболее трагичны последствия обрушения зданий, предусмотренных для нахождения в них большого числа людей – заводы, фабрики, но более всего - дошкольные и школьные учреждения, высшие и другие учебные заведения. Они являются объектами первостепенного внимания – здесь бывает наибольшее количество пострадавших и оставшихся под развалинами людей.

Разрушение высотных зданий также влечет за собой большое количество жертв. Но здесь фронт работ по оказанию помощи и спасению ограничен, что значительно удлинит время извлечения пострадавших из-под развалин и уменьшает шансы на их спасение.

Специальные подходы требуются для оказания помощи в разрушенных общественных зданиях (большие магазины, кинотеатры, концертные и спортивные залы, рестораны и т.п.). Люди, находящиеся здесь, не знают друг друга, их местонахождение чаще всего неизвестно родственникам и близким, и установление личности пострадавших, если они не в состоянии дать о себе какую-либо информацию, оказывается невозможным именно тогда, когда родственники и близкие ищут их по всему городу.

При разрушительных землетрясениях пожары практически неизбежны - слишком много причин, которые способны их спровоцировать. Наиболее пожароопасными являются районы, застроенные деревянными домами, склады горюче-смазочных материалов и легко воспламеняющихся веществ, нефтебазы, ярмарки, крупные торговые центры и др. Часто пожары возникают и вследствие неосторожного поведения населения. Практика показывает, что трудно, а иногда и невозможно потушить все возникшие пожары, чаще приходится довольствоваться их локализацией, и, по возможности, предотвращением новых. Этому препятствуют:

- а) большое количество очагов возгораний и большие масштабы огня;
- б) выход из строя пожарных гидрантов и системы водоснабжения;
- д) препятствия движению пожарных автомашин вследствие завалов улиц и пробок автотранспорта;
- в) некачественная информация о пожарах.

Особенно тяжело тушить пожары, возникшие в завалах зданий. При этом на помощь из разрушенных районов надеяться не приходится. Она чаще всего поступает из соседних, мало пострадавших или не пострадавших районов.

Все вторичные опасности, т.е. те которые спровоцированы землетрясением, развиваются в местах, где существуют условия для их возникновения. Например, оползни возникают на склонах гор и ущелий, разжижение грунтов, т.е. переход их в текучее состояние происходит в водонасыщенных песчаных породах, наводнения - вследствие разрушений стен водоемов, выхода рек из русел и т.п. Повреждения емкостей и трубопроводов с отравляющими веществами – аммиаком, хлором, природным газом и др. могут стать причинами массовых отравлений.

### ***Нарушение системы жизнеобеспечения***

Наиболее важные элементы жизнеобеспечения - водоснабжение, электроснабжение, теплоснабжение, средства электронной связи, телевидение, транспортные коммуникации и средства и т.п. - вследствие сильных толчков получают значительные повреждения или вообще выходят из строя. Это снижает как результативность всех действий, направленных на ликвидацию последствий землетрясения, оказание помощи пострадавшим, локализацию или предотвращение вторичных последствий землетрясения, так и возможность создания условий жизнеобеспечения для населения разрушенного города.

В качестве примера приведем краткое описание ситуации в г. Ленинакан (ныне Гюмри) после Спитакского землетрясения 1988г. Его интенсивность в г. Ленинакане в среднем составляла IX баллов по шкале MSK-64. Город был разрушен на 40%, причем полностью были разрушены 167 многоэтажных (5 этажей и выше) жилых домов. Из 230000 населения погибло около 17000 человек, в том числе 2000 школьников.

При интенсивности землетрясения в VIII и более баллов по шкале MSK-64 может выйти из строя система *водоснабжения* - водопроводные линии, хлораторные станции, водные бассейны, насосные станции и т.д. – что и произошло в Ленинакане во время Спитакского землетрясения.

Город на четверо суток лишился водоснабжения. Вышли из строя все 4 водовода, 170 км водопровода из 343 км, все 8 насосных станций, большинство из 400 местных (домовых) насосных станций, были затампонированы 60% артезианских скважин, 8 очистных сооружений, все пять хлораторных станций. Водопровод получил повреждения в 2000 местах.

Было решено в первую очередь обеспечить подвоз воды цистернами и раздачу населению питьевой воды в бутылках. Цистерны, развозившие воду, были предварительно обеззаражены, машины и водители прошли проверку для получения санитарных паспортов, без которых не допускалась эксплуатация цистерн. Одновременно с этим были начаты работы по восстановлению системы водоснабжения.

Вследствие повреждения водопроводной и канализационных сетей бывают случаи смешения сточных вод с питьевой, что грозит городу *эпидемиями*. Поэтому необходимо одновременно с восстановлением

водоснабжения проведение во всех районах города экспресс-анализов проб воды для определения ее пригодности. Необходимо принять срочные меры по недопущению возникновения эпидемии.

В г. Ленинкане масштаб разрушений был настолько велик, что противоэпидемиологическая служба города, потерявшая 10 сотрудников погибшими, была не в состоянии осуществлять необходимые действия. Координацию этих работ начала сразу же противоэпидемиологическая служба Армении. Был усилен санитарно-гигиенический надзор за пищевыми продуктами и водой, созданы передвижные оперативные гигиенические и противоэпидемиологические бригады из приехавших на помощь специалистов для ежедневных подворных обходов с целью выявления инфекционных больных, при этом пострадавшим раздавались медикаменты. С помощью специальных автомашин проводилось обеззараживание мест накопления мусора на территории города, а также мусорных свалок вне города. В первые дни после землетрясения под надзором противоэпидемиологической службы находились также передвижные столовые, а работники пищевых блоков обследовались на бактерионосительство. Так, на базе бактериологической лаборатории противоэпидемиологической службы и противочумных станций были развернуты специальные противоэпидемиологические бригады с необходимым оборудованием, которые проводили исследование людей и внешней среды (вода, воздух, пищевые продукты и т.д.)

Благодаря своевременным действиям противоэпидемиологической службы, в самые тяжелые и опасные первые дни после землетрясения удалось избежать вспышек инфекционных заболеваний и пищевых отравлений. Здесь следует добавить, что землетрясение произошло зимой, что облегчило деятельность служб по недопущению эпидемий, опасность которых особенно велика в жаркое время года.

Уязвима также система *электроснабжения* города, особенно трансформаторные подстанции и кабельные линии.

Сразу после первых толчков в Ленинкане было отключено электричество, и потому не было случаев поражения людей электротоком. Сильно пострадала почти половина (250) трансформаторных пунктов. В некоторых местах были повреждены подземные кабельные линии. Из 9 городских подстанций 3 вышли из строя, сильно пострадали 12 распределительных пунктов из 26-и. Большой урон подземным кабельным линиям был нанесен в период проведения спасательных работ и при восстановлении системы водопроводов. На восстановление системы автоматического электроснабжения города потребовались месяцы, и в этот период *электроснабжение осуществлялось автономными источниками (электрогенераторами различной мощности)*. Но даже в этих условиях, когда запущены автономные источники электроснабжения, отсутствие электричества отрицательно влияет на работу всех звеньев жизнеобеспечения, включая медицинскую помощь и спасательные работы.

Очень часто завалы улиц, отключения электричества, появление в городе большого количества автомашин практически парализуют *транспортное движение*. При этом необходимо: а) закрыть город для въезда автомашин (кроме специальных); б) разработать новые схемы движения транспорта.

В г. Ленинкане в силу того, что прекратилась подача электроэнергии, перестали работать все светофоры и в начавшейся общей панике не осуществлялось регулирование движения транспортных средств. Хаотичное движение транспортных средств усугублялось еще и тем, что некоторые улицы стали практически непроходимыми из-за развалин. Состояние в первые дни было особенно тяжелым в ночное время, при практически неосвещенных улицах. Вследствие разрушения зданий и сооружений вышло из строя большинство дорожных знаков. Было затруднено движение машин скорой помощи, пожарных, отрядов спасателей. Через три-четыре часа после землетрясения в город хлынуло большое количество автомобилей. Движение транспортных средств парализовалось. Через день после землетрясения в центральной части города и на въездных дорогах образовались практически нерассасываемые пробки автомашин.

Отсутствие схем запасных маршрутов движения специальных транспортных средств, отсутствие расчетов пропускной способности центральных улиц и вероятности возникновения пробок, накопления спасательной техники, и т.п. не позволили городской автоинспекции (ГАИ) контролировать ситуацию.

Отделение ГАИ города только через два дня сумело взять под контроль въезд в город через главные дороги. Был запрещен выезд большегрузных машин и механизмов. Для беспрепятственного въезда в город и выезда стал действовать пропускной режим. Без сил и средств, пришедших на помощь извне, выполнение задач дорожной полиции было бы невозможным. Но совместными усилиями удалось сделать движение более или менее регулируемым лишь через 3 дня после землетрясения, т.е. с огромным опозданием. Особенно эффективным оказалось содействие военных патрульных регулировщиков. Только им удалось взять ситуацию под контроль. Была разработана новая схема движения транспортных средств, в городе были установлены новые указательные знаки. Работа специальных групп и других служб, прибывших на помощь извне, была бы невозможна без этих знаков. Все действия органов внутренних дел, в том числе и отделения ГАИ, организовывались и осуществлялись единым командным штабом Управления внутренних дел (УВД), что в этих условиях было единственно верным решением.

Во многих городах землетрясения становятся причиной выхода из строя разных, а иногда и всех систем электросвязи (обычная телефонная сеть, сотовая телефонная сеть, Интернет и др.). Наиболее уязвимы оборудование (а иногда и здания) автоматических телефонных станций (АТС), антенны сотовых телефонов, линии связи Интернета и др.

Все три АТС г. Ленинканана вышли из строя вследствие сильных толчков. Сильно пострадали наземные кабельные линии при разрушении высотных зданий и проведении спасательных работ. Город был лишен телевидения, т.к. вышла из строя аппаратура телестанции по приему и передаче сигналов.

В Индии во время Гуджаратского землетрясения 2001 г. отключилась сотовая телефонная связь даже в городах, расположенных в 100 км. от эпицентра. В отдаленных городах она отключалась на 30-60 мин. при 5-и балльных афтершоках.

Надо ли говорить, сколь необходима возможность получения и передачи информации в такой напряженной ситуации. Кроме того, информационный вакуум вносит добавочное напряжение в трагическую ситуацию и способствует распространению разных дестабилизирующих слухов.

Создание информационного центра необходимо для сбора и обработки данных о последствиях землетрясений, в частности о погибших, раненых, эвакуированных, пропавших без вести и др.

В г. Ленинканане важные сообщения штаба по ликвидации последствий землетрясения передавались населению с помощью передвижных радиостановок, листовок, газет и др.

Муниципальные и ведомственные службы получили радиостанции для установления и поддержания связи между своими объектами, центром управления и штабом по ликвидации последствий. Все данные об изменении ситуации в городе накапливались в информационном центре, на основе их принимались адекватные меры по стабилизации и улучшению ситуации. Большую помощь населению оказали добровольцы, собравшие сведения о пострадавших и эвакуированных.

Серьезные проблемы возникают в городе, когда землетрясение происходит зимой в сезон теплоснабжения и температура воздуха минусовая. Обычно выходят из строя теплопроводы, котельные установки. В такой ситуации срочное

восстановление системы теплоснабжения, особенно централизованного, маловероятно. Основные усилия должны быть направлены на консервацию и обеспечение сохранности уцелевшей части системы теплоснабжения.

### **Оказание первой помощи пострадавшим**

Часто первую домедицинскую помощь пострадавшим оказывают, как и первые спасательные работы выполняют, случайно оказавшиеся рядом люди. Многое зависит от степени их подготовленности и способности принимать правильные решения. В условиях возникшей паники обычно допускается много ошибок. Такое положение может длиться до прибытия специализированных профессиональных служб. Поэтому роль подготовленности населения очень важна. Вторым важным фактором являются необходимые средства и инструменты. Обычно используются первые попавшиеся в руки средства и материалы (например, платок для остановки кровотечения, вода для приведения человека в сознание при его потере, металлический лом для освобождения пострадавших из-под обломков зданий и т.п.). После оказания домедицинской помощи и вызволения пострадавших из-под обломков возникает проблема их доставки в медицинские учреждения или места проживания, часто в условиях отсутствия средств доставки, а также информации о состоянии *медицинских учреждений* и устоявших жилых постройках.

Во время Спитакского землетрясения в г. Ленинакане вышли из строя большинство медицинских объектов (66 %), были большие кадровые потери (таблица 4.1(1)). Так из 36 медицинских объектов из-за низкой сейсмостойкости и несоблюдения правил сейсмозащиты от подземных толчков разрушились 24, в том числе крупный медицинский комплекс, родильный дом, военный госпиталь, отдельные больницы и поликлиники, диспансеры, большое количество аптек и др., с полной или частичной потерей инвентаря, оборудования, приборов, инструментов и медикаментов. Из общего количества специализированных машин уцелело только 10%.

Общее количество раненых во время землетрясения составило по городу 20080 человек, из коих было госпитализировано и эвакуировано в другие города 5641. Наиболее характерный тип ранения – повреждения конечностей. Число раненых с переломами костей было приблизительно 2500.

Низкая эффективность действий медицинской службы города за первые двое суток была обусловлена: а) отсутствием организованности работ; б) незнанием действий при чрезвычайной ситуации; в) нехваткой специалистов – травматологов; г) нехваткой материальных ресурсов; д) парализованностью движения автотранспорта внутри города;

**Таблица 4.1(1). Степень потери медицинского персонала по категориям**

Показатели	Потери медицинских работников		
	Врачей	Среднего мед. персонала	Младшего мед. персонала
Количество мед работников	621	2068	1610
Число погибших	36	58	94
Число раненых	152	204	393
Покинули город сразу после землетрясения	150	584	493

е) отсутствием связи между объектами службы; ж) неосведомленностью населения в мерах по спасению жизни людей, оказавшихся под развалинами, в частности, неосведомленностью о синдроме сдавливания; з) отсутствием необходимой медицинской техники, в частности, аппарата "искусственная почка" и т.п.

### **Воровство и мародерство**

Если до землетрясения уровень правонарушений, в том числе и воровства, в данном городе низок, то эта проблема может не возникнуть вообще или возникнуть довольно поздно (на третий день и позже). Обычно случаи воровства или хищения начинаются не с целью обогащения, а из-за необходимости достать некоторые продукты и вещи, в том числе напитки (вместо питьевой воды), медикаменты, материалы, одежду и т.п.

В дальнейшем кража предметов жизнеобеспечения превращается в настоящее воровство. Большинство граждан (родственники жертв, люди, потерявшие кров, интеллигенция, просто честные люди) не опускаются до воровства даже при голоде, холоде, жажде, а ищут законные пути для удовлетворения элементарных потребностей. Но находятся не порядочные, нечистые на руку люди, отбросы, которые начинают пользоваться сложившейся ситуацией для личного обогащения. В народе говорят: дурной пример заразителен. В тех случаях, когда правоохранительным органам не удастся быстро восстановить порядок, масштабы краж начинают постепенно возрастать. В первую очередь происходят кражи ценных малогабаритных вещей, а затем всего, что можно вынести и унести. В больших городах появляются гастролеры - воры из других мест. Случается и мародерство.

В Ленинакане в первые трое суток после Спитакского землетрясения под большим психологическим воздействием трагедии большинство людей проявили себя милосерднее и благороднее, чем до землетрясения. Повсюду ощущалась высокая степень готовности оказать помощь пострадавшим. Например, начальник исправительно-трудовой колонии строгого режима МВД Армении Г.Н. Назаретян под личную ответственность дал краткосрочный отпуск заключенным, родственники которых находились в разрушенных населенных пунктах. После истечения срока отпуска все без исключения возвратились к месту заключения. Во время спасательных работ в завалах разрушенного здания завода в г. Ленинакане один из заключенных нашел крупную сумму денег (зарплата рабочих) и возвратил государству. Негативные явления, например воровство, дали себя знать на четвертые сутки и носили мелкий характер, но очень быстро приобрели заметные масштабы: были ограблены ряд магазинов и складов. Однако сотрудники внутренних дел, пришедшие на помощь, совместно с местными органами МВД не допустили увеличения масштабов воровства и достаточно быстро взяли ситуацию под контроль. Территория города была разделена на участки, в которых велось круглосуточное дежурство. Патрульно-постовые группы на автомашинах срочно реагировали на любые вызовы, следили за правопорядком, содействовали перемещению людей, машин, пресекали любые попытки правонарушений, мародерства, способствовали свободному проезду спецмашин и т.п.

### **Захоронение погибших**

Первыми разыскивают пострадавших и погибших их родственники и близкие. В зависимости от времени года и температуры воздуха хранение трупов возможно не более 2-5 дней. В подобной ситуации обычно не имеется возможностей и необходимых технических условий для массового захоронения. При многочисленных жертвах первая проблема для христианских стран - это доставка

гробов. Если власти не могут решить этот вопрос в срочном порядке, то люди вынуждены доставлять гробы из непострадавших районов, сами изготавливать из подручных материалов или же захоронить погибших без гробов. Особенно сложна проблема сбора, регистрации, установления причин смерти и захоронение тел неизвестных погибших. Ее, вне зависимости от времени года, срочно должны взять на себя местные власти. Хранение трупов в течение длительного времени невозможно, а быстрое захоронение недопустимо, т.к. близкие и родственники погибших ищут их. Поэтому необходимо срочно собрать тела погибших, зарегистрировать их в специальных картах, сфотографировать, произвести описание, указать, где и в каких условиях погиб и т.п., и только после этого, если невозможно дальнейшее хранение тел погибших, можно похоронить их на кладбище, с указанием места захоронения на картах, чтобы после установления их личности близкие и родные смогли при желании перезахоронить покойника.

В г. Ленинкане большинство трупов были извлечены из-под развалин в первые две недели после Спитакского землетрясения. Этот процесс продолжался 2-3 месяца. Зимние условия позволили от 3 до 5 дней держать тела неопознанных погибших в холодных помещениях. Затем местные власти были вынуждены хоронить их на одном из городских кладбищ (было 301 неопознанных погибших). С течением времени родственники смогли опознать тела 170 погибших и перезахоронить их. Остальные покоятся в местах первого захоронения по разным причинам (или не нашлись родственники, или не были опознаны, или родственники не сочли целесообразным перезахоронение и др.). Неизвестные погибшие были обнаружены в основном в разрушенных универмагах, больницах и других общественных местах.

### **Состояние муниципальных и ведомственных служб, призванных к срочным действиям после катастрофы**

Ведомственные и муниципальные службы при разрушении города на 30% и больше не могут эффективно выполнять свои обязанности по следующим основным причинам:

- а) вследствие разрушения несейсмостойких зданий и сооружений объектов служб и жилых домов выходит из строя часть персонала и оборудования;
- б) после землетрясения определенная часть персонала оказывается занятой решением личных проблем, а также проблем близких и родственников (оказание помощи, эвакуация, жизнеобеспечение и т.п.);
- в) отсутствие или ограниченность возможностей и условий для выполнения необходимых действий.

В описанной ситуации огромную роль, как в прямом смысле, так и в моральном аспекте имеет скорая помощь извне. Для пострадавших очень важно почувствовать, что они не покинуты в беде. Всякая помощь будет воспринята с благодарностью.

## 4.2 Основные виды потерь

Степень катастрофы определяется характером и масштабом потерь.

Потери от землетрясения могут быть заметными (видимыми) и незаметными (невидимыми), прямыми и косвенными, вторичными, и т.д.

К заметным потерям относятся человеческие жертвы и ранения, повреждения или уничтожение производственных фондов (здания, сооружения, средства производства, имущество, материальные запасы), израсходованные медикаменты, средства, затраченные на жизнеобеспечение населения зоны бедствия и т.д. Часть этих потерь материального свойства и может быть подсчитана.

*Незаметные потери:* социально-психологическое воздействие землетрясения на оставшихся в живых, нравственные потери, нарушение социально-экономических связей, нервное перенапряжение людей, стрессы, потери культурных ценностей, возросший риск потери здоровья, паника, неконтролируемая миграция, факторы, снижающие рост производства (потери рынков и конкурентоспособности, разрушение производства) и т.д. (Баласанян и др., 2000; Восстановление и реконструкция, 1993; Обзор управления в чрезвычайных ситуациях, 1996; Чрезвычайные ситуации и развитие, 1996).

В таблице 4.2(1) приведены основные виды ущерба от землетрясений, принятые в международной практике.

Экономические потери делятся на несколько видов. Особенно распространены потери: *прямые* (основной капитал, производственные ресурсы, продукция), *косвенные* (производство, обслуживание), *вторичные* (финансы правительственного сектора, текущие расходы, уменьшение доходов), *внешнего сектора* (снижение экспорта, рост импорта) (рис. 4.2(1)). Как видим, не так легко оценить даже экономические потери, а точная оценка людских и незаметных потерь вообще невозможна.

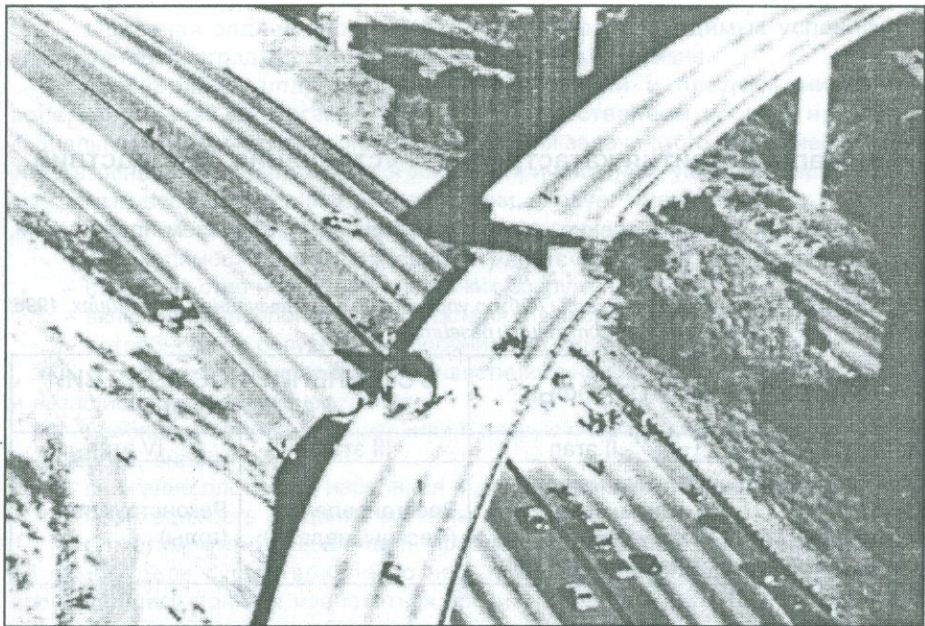
Ущерб от Спитакского землетрясения 1988г., который был оценен в 10 млрд. долларов США, относится только к прямым потерям.

Из-за разрушений и нарушения естественного течения жизни возникают отрицательные явления, требующие очень длительного времени для ликвидации последствий, каковы:

- хроническая нехватка средств на расходы, инвестиции и погашение долгов,
- большой объем безработицы, который приводят к уменьшению доходов и возрастанию расходов, ограничение возможностей для компенсации материальных потерь пострадавшим,
- потеря рынка выпускаемой продукции, вследствие вынужденной остановки производства,
- снижение доходов правительства из-за уменьшения собираемых налогов,

Таблица 4.2(1). Последствия землетрясения и основные виды потерь (Чрезвычайные ситуации и развитие, 1996).

Возможные последствия	Измерение	Потери	
		заметные	незаметные
Человеческие потери	Число жертв	Потери трудящихся	Социально-психологическое воздействие на оставшихся в живых
Ранения	Количество раненых	Медицинское обслуживание, медикаменты, временная потеря трудоспособности	Социально-психологические переживания
Переселение людей и миграция	Количество выселенных	Временное жилье и строения, питание, одежда	Утрата социально-экономических связей, разрушение общественного единства и нравственно-психологические нарушения
Поисково-спасательные и восстановительные работы	Количество человеко-дней и рабочих часов транспортных средств и кранов.	Стоимость подготовительных работ, стоимость работы людей, механизмов и оборудования, топлива, материалов	Стресс работающих, психологическая подавленность, перенапряжение
Материальные и экономические потери	Количество поврежденных (по степени) и разрушенных единиц	Стоимость восстановления, ремонта и замены	Потеря культурных памятников
Экологические последствия	Шкала	Стоимость очистки и обезвреживания	Рост рисков, связанных со здоровьем
Эпидемии	Вид и степень	Стоимость медикаментов и расходы, связанные с предотвращением или ликвидацией	Психологическое воздействие на людей, паника, рост неконтролируемой миграции
Разрушение экономики страны	Количество утраченных работников и уменьшение объема производства	Основные средства и промышленная продукция.	Потеря потребителей, конкурентоспособности продукции, нарушение общественного единства и нравственности.



*Рис. 4.2(1) Отрезок скоростной магистрали в Лос-Анджелесе, разрушенный землетрясением 1994г. (фото IDNDR). Нанесен ущерб не только магистрали (прямые потери), но и не состоявшемуся движению транспорта и грузоперевозкам (косвенные потери).*

– нарушение соотношения экспорт/импорт в пользу последнего.

В ситуации, когда нанесен большой ущерб экономике страны, остается надеяться только на внешнюю финансовую и гуманитарную помощь. Гуманитарную помощь могут оказать ООН, Евросоюз, отдельные страны, неправительственные организации (Фонд спасения детей, Общество Красного Креста, Каритас и др.) Однако основным должно быть финансирование среднесрочных и долгосрочных проектов, направленных на снижение сейсмического риска, восстановление и развитие зоны бедствия. С этой целью правительство может взять кредит у Всемирного Банка, Международного валютного фонда, у американских, европейских и азиатских банков и других доноров.

### 4.3 Этапы развития катастрофы и устранения последствий.

Начиная с возникновения и развития и кончая устранением последствий, катастрофа делится на четыре этапа (таблица 4.3(1)):

Таблица 4.3(1). Этапы катастрофы (Обзор управления в чрезвычайных ситуациях, 1996; Чрезвычайные ситуации и развитие, 1996)

РАЗВИТИЕ КАТАСТРОФЫ		УСТРАНЕНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ КАТАСТРОФЫ	
I этап	II этап	III этап	IV этап
Краткосрочный прогноз, оповещение (дни, часы, секунды)	Чрезвычайная сейсмическая ситуация (месяцы, недели)	Восстановление (месяцы, недели)	Реконструкция (годы)

О прогнозе на *первом этапе* развития катастрофы уже говорилось в предыдущих главах пособия. Он особенно важен с точки зрения спасения человеческих жизней и остановки процессов, имеющих опасные последствия (химических, атомных, транспортных и др.)

*Второй этап*, который охватывает чрезвычайную ситуацию, начинается сразу, часто неожиданно. Основные задачи этого этапа:

- поиск и спасение людей, оставшихся под развалинами,
- оказание первой медицинской помощи пострадавшим,
- жизнеобеспечение населения разрушенных населенных пунктов,
- переселение людей из зон высокого риска в безопасные районы,
- предотвращение вторичных опасностей землетрясения, их локализация и ликвидация.

Во всех случаях основная задача второго этапа состоит в спасении человеческих жизней. Поэтому его называют еще этапом скорой помощи.

*Третий этап* - восстановление зоны бедствия, продолжение чрезвычайной ситуации. Он направлен на решение следующих задач (Восстановление и реконструкция, 1993):

- очистку завалов и вывоз мусора,
- очистку дорог, улиц, восстановление работы транспорта,
- восстановление линий и объектов жизнеобеспечения,
- оказание социально-психологической помощи населению,
- оказание гуманитарной помощи пострадавшим,
- предварительную оценку потерь.

Основная задача этого этапа - создание необходимых условий для возвращения пострадавшего населения к нормальной жизни.

*Четвертый этап* - этап реконструкции и продолжение этапа восстановления. Он организуется на государственном уровне, на основе социально-экономических программ. Определяя задачи этого этапа, необходимо учесть основные причины катастрофы и причиненный ущерб. Разрабатывая программы восстановления и реконструкции, следует иметь в виду:

- все слагаемые снижения сейсмического риска,
- необходимость переоценки сейсмической опасности территории,
- строительство новых сейсмостойких сооружений,
- включение населения зоны бедствия в выполнение программ,
- потребности и ресурсы, соблюдение их равновесия,
- первоочередное направление инвестиций в наиболее пострадавшие районы и незащищенным слоям населения,
- необходимость восстановления в первую очередь коммуникаций, средств транспорта, энергетики,
- снижение плотности населения и децентрализацию обслуживания,
- необходимость создания системы страхования.

Отметим, что большая часть проблем, возникающих после катастрофы, на самом деле существовала до нее, просто катастрофа их выявляет. Из происшедшего должны извлекаться уроки, и чем больше - тем лучше. Опыт показывает, что люди, а тем более власти, в скором времени забывают катастрофу. Кажется, что следующее землетрясение произойдет в отдаленном будущем и торопиться незачем.

Необходимо также учесть, что после катастрофы для общества и страны создаются особенные возможности для поднятия уровня защищенности от следующего землетрясения, защиты окружающей среды и обеспечения безопасности людей.

#### **4.4 Национальная система управления катастрофой**

Чтобы управление в создавшейся из-за землетрясения чрезвычайной ситуации было эффективным, необходимо иметь Национальную систему управления катастрофой (НСУК). Ее организация и структура определяются следующим:

- ущербом, причиненным землетрясением, разрушениями и размерами зоны бедствия;
- сейсмической уязвимостью государства;
- оснащенностью и подготовленностью сил быстрого реагирования;
- политикой страны, опирающейся на понимание сейсмической опасности и уровня риска;
- наличием необходимых в случае бедствия ресурсов.

Для стран с небольшой территорией сильное землетрясение может стать причиной национальной катастрофы. В этом случае управление катастрофой берет в свои руки правительство, а под началом НСУК создаются территориальные (областные), общинные (городские, сельские) органы управления катастрофой, в состав которых, кроме представителей местных властей, входят также представители ключевых ведомств (Чрезвычайных ситуаций, Сейсмической защиты, Внутренних дел, Иностранных дел, Министерства обороны и др.).

Структура НСУК и его звеньев, состав, задачи, как и ответственность, определяются законодательными, нормативными документами и постановлениями правительства. Ниже приводятся примерный состав и задачи республиканских и общинных штабов по управлению катастрофой.

##### ***Общинный (городской) оперативный штаб по управлению катастрофой***

Штаб формируется сразу после землетрясения по приказу премьер-министра или губернатора. В приказе приводится состав штаба (поименно) его местонахождение, основные права и обязанности. Оперативный штаб работает круглосуточно, проводит ежедневные заседания. Создаются необходимые условия для работы штаба, обеспечивается непрерывная связь между НСУК, муниципальными службами, правительством и др.

В состав штаба привлекаются 15-20 специалистов и представителей государственных служб, имеющих непосредственное отношение к спасательным работам и к ликвидации последствий землетрясения. Ниже дается список представителей государственных органов и специалистов, которые должны обязательно войти в состав штаба.

Общинный штаб в процессе своей деятельности должен заниматься определенными задачами. Необходимо учесть, что список задач составлен для варианта массовых разрушений и крайне плохих условий, так что во время любого другого землетрясения часть этих задач не возникает.

Для выполнения перечисленных задач целесообразно создание при городском штабе отдельных комиссий. Для каждой комиссии должны быть ясно и четко сформулированы основные задачи, права и обязанности, режим работы (в первый месяц после землетрясения - круглосуточный) (Назаретян и др., 1999).

*Примерный состав общинного штаба для условий Армении:*

председатель - руководитель общины, заместитель председателя - представитель правительства, зам. председателя - представитель министерства градостроительства; члены: представитель областного отдела строительства, заместитель руководителя общины по линии коммунального хозяйства. заведующие отделами управления общиной, начальник управления жилищного хозяйства, представитель комитета национальной безопасности; представитель военной части, начальник отдела внутренних дел, сотрудник отдела международных связей области, представитель управления чрезвычайных ситуаций, представитель управления здравоохранения области, представитель Красного Креста, начальник похоронной службы, сейсмолог службы сейсмической защиты, представитель церкви.

*Основные задачи общинного оперативного штаба управления катастрофой заключаются в следующем:*

1. Оценить ситуацию, масштабы последствий землетрясения и предпринять оперативные меры для организации спасательных работ:

- определить размеры разрушений, количество жертв и пострадавших;
- определить количество необходимой техники и механизмов для спасательных работ;
- включить военных и военную технику в выполнение спасательных работ;
- принять и распределить по разрушенным участкам и объектам прибывших на помощь извне спасателей.

2. Организовать оказание неотложной медицинской помощи пострадавшим:

- определить количество необходимых специалистов и техники (специализированных машин), медикаментов и материалов;
- определить количество необходимой донорской крови или соответствующих заменителей;
- организовать медицинскую помощь;
- определить возможность отправки тяжелобольных в другие города.

3. Закрыть населенные пункты для проезда транспортных средств, кроме машин особой важности.

4. Организовать переселение жителей зоны бедствия:

- в другие страны, семьями (железной дорогой, автобусами, самолетами);
- в другие города и на курорты республики (местным транспортом).

5. Организовать регистрацию неизвестных погибших и их захоронение.

6. Установить законность и порядок в населенных пунктах, бороться с воровством.
7. Предпринять срочные действия для предотвращения вторичных последствий землетрясения и их локализации.
8. Получить, разместить и распределить временные жилища (домики, палатки)
9. Обеспечить население необходимыми ресурсами, в том числе сухим и жидким топливом, теплой одеждой, постельными принадлежностями, питанием, водой и т.д.
10. Организовать службу ответов на письма о судьбах родственников и знакомых.
11. Составить списки без вести пропавших, раненых и погибших.
12. Выдавать гражданам, утеревшим документы из-за землетрясения, временные справки, удостоверяющие личность.

#### *Задачи постоянных комиссий по ликвидации последствий землетрясения при общинном штабе*

1. *Задачи комиссии по организации спасательных работ:*
  - прием и распределение по объектам прибывших извне спасателей;
  - определение необходимого количества спасательной техники и ее распределение по конкретным объектам;
  - создание необходимых условий для жизни и работы спасателей;
  - централизация имеющейся в городе необходимой техники для выполнения спасательных работ.

Комиссия создается на базе штаба чрезвычайных ситуаций.

2. *Задачи комиссии скорой медицинской помощи:*
  - составить программы действий больниц, специализированных клиник, реабилитационных центров и других медицинских учреждений;
  - определить потребности в медперсонале, медикаментах и материалах, необходимом транспорте;
  - организовать медицинскую помощь;
  - принять и распределить по объектам прибывших извне специалистов.

Комиссия создается на базе медицинской службы общины.

3. *Задачи информационного центра:*
  - собрать и обработать данные о последствиях землетрясения;
  - создать банк данных по погибшим, раненым, переселенным, пропавшим без вести и оказывать населению помощь в поиске родных и близких, в том числе и отвечать на письма такого рода.

Центр создается на базе общинного вычислительного центра.

4. *Задачи комиссии по похоронам погибших:*
  - организовать сбор и регистрацию тел погибших, удостоверить их личность и причины смерти;
  - оказать помощь населению в деле похорон погибших;
  - организовать похороны безвестных погибших;
  - выдавать справки о смерти.

Комиссия создается на базе службы похоронного бюро.

5. *Задачи комиссии по переселению:*

- организовать переселение оставшихся без крова;
- организовать учет переселенных.

Комиссия создается на базе транспортного отдела общины.

6. *Задачи комиссии по приему, распределению и постановке на временное проживание:*

– определить необходимое количество временного жилья (домики, палатки и др.) для размещения оставшегося без крова населения и специалистов, прибывших на помощь извне;

- определить и подготовить участки для размещения временного жилья;
- распределить полученное временное жилье.

Комиссия создается на базе жилищно-хозяйственного управления общины.

7. *Задачи комиссии по оценке последствий и общей ситуации в зоне бедствия:*

– оценить последствия землетрясения;

– оценить оперативную обстановку, динамику ее развития и предусмотреть возможные развития ситуации;

- следить за текущей сейсмической обстановкой.

Комиссия создается на базе подразделения службы сейсмической защиты.

8. *Задачи общинной комиссии по утверждению правопорядка:*

– запретить въезд транспортных средств в город, кроме специальных и служебных спасательных машин, регулировать движение автотранспорта внутри города;

– утвердить правопорядок в городе, охранять особо важные объекты, бороться против мародерства и хищений и т.д.;

- выдавать временные удостоверения личности.

Комиссия создается на базе на базе отдела внутренних дел.

9. *Задачи комиссии по жизнеобеспечению:*

– обеспечить население продуктами питания, водой и другими необходимыми средствами жизнеобеспечения;

– обеспечить прибывшие на помощь извне службы, спасателей и население твердым и жидким топливом, смазочными материалами, одеждой, постельными принадлежностями и прочими необходимыми вещами;

- обеспечить службы, объекты жизнеобеспечения электроэнергией.

Комиссия создается на базе отделов социальных служб и трудового обеспечения.

**Республиканский оперативный штаб управления для условий Армении**

Обычно разрушительные землетрясения охватывают территории нескольких административных единиц (областей, районов, города и др.) Поэтому необходимо создать Республиканский штаб по ликвидации последствий землетрясения.

Основная задача Республиканского штаба состоит в координации работ отдельных штабов (общинных, областных) по спасению человеческих жизней и ликвидации последствий землетрясения.

Республиканский штаб формируется по приказу президента или премьер-министра страны. В приказе отмечается состав штаба, месторасположение, основные права и обязанности. Штаб работает круглосуточно, при необходимости организует совещания, не реже, чем раз в неделю. Штабом руководит премьер-министр или его заместитель, в состав штаба входят министры, губернаторы, представитель Народного собрания (парламента) и др. Ниже предлагается список официальных лиц, которые должны быть включены в состав Республиканского штаба. Необходимо учесть, что приведенный ряд задач возникает только во время массовых разрушений и, при чрезвычайно плохих условиях, а не в случае любого землетрясения.

*Примерный состав республиканского штаба:*

председатель - Премьер-министр Республики или его заместитель, заместитель председателя - зам. председателя Народного собрания; члены: министр иностранных дел, обороны, внутренних дел, председатель комитета национальной безопасности, министр градостроения, здравоохранения, начальник национальной службы сейсмической защиты, начальник управления чрезвычайных ситуаций, губернаторы зоны бедствия, руководитель коммунального хозяйства, министр связи, энергетики, транспорта.

*Основные задачи республиканского штаба заключаются в следующем:*

1. Определение границ зоны бедствия, выделение населенных пунктов в порядке очередности оказания помощи.
2. Оценка объемов разрушений, количества жертв и пострадавших, оценка других последствий землетрясения внутри страны.
3. Организация спасательных работ на государственном уровне.
4. Организация работ по оказанию скорой медицинской помощи пострадавшим.
5. Координация работ территориальных, общинных штабов по ликвидации последствий землетрясения, оказание помощи властям зоны бедствия и планирование действий после землетрясения.
6. Определение необходимого числа специалистов (спасателей, врачей и др.), количества техники ( в первую очередь - спасательной, медицинской), лекарственных и других материалов и обращение к международным организациям и странам за помощью.
7. Распределение специалистов, в том числе и прибывших извне, техники и материалов в зоне бедствия.
8. Организация переселения людей из зоны бедствия в другие районы и при возможности - в другие государства.
9. Принятие мер по упрощению оформления въездных документов прибывших на помощь из-за границы специалистов и приему материально-технической помощи.

10. Оказание помощи жителям зоны бедствия за счет государственных ресурсов и резервов (в том числе питанием, водой, временным жильем), поднятие их жизнеспособности и сохранение важнейших ресурсов (ценного оборудования и материалов).

11. Разработка и организация неотложных мероприятий для предотвращения и локализации вторичных последствий землетрясения.

12. Обеспечение населения и организаций информацией о землетрясении и текущей обстановке.

## 4.5 Организация управления катастрофой

Управление катастрофой включает в себя все аспекты планирования и оказания скорой помощи с начала чрезвычайной ситуации и в последующие ее этапы. Оно предполагает как контроль над рисками, так и управление ситуацией (Вейс и др., 1993; Восстановление и реконструкция, 1993; Михно, 1979; Обзор управления в чрезвычайных ситуациях, 1996; Шахраманян, 2000).

Действия по управлению ситуацией должны быть оперативными, следовательно - заранее спланированными. Детальным анализом ситуации необходимо внести уточнения в объем, а в некоторых случаях и в сроки реализации действий. После землетрясения необходимо решение следующих основных вопросов:

- выполнение поисковых и спасательных работ;
- организация помощи пострадавшим;
- жизнеобеспечение населения зоны бедствия;
- переселение из зоны бедствия, в случае необходимости;
- восстановление зоны бедствия;
- организация возвращения переселенцев.

Решение этих задач требует специальных подходов в организации работ.

В случае сейсмической катастрофы в организации помощи потерпевшим участвуют многочисленные «действующие лица». В том числе: правительство страны, министерства, региональные органы власти и местные органы самоуправления; силы быстрого реагирования; спасатели, врачи, специалисты, прибывшие на помощь из других стран и от международных организаций; люди из зоны разрушений и других мест; агентства ООН, представители национальных и международных организаций; международные и местные общественные организации; международные и местные средства массовой информации; армия.

В создавшейся ситуации основная задача управления состоит в объединении всех этих сил для оказания помощи пострадавшим, организации их жизнеобеспечения и ликвидации последствий землетрясения. На всех этапах управление предполагает: оценку ситуации и прогноз ее развития; выбор первоочередных задач и принятие решений; планирование действий и их реализацию.

Оценка текущей ситуации - процесс постоянный. Для всех этапов управления собираются данные, на основании которых дается динамическая характеристика ситуации. Для всех этапов необходимы следующие данные: людские потери и состояние населения; ресурсы продовольствия, предметов первой необходимости, питьевой воды; состояние системы жизнеобеспечения и ее восстановления; эпидемиологическая обстановка; причиненный ущерб зданиям;

состояние ответственных и опасных объектов; общественный порядок и правонарушения; деятельность СМИ и информированность населения; вторичные опасности при землетрясении (пожары, наводнения, оползни и др.)

Республиканский орган управления катастрофой, используя общую информацию по всей зоне, организует деятельность штабов регионального и общинного уровня. Производится также анализ состояния страны, включающий: оценку материального ущерба и его воздействие на процесс дальнейшего развития страны; воздействие последствий землетрясения на текущие программы развития; оценку возможностей страны для оказания помощи зоне бедствия; оценку гуманитарной помощи, необходимой для спасения человеческих жизней и жизнеобеспечения.

Следует учесть, что на ранней стадии катастрофы ситуация меняется стремительно, кроме того, собиратели информации могут оказаться в стрессовом состоянии. И потому на этой стадии очень важны получение, фильтрация и сортировка информации. Только на основании достоверных данных возможно правильно и эффективно организовать помощь и целенаправленные действия властей и всего общества.

Сразу после землетрясения, когда нет достоверных и детальных данных о стремительно меняющейся ситуации и нет широкомасштабного содействия извне, выбор определенной очередности действий и мероприятий должен быть спланирован заранее, исходя из опыта и теоретического прогноза возможных последствий бедствия. Организацию поисково-спасательных работ и скорой медицинской помощи необходимо осуществлять, опираясь в основном на местные ресурсы. В дальнейшем, на основании анализа ситуации, первоочередным становится выяснение детальной картины последствий и оценка динамики развития бедствия. Особую важность приобретает оценка состояния системы жизнеобеспечения (водоснабжение, питание, медикаменты, одежда, топливо и т.д.).

Часто действия на первом этапе бедствия планируются заранее, и только информация может существенно повлиять на них. Особую важность приобретают сведения об опасных вторичных факторах, к которым относятся пожары, оползни, наводнения, химическое загрязнение и т.д. Следующий важный шаг состоит в прогнозе развития ситуации, без которого планирование действий становится невозможным. Для принятия решений необходима также оценка состояния необходимых ресурсов (человеческих и материальных), учет степени их возможного использования.

Планирование и реализация действий выполняются по заранее разработанной схеме, в которой учтены проблемы, свойственные разным этапам развития катастрофы. Мероприятия и ресурсы должны планироваться для каждого дня, вначале для оказания скорой помощи пострадавшим, а позже - для восстановления. В зависимости от изменения ситуации и состояния ресурсов нужно пересматривать планы действий и первоочередность задач. Так, если сразу после землетрясения в течение первых 1-2 недель первоочередными являются спасательные действия, то позднее они практически снимаются с повестки дня и первоочередным становится жизнеобеспечение населения зоны бедствия. Оценка ситуации содержит в себе информацию о ходе выполнения планов.

Исходя из этого, необходимо выполнить анализ и выделить те сферы, которые требуют дополнительного вмешательства. Среди главных задач второго этапа развития катастрофы переселение населения из опасных зон и его жизнеобеспечение. Это масштабные задачи, которые требуют мобилизации как местных ресурсов, так и внешней гуманитарной помощи. Власти и общественные организации должны четко разработать и осуществить распределение гуманитарной помощи так, чтобы она дошла до пострадавших. В случае массовых разрушений серьезные трудности с доставкой и складированием помощи могут возникнуть из-за разрушенных дорог.

## 4.6 Спасательные работы

В застроенных не сейсмостойкими зданиями населенных пунктах сильное землетрясение вызывает широкомасштабные разрушения, в том числе: обрушения жилых, общественных, производственных строений, под завалами которых могут остаться сотни и тысячи людей. Понятно, что если оставшийся под завалами способен двигаться, то он должен пробовать выбраться самостоятельно, если же это невозможно, то он должен помочь спасателям в обнаружении своего местонахождения. Нужно быть уверенным, что спасатели обязательно будут, необходимо просто чем-то, голосом или звуками ударов по предметам, дать знать о своем местонахождении, а если есть такая возможность, то и о состоянии здоровья, путях спасения и т.д. Мы уже говорили в главе 3 о том, что связь между пострадавшим и спасателем играет существенную роль в быстром и эффективном выполнении спасательных работ.

При выборе тактики спасательных работ необходимо выяснить основные показатели завала: дальность разлета обломков, высоту, объемно-массовые характеристики, структуру, состав строительных элементов и арматуры и других (рис. 4.6(1)). Обычно завалы зданий сравнивают с сеченной пирамидой, характеризующейся размерами основания и высоты. Длина (А) и ширина (Б) нижней части завала приблизительно определяются по формулам:

$$A=2L+A_{зд}, \quad B=2L+B_{зд}, \quad (4.1)$$

а длина (а) и ширина (б) в верхней части:

$$a=A_{зд}-2L; \quad б=B_{зд}-2L, \quad (4.2)$$

где  $A_{зд}$  и  $B_{зд}$  размеры основания здания, а  $L$  длина разлета обломков. При высоте  $H$  здания:

$$L=H/3 \quad (4.3)$$

Для оперативных прогнозов высота завала (4) многоэтажных зданий при землетрясении определяется по формуле:

$$h = \frac{40H}{100 + 0,5H}, \quad (4.4)$$

что приблизительно составляет одну треть часть высоты здания.

Поражение людей, находящихся при землетрясении в зданиях, определяется на основе степени повреждения и разрушения зданий. Вероятные показатели структуры потерь в зависимости от степени разрушений приведены в таблице 4.6(1).

Спасательные работы начинаются с разведки разрушившегося объекта и поиска пострадавших. Как уже говорилось ранее (глава 3), в кроме собственно развалин, живые люди могут быть в убежищах, подвалах, в поврежденных, но не в обрушившихся частях здания.



*Рис. 4.6(1) Обрушение 5-этажных крупнопанельных домов в г. Нефтегорске (Сахалин, Россия), вследствие IX-балльного (по шкале MSK-64) землетрясения 1995г. (Землетрясение неизбежно..., 1997). Хорошо видна характерная форма завалов протяженных зданий.*

*Таблица 4.6(1) Поражение людей при разрушении зданий (Шахраманьян и др; 2000)*

Структура потерь	Вероятность поражения людей, %, при степени разрушения зданий				
	повреждения			разрушения	обвалы
	легкие	умеренные	тяжелые		
Общие	0	0,01	0,11	0,6	0,97
Безвозвратные	0	0	0,02	0,23	0,6
Санитарные	0	0,01	0,09	0,37	0,37

После обнаружения местонахождения пострадавших начинается расчистка завалов. Она осуществляется или сверху или с боков разрушенного здания. Работы начинаются сверху, если: нет другого выхода; есть уверенность, что не будет дополнительных разрушений; есть спасательная техника.

Легче и результативнее начать работы с краев завалов. В этом случае меньше вероятности травмировать пострадавшего. Расчистку дороги к потерпевшему нужно выполнить возможно скорее. Когда возникают препятствия или трудности, нужно попытаться найти другие пути или обойти препятствия. Надо всячески использовать имеющиеся пустоты. Часты случаи, когда пострадавший близко, но есть труднопреодолимые препятствия на пути к нему. В этом случае необходимо пробить отверстие, чтобы человек получил кислород, воду и питание, пока с помощью техники не удастся его спасти.

В течение всего времени спасательной операции нужно соблюдать крайнюю осторожность, дабы предотвратить возникновение пожара. Завалы очень благоприятны с точки зрения возникновения возгораний, а потушить уже начавшийся пожар трудно, а иногда и невозможно.

Сразу по извлечении пострадавшего из-под завала необходимо обратиться к врачу. Если даже он не травмирован, все равно, врач должен его осмотреть, потому что возможны невидимые травмы, а психическое состояние нуждается в стабилизации.

Когда ситуация уже достаточно известна, необходимо составить подробную программу реализации спасательных работ, определить необходимое количество спасателей и техники, работы производить круглосуточно. На этом этапе приходят на помощь профессионалы, чьи советы помогут эффективной организации работ. В зависимости от температурных условий длительность спасательных работ может составить до двух недель. После этого, если у погребенных под завалами не было воды, еды, теплой одежды и т.д., извлечь живых людей из-под обломков зданий почти невероятно.

В заключение отметим большую роль населения и местных властей в деле организации и выполнения спасательных работ в первые часы и дни после землетрясения. В случае массовых разрушений, если даже удастся собрать многочисленных спасателей со всего мира, все равно, без усилий местного населения и органов местного самоуправления невозможно достичь хороших результатов как из-за времени, так и огромного объема работ.

Большой интерес представляют данные о динамике средних показателей спасательных работ после Спитакского землетрясения в 1988г. (таблица 4.6(2)).

Необходимо отметить, что в состав сил спасения вошли: спасатели, армия, министерства внутренних дел и госбезопасности, население и др. В первый день после землетрясения были спасены 7000 человек, в основном неподготовленным населением. На следующий день это число снизилось до 3000 человек, т.к. без спасательной техники и опытных специалистов трудно было освободить людей из-под крупных обломков завалов. Когда на третий и четвертый день последовало значительное прибавление спасателей и специальной техники (рис. 4.6(2)), число спасенных вновь резко возросло. В дальнейшем даже для профессионалов стало очень трудно спасать людей, кроме того резко упала способность людей к выживанию. На третий день после землетрясения наращивание силы и техники

Таблица 4.6(2). Данные о наращивании сил спасения и результаты спасательных работ после Спитякского землетрясения 1988г. (составлена по данным В.Э.Степаняна и других источников)

Дата	Силы и техника спасения		Количество людей, извлеченных из-под завалов		Примечание
	колич. сил.спасн (чел)	техника, (единиц)	живые	мертвые	
7.12.88	11000	1200	7000	2900	Основную тяжесть работ взяло на себя неподготовленное население. Низкий уровень спасательных работ связан со слабой организацией, низкой подготовленностью населения и нехваткой сил спасения.
8.12.88	33000	2100	3000	7000	Силы спасения были распределены по зоне разрушения неравномерно, низкий уровень организации работ, низкая оснащенность техникой.
9.12.88	35000	3000	4800	3400	Был установлен порядок движения транспорта. Началось управление спасательными работами. Помощь обученных спасателей.
10.12.88	37000	3100	5700	750	Управление работами и контролирование ситуации, достаточные материально-технические ресурсы.
11.12.88	38000	3150	1800	2600	Оперативные меры, опыт и организация работ.
с 12 до 21 декабря 1988г.	-----	-----	1000	8350	Резкое падение способности к выживанию в людях, оставшихся под завалами.
Всего	-----	-----	23300	25000	

спасения почти достигло необходимого уровня. Прибавление этих сил шло за счет профессиональных спасателей и тяжелой спасательной техники. Ведущая роль населения резко сократилась, оно в основном помогало спасателям.

Эти особенности динамики наращивания сил спасения и результатов спасательных работ характерны для многих других разрушительных землетрясений в развивающихся странах.

Основное результативное время спасательных работ обычно ограничивается 3-5 сутками, после чего, даже при благоприятных условиях, количество оставшихся в завалах живых людей очень невелико. Длительность выживаемости людей и, следовательно, основного периода спасательных работ зависит от многих факторов. Но два из них являются определяющими: температура воздуха и конструкция разрушенного здания. При жаркой погоде (при температуре 25°C и выше) происходит обезвоживание организма пострадавших и резко снижается вероятность их выживаемости, а при температуре ниже 15°C организм человека начинает «переохлаждаться». Поэтому в обоих случаях человек может оставаться в живых всего несколько (3-5) суток.

От конструкции разрушенного здания зависит характер полученных человеком травм и вероятность удушья от пыли. Когда разрушаются каркасные, каркасно-панельные и панельные здания, т.е. здания с крупными железобетонными конструкциями, образуются полости, где могут оказаться живые люди. Кроме того, при разрушении зданий этих типов, количество возникшей пыли относительно



*Рис. 4.6(2) Первые спасатели (фото М. Шахбазяна, М. Хачатряна, В. Кочара, АкБер, А. Карапетяна из книги: Землетрясение, 1989)*

мало. Совсем другая картина наблюдается при разрушении домов из местных материалов (кирпич, глина, саман) с деревянными перекрытиями и с земляным засыпом. В этом случае размеры обломков невелики и образуется большое количество пыли, что играет определяющую роль в судьбе многих людей оказавшихся под завалами.

При крупномасштабной катастрофе возникает необходимость помощи иностранных спасателей. Известны случаи, когда в зоне разрушительного землетрясения работали до нескольких тысяч спасателей из десятков стран мира. Однако, пока конкретно определяются масштабы разрушений, пока правительство пострадавшего государства обращается за помощью к мировому сообществу, пока спасательные отряды и соответствующие службы прибывают в зону бедствия, проходит драгоценное время, в среднем 2-3 дня. Кроме того, если помощь оказывается не соседним, а далеко расположенным государством, то практически невозможна оперативная переброска тяжелой спасательной техники (краны, бульдозеры и т.п.) в зону землетрясения. Обычно эту технику спасателям предоставляет само пострадавшее государство или соседние государства.

Иностранные (международные) спасательные отряды имеют хорошую профессиональную подготовку, оснащены специальным оборудованием и часто имеют в своем распоряжении поисковых собак, что позволяет им решить следующие важные задачи: а) выявление пострадавших, оказавшихся под завалами; б) ведение спасательных работ в наиболее опасных и труднодоступных местах; в) оказание методической помощи для организации работ по спасению пострадавших, оказавшихся под завалами; г) организация и/или консультация

спасательных работ.

Исходя из вышеизложенного, очень важно рационально и эффективно использовать иностранные и международные силы спасения, пришедшие на помощь. Эту задачу на себя должны брать местные власти и оперативные штабы разного уровня (республиканского, областного, общинного) по ликвидации последствий землетрясения.

Обычно иностранные спасатели по прибытии в пострадавшие государства представляются руководству республиканских штабов по ликвидации последствий землетрясений. Руководство штабов, исходя из ситуации, направляет их в пострадавшие районы. При этом местные власти должны предпринять следующие действия:

1. Выделить место для их дислокации и жизнеобеспечения. Обычно, такие группы при себе имеют все необходимое для автономной работы (питание, вода, источники электроэнергии, предметы для оказания первой медицинской помощи и т.п.). Поэтому важно выбрать места их дислокации так, чтобы они были близко расположены к объектам спасательных операций.

2. Ознакомить спасателей со сложившейся ситуацией, обеспечить их всей имеющейся и поступающей информацией о количестве и конструктивных особенностях разрушенных зданий, вероятности возникновения вторичных опасностей (пожары, отравления, наводнения, оползни и т.п.), а также об особенностях местных обычаев (религиозных и национальных), что имеет важное значение при проведении спасательных работ. Для работы спасателей из христианских стран необходим учет традиций и обычаев мусульманских государств, и наоборот.

3. Прикрепить работников или сотрудников местных органов власти к группам иностранных спасателей для облегчения и повышения эффективности их действий, знакомить спасателей с динамикой изменения ситуации, помогать в преодолении местных, языковых, национальных и других барьеров при общении с населением. Местные специалисты и руководители иностранных спасательных служб должны постоянно держать связь со штабами управления катастроф или с местными властями.

4. Организовать график работы иностранных спасателей с учетом их предложений, возможностей и др.

5. Создать условия для эффективной работы иностранных спасательных служб, обеспечить освещение мест их действий, предоставить тяжелую спасательную технику и др.

6. Рационально использовать их возможности и потенциал, к примеру, по поиску живых людей, оставшихся под завалами, с помощью поисковых собак и специальных приборов.

7. Оказать помощь иностранным специалистам по всем вопросам, возникающим в процессе их действий, начиная с установления связи или контактов с их страной, организацией, родственниками и близкими, кончая их личными нуждами.

Международный опыт показывает, что в случае установления тесного взаимодействия между прибывшими и местными специалистами эффективность

## 4.7 Доврачебная помощь

Разрушительное землетрясение, особенно в развивающихся странах, приводит к огромному количеству погибших, раненых и росту распространения болезней. Основные причины смертей и ранений - это обрушения зданий и сооружений, удушье от пыли, дыма, газа, пожары, отравления и т.д. В дальнейшем рост болезней обусловлен рядом факторов: стрессами, плохими условиями жизни, недоеданием или сменой пищи, недостатком воды, низким уровнем санитарной гигиены, плохими жилищными условиями, отсутствием безопасности и т.д.

Посему комиссии по ликвидации последствий землетрясения, органы государственной власти и местного самоуправления, система здравоохранения должны разделить свою работу на два этапа:

- а) оказание пострадавшим срочной доврачебной и неотложной медицинской помощи,
- б) решение задач здравоохранения населения зоны бедствия путем обеспечения бытовых условий и улучшения медицинского обслуживания.

Срочная доврачебная и неотложная медицинская помощь пострадавшим вместе со спасательными работами являются важнейшими шагами преодоления последствий катастрофы и без активного участия населения результативными быть не могут. При разрушительном землетрясении число нуждающихся в медицинской помощи настолько велико, что местные специалисты заведомо не в состоянии им помочь. Правда, обычно на помощь пострадавшим первым долгом приходят спасатели и врачи, но до того, как они приедут на место, ознакомятся с ситуацией и начнут действовать, проходит достаточно времени, ущерб и потери в течение которого могут быть необратимы.

Кроме того, опыт показывает, что при землетрясении страдают также объекты здравоохранения, значительная часть медицинского персонала выходит из строя, что еще более усугубляет положение. Так, во время Спитакского землетрясения 1988 г. из 36 медицинских объектов г.Ленинакана 24 разрушились или повредились настолько, что организовать в них медицинскую помощь было невозможно. Из-за смертей, ранений и по иным причинам около половины медработников вышло из строя.

Если учесть, что из-за землетрясения могут быть потери техники и медикаментов, ухудшается или полностью нарушается работа транспорта, населенные пункты лишаются телефонной связи, то станет ясна важность роли населения в оказании срочной доврачебной помощи. Но для оказания помощи население должно иметь элементарные знания, уметь останавливать кровотечение, перевязывать, подручными способами фиксировать конечности при переломах, делать искусственное дыхание, очищать верхние дыхательные пути, делать массаж сердца, обрабатывать раны и т.д. (таблица 4.7(1)).

Также важно, чтобы люди знали, где будут находиться полевые госпитали в случае

выхода из строя медицинских объектов. Как правило, полевые госпитали разворачивают в местах, свободных от зданий, ближе к разрушенным кварталам. Такими местами могут быть площади, парки, стадионы, площадки для игр, скверы и т.д.

Органы местного самоуправления и государственного управления с самого начала бедствия должны взять контроль над ситуацией в свои руки, продуктивно используя наличный потенциал (специалисты, добровольцы) и ресурсы (технику, медикаменты, медицинские инструменты и т.д.). Ситуация после землетрясения отличается рядом особенностей, учет которых будет способствовать правильной организации работ: времени на реагирование очень мало; жизнь пострадавших в опасности; фактор риска велик, а последствия ошибок или промедления могут быть трагическими; существует значительная неопределенность; решающее значение имеют наличные силы и ресурсы; не существует единственно верного решения задачи.

Организация доврачебной и медицинской помощи имеет несколько важных аспектов, к которым относятся:

1. *Управление*, при котором, несмотря на высокий риск и многочисленные неопределенности, разрабатываются четкие стратегические направления деятельности,

2. *Планирование*, при котором оценивается ситуация, определяются первоочередные задачи, дальние цели и пути их достижения,

3. *Организация и систематизация*, при которых создается система и механизм решения конкретных задач, а также систематизируются действия медицинских организаций, групп и специалистов,

4. *Контроль*, при котором рассматривается и оценивается выполнение данных заданий, в случае необходимости вносятся изменения.

В таблице 4.7(2) приведено количество необходимых медикаментов и медицинского оборудования из расчета на 5000 госпитализированных пострадавших из зоны бедствия. Она составлена, исходя из опыта, приобретенного во время Спитакского землетрясения 1988г. Учтено, что во время обрушения зданий наиболее характерны повреждения конечностей, которые могут стать причиной кровотечений, переломов, расстройств нервной системы и т.д.

Местные власти, совместно с медицинскими службами, должны решить несколько неотложных задач:

а) восстановить деятельность малоповрежденных медицинских учреждений, создать условия для оказания помощи пострадавшим или развернуть полевые госпитали;

б) определить количество необходимых медикаментов и оборудования, количество специалистов, и в случае недостатка пригласить их и привезти извне, обеспечив условия для их работы;

в) информировать население о местонахождении организованных медицинских служб (хирургического, ортопедического, ожоговых центров, родильных домов и др.);

г) организовать перемещение больных по направлению к медицинским центрам, исследовать возможности и организовать перемещение особо тяжелых больных в другие города и страны;

д) организовать жизнеобеспечение госпитализированных больных.

**Таблица 4.7(1).** Несколько практических советов по оказанию доврачебной помощи потерпевшим (Справочник по чрезвычайным ситуациям, 1999)

	Вид увечья	Описание помощи
1	Переломы конечностей	Готовыми шинами или бинтами поврежденная конечность фиксируется с применением досок, веток, толстого картона. В случае открытого перелома на рану накладывается антисептическая повязка. При венозном кровотечении накладывается жгут.
2	Кровотечение	В случае венозного кровотечения в области головы, шеи, конечностей прижимается вена выше раны. В случае кровотечения конечностей накладывается жгут, возможно ближе к ране, конечность поднимается для замедления тока крови.
3	Отравление газом, дымом	Пострадавший выносятся из отравленной среды на свежий воздух. При возможности дается кислород из подушек.
4	Раны	Останавливается кровотечение, очищается кожа вокруг раны, для предотвращения заражения раны различными микробами накладывается антисептическая повязка. Для очищения окружающей раны можно использовать спирт, эфир, бензин. Потом кожу и рану необходимо обработать 5-10% раствором йода или мыльной водой.
5	Остановка сердца	Уложить пострадавшего на ровную, жесткую поверхность, ладонями рук, налегая всем телом, нажимать на левую сторону грудной клетки 70-90 раз. Грудная клетка должна прогибаться на 3-6 см. Ноги пострадавшего необходимо приподнять, а руки слегка согнуть. Эффективно сопровождать закрытый массаж сердца нагнетанием воздуха в легкие пострадавшего. Для этого второй оказывающий помощь накладывает платок на рот пострадавшего, закрывает пальцами ему нос и дует в рот.
6	"Синдром сдавливания"	После освобождения конечностей пострадавшего от сдавливающих их вещей и предметов необходимо наложить жгут непосредственно выше места сдавливания и доставить к врачу.
7	Ожоги	В случае слабых ожогов поверхность ожога смазывается каким-либо маслом или посыпается порошком соды, тальком, крахмалом. В случае сильных ожогов рана очищается от остатков обгоревшей одежды или иных чужеродных остатков, поливается растительным маслом.
8	Остановка дыхания	Необходимо сделать искусственное дыхание. Для этого используется вдухание воздуха рот-в-рот или рот-в-нос. Частота должна быть 12-20 раз в минуту, при этом для детей оно должно быть более частым. Пострадавшего укладывают на землю, закрывают нос и делают вдухание через рот, пока не приподнимется грудная клетка, тогда открываются ноздри, чтобы вышел воздух. И так далее, пока пострадавший не начнет дышать. То же при вдухании воздуха через нос.

**Таблица 4.7(2).** Обеспеченность медикаментами и медицинским оборудованием (из расчета на 5000 госпитализированных пострадавших)

Кровь	5000 л
Системы питания	3750 штук
Шприцы одноразового использования	10000 штук
Иглы	20000 штук

Болеутоляющие препараты

Анальгин	1000 упаковок по 10 ампул
Промедол	1250 упаковок
Физиологический раствор	2500 бутылок
Раствор Рингера	1200 бутылок
Полиглюкин	2500 бутылок
Реополиглюкин	750 бутылок
Раствор глюкозы	1250 бутылок
Манитол	250 бутылок
Витамин С	250 бутылок
Витамины В1, В6	Упаковки по 125 штук
Лазикс	250 ампул
Перевязочные комплекты	15000 штук
Марля	2500 м
Гипс	250 кг
Шины	250 штук
Раствор йода	25 л
Перекись водорода	50 л
Носилки	250 штук

Для составления примерного представления о количестве пострадавших и видах травм ниже приводятся несколько важных данных на примере разрушенного на 40% г.Ленинакана. Общее число раненых составило 10% от общего населения города, из коих треть (особо тяжело раненные) была госпитализирована и вывезена из города. Наиболее характерными были ранения конечностей.

Решение задач здравоохранения населения пострадавшей зоны требует организации ряда важных, неотложных мероприятий. Эти мероприятия характерны не только для зоны землетрясения, но почти для всех чрезвычайных ситуаций (Справочник управления верховного комиссара ООН по делам беженцев, 1999). В сфере лечения наибольший объем медицинской помощи приходится на ранний период чрезвычайной ситуации, когда резко меняется нормальная жизнь населенного пункта: нарушается жизнеобеспечение, люди лишаются квартир, становится уязвимой безопасность, не хватает пищи, воды, ухудшаются санитарные и морально-психологические условия и др. Организуя работы в этой сфере, следует отдать предпочтение тем программам, которые снижают отрицательное воздействие этих факторов. Болезни желудочно-кишечного тракта, острые инфекции дыхательных путей могут послужить даже причиной смерти. В таблице 4.7(3) приведены наиболее распространенные болезни, факторы, способствующие их возникновению, и профилактические средства борьбы.

Большое место нужно уделить прививкам, но они должны применяться тогда, когда чрезвычайная ситуация вошла в стабильную фазу. Следует развернуть особую борьбу против распространения заразных болезней, поскольку после землетрясения создаются благоприятные условия для их распространения. Разносчиками заразы могут быть различные насекомые и грызуны (таблица 4.7(4)).

Основные данные по чрезвычайным ситуациям приведены в таблице 4.7(5).

**Таблица 4.7(3). Распространенные болезни (Справочник по чрезвычайным ситуациям, 1999)**

Болезнь	Основные благоприятствующие факторы	Меры профилактики
1	2	3
Желудочно-кишечные заболевания	Скученность, загрязнение воды и продуктов питания. Недостаточный уровень гигиены.	-достаточная жилая площадь -санитарное просвещение -распределение мыла -удовлетворительный уровень личной и пищевой гигиены -безопасное водоснабжение и санитария
Корь	Скученность. Низкий уровень охвата вакцинацией.	-минимальные нормы жилой площади в лагере -иммунизация детей с одновременной раздачей витамина А. Рекомендуется иммунизация детей от 6 месяцев до 15 лет (а не как обычно до 5 лет) ввиду повышенного риска в связи с бытовыми условиями.
Острые респираторные инфекции	Низкое качество жилья. Нехватка одеял и одежды. Задымленность среды обитания.	-минимальные нормы жилой площади -жилище надлежащего качества, соответствующая одежда, достаточное количество одеял
Малярия	Новая окружающая среда со штаммом, к которому у людей нет иммунитета. Стоячая вода, которая стала местом вылота комаров.	-обработка химикатами мест вылота комаров, а также их личинок. Однако успешная борьба с переносчиками малярии зависит от особенностей поведения комаров, в связи с чем следует проконсультироваться с местными специалистами -обеспечение противомоскитными сетками -профилактика лекарственными средствами в соответствии с национальными стандартами
Менингококковый менингит	Скученность в районах, где эта болезнь эндемична (зачастую имеет местную сезонную динамику).	-минимальные нормы жилой площади -иммунизация только по рекомендации специалистов и на основании данных соответствующего обследования.
Туберкулез	Скученность. Недостаточность питания.	-минимальные нормы жилой площади (но в тех местах, где туберкулез эндемичен, проблема сохранится) -иммунизация
Брюшной тиф, дизентерия	Скученность. Несоблюдение норм личной гигиены. Зараженные источники воды. Плохие санитарно-гигиенические условия.	-минимальные нормы жилой площади -безопасная вода, надлежащие санитарно-гигиенические условия -удовлетворительный уровень личной, пищевой и санитарной гигиены и санитарного просвещения. Не рекомендуется вакцинация, поскольку она обеспечивает незначительную защиту на индивидуальном уровне на короткий период и слабую защиту от распространения болезни или вообще не дает такой защиты.

1	2	3
Глисты, особенно нематоды	Скученность Плохие санитарно-гигиенические условия.	-минимальные нормы жилплощади -надлежащие санитарно-гигиенические условия -обеспеченность обувью -надлежащая личная гигиена
Чесотка (кожное заболевание)	Скученность Несоблюдение норм личной гигиены	-минимальные нормы жилплощади -достаточное количество мыла и воды для умывания
Ксерофтальмия, дефицит витамина А	Недостаточное питание. После продолжительных острых инфекций, кори и диареи.	-достаточное потребление витамина А с пищей. Если нет в наличии, обеспечить пищу, обогащенную витамином А. Если это невозможно - добавки, содержащие витамин А. -иммунизация против кори. --- -систематическая профилактика детей каждые 4-6 месяцев.
Анемия (малокровие)	Малярия, нематоды, плохая абсорбция или недостаточное потребление железа и фолиевой кислоты.	-предупреждение/лечение заболевания, которое приводит к анемии -корректировка рациона, включая обогащение пищи
Столбняк	Телесные повреждения Неудовлетворительный уровень акушерской помощи, приводящий к неонатальному столбняку.	-удовлетворительный уровень первой помощи -иммунизация беременных женщин и последующая общая иммунизация -подготовка акушерок и стерильные перевязочные средства, ножницы, бритвы и т.п.
Гепатит	Низкий уровень гигиены. Зараженность продуктов питания и воды.	-снабжение безопасной водой -эффективная санитария -безопасное переливание крови
Болезни, передающиеся половым путем	Разрушение социальных структур. Неудовлетворительный уровень организации переливания крови. Отсутствие информации.	-проверка на сифилис во время беременности -проверка всей крови, предназначенной для переливания -соблюдение универсальных мер предосторожности -санитарное просвещение -наличие презервативов -лечение партнеров

Таблица 4.7(4). Переносчики заболеваний, могущих представлять серьезную угрозу для здоровья человека (Справочник по чрезвычайным ситуациям, 1999)

Переносчик	Угроза
Мухи	Глазные инфекции
Комары	Малярия, филяриатоз, денге, желтая лихорадка, энцефалит
Зудни	Чесотка, японская речная лихорадка
Вши	Эпидемический сыпной тиф, эпидемический возвратный тиф
Блохи	Чума (от инфицированных крыс), эпидемический сыпной тиф
Клещи	Эпидемический возвратный тиф, менингококковый менингит
Крысы	Хейверхиллская лихорадка, лептоспироз, сальмонеллез

**Таблица 4.7(5). Основные санитарные показатели чрезвычайной ситуации (Справочник по чрезвычайным ситуациям, 1999).**

Общий коэффициент смертности (ОКС)	<p>Нормальный уровень для оседлого населения.                  Чрезвычайная программа помощи - под контролем.                  Чрезвычайная программа помощи - серьезные проблемы.                  Чрезвычайная ситуация, вышедшая из-под контроля.                  Крупномасштабная катастрофа.</p>	<p>0,3-0,5 на 10 000 человек в день                  менее 1 на 10 000 в день</p> <p>более 1 на 10 000 в день</p> <p>более 2 на 10 000 в день</p> <p>более 5 на 10 000 в день</p>
Коэффициент смертности среди детей до 5 лет (КСД5)	<p>Нормальный уровень для оседлого населения.                  Чрезвычайная программа помощи - под контролем.                  Чрезвычайная программа помощи - серьезные проблемы.                  Чрезвычайная ситуация, вышедшая из-под контроля</p>	<p>1,0 на 10 000 в день</p> <p>менее 2,0 на 10 000 в день</p> <p>более 2,0 на 10 000 в день</p> <p>более 4,0 на 10 000 в день</p>
Чистая вода	<p>Минимальное количество для выживания.                  Минимальное количество для поддержания жизни.</p>	<p>7 л на человека в день</p> <p>15-20 л на человека в день</p>
Продовольствие	<p>Минимальная энергетическая потребность контингента, полностью зависящего от продовольственной помощи.</p>	<p>2100 ккал на человека в день</p>
Питание	<p>Чрезвычайный уровень</p>	<p>у более 15% населения в возрасте до 5 лет вес составляет менее 80 % нормы для данного роста, или у более 10% населения в возрасте до 5 лет вес составляет менее 80 % нормы для данного роста, плюс усугубляющие факторы, например, эпидемия кори. Общий коэффициент смертности более 1 на 10 000 в день.</p>
Корь	<p>Любые зарегистрированные случаи. 10% или более в возрастной группе от 6 месяцев до 5 лет не охвачены иммунизацией.</p>	
Респираторные инфекции	<p>Любое проявление эпидемиологической ситуации в виде наличия тяжелобольных.</p>	
Диарея	<p>Любое проявление эпидемиологической ситуации в виде наличия тяжелобольных.</p>	
Жилье надлежащего уровня	<p>Минимальным требованием является защита от ветра, осадков, заморозков и прямых солнечных лучей.                  Минимальная площадь жилого помещения 3,5 кв.м на человека.                  Минимальная общая площадь в лагере 30,0 кв.м на человека.</p>	
Санитария	<p>Отсутствие системы удаления экскрементов и отходов. Менее 1 уборной на 100 человек.</p>	

## 4.8 Организация действий специализированных служб

Внезапная сейсмическая катастрофа создает тяжелейшую ситуацию и для служб (ведомственных и городских), которые призваны своими четкими действиями спасти человеческие жизни (медпомощь), восстанавливать системы жизнеобеспечения (водопровод-канализация, энергоснабжение, электросвязь, службы теплоснабжения), устанавливать правопорядок (полиция, дорожная полиция, служба охраны), предотвращать возникновение вторичных опасностей (пожарная охрана и противозидемиологическая служба), хоронить умерших (служба захоронения). Мировой опыт показывает, что эффективность их действий, особенно в первые дни землетрясения, достаточно низка. Это имеет свои объективные и субъективные причины. После Спитакского землетрясения 1988 г. по опросам сотрудников служб города Гюмри выяснилось, что низкая эффективность их действий обусловлена рядом причин: 1) неготовность к бедствию, отсутствие заранее разработанных четких планов действий; 2) выход из строя сотрудников и части объектов; 3) занятость сотрудников служб проблемами собственной семьи, родных, близких (похороны умерших, лечение раненых, переселение членов семьи и т.д.); 4) закрытие улиц из-за обрушения домов, транспортные пробки; 5) нехватка средств жизнеобеспечения (вода, электричество, связь); 6) трудности сотрудничества с другими службами, отсутствие координаций действий между службами.

Самое серьезное обстоятельство, пожалуй, первое. Действительно, все службы на случай разрушительного землетрясения должны иметь планы быстрых и эффективных действий. Эти планы составляются с учетом всех проблем, связанных с катастрофой. Они также должны учитывать следующий ряд важных принципов (Назаретян, 1999):

1. Составление планов служб на основе прогнозной карты последствий разрушительного землетрясения, базирующейся на реальной оценке сейсмического риска города.

2. Достижение высокой эффективности при реализации плана сразу после землетрясения, особенно в первые 3-5 дней, когда больше вероятность спасения людей и предотвращения вторичных эффектов землетрясения.

3. Обеспечение взаимосогласованности действий муниципальных служб, т.е. составление комплексного плана для всех служб города.

4. Доступность и легкая реализуемость комплексного плана со стороны служб и специалистов, в т.ч. пришедших на помощь извне.

5. Составление плана с учетом максимально возможного ущерба и потерь (большие масштабы разрушений, наиболее неблагоприятный сезон года, час дня и т.п.), при землетрясениях заданной силы.

Кратко рассмотрим вышеизложенные основополагающие принципы с позиций их обоснованности.

1. Для составления плана действий службы необходимо отчетливо представить, каковы будут последствия землетрясения, масштаб разрушений и спасательных работ, возможные затруднения. Заранее разработанные в планах основные задачи, пути их решения и знание наиболее уязвимых районов населенного пункта во многом будут способствовать оперативности и эффективности действий служб. Существуют разработанные методы и технологии оценки возможных потерь при землетрясениях различной силы (см, главу 2). На карте прогнозных потерь отмечаются районы наибольших разрушений, примерное количество пострадавшего населения, пожаро- и взрывоопасные участки, участки возможного распространения ядовитых веществ, вероятные места (активные разломы) выхода из строя линий жизнеобеспечения (трубы, кабели), районы выхода и скопления на поверхности канализационных вод, другие источники опасности. Имея такую карту, каждая служба может определить свои первоочередные действия и районы их реализации. При всех обстоятельствах, как уже было отмечено, в случае массовых разрушений, муниципальные службы одними только собственными силами не могут решить все проблемы. Поэтому необходимо начать с первоочередных и одновременно набирать информацию о текущей ситуации по всем аспектам катастрофы сотрудничая с прибывшими на помощь силами.

2. Статистические данные показывают, что сразу после землетрясения важнейшими, с точки зрения спасения людей и сохранения материальных ценностей, являются первые 3-5 дней. В связи с этим, план должен быть оперативным, рассчитанным на действия сразу после землетрясения и достижение результатов в первые сутки.

3. Практика показывает, что основные задачи всех оперативных служб взаимосвязаны и, в большинстве случаев, без координации их действий выполнение этих задач малоэффективно. Кроме того, часты случаи, когда оперативные службы без взаимной поддержки не могут выполнить поставленную задачу. Поэтому важным этапом составления планов служб является планирование согласованных и совместных действий (табл. 4. 8(1)). Вторым важным элементом этой концепции является то, что планы всех служб должны быть в одном пакете, составлены с единым подходом и иметь одинаковую структуру. Наличие такого комплексного плана существенно облегчит управление работами по спасению людей и ликвидации последствий землетрясения.

4. Комплексный план готовится не только для служб данного населенного пункта, но также для служб и специалистов, пришедших на помощь из других городов потерпевшей бедствие страны и государств. Естественно, службы, пришедшие на помощь, не знакомы с особенностями города, обстановкой, возникшими проблемами, поэтому составленный комплексный план должен быть доступным и легко реализуемым для них.

5. В зависимости от сезона года, часа дня и погодных условий в момент землетрясения, задачи служб могут резко измениться. Например, летом более вероятно возникновение эпидемий, зимой намного повышается роль службы

теплоснабжения. ночью, в темноте, очень сложно вести спасательные работы и др. При составлении планов необходимо учесть эти условия. Однако, составить планы служб для разных сезонов года, часа дня, погодных условий и вытекающих из них последствий невозможно. Целесообразно иметь комплексный план оперативных и эффективных действий служб составленный с учетом максимальных потерь при землетрясении заданной силы, включая большие масштабы разрушения и наиболее неблагоприятные условия, тем самым обеспечить высокую готовность оперативных служб. При более умеренных условиях часть задач, включенных в план, механически отпадет, что облегчит их действия.

Отметим те первоочередные задачи муниципальных и других находящихся на территории населенного пункта служб, которые возникают вследствие землетрясения (кроме сферы жизнеобеспечения, к которой обратимся в следующем параграфе).

#### **Задачи полицейской службы:**

1. Оценка степени контролируемости состояния населения (паника, массовые нарушения правопорядка, мародерство и т.п.).
2. Введение усиленного круглосуточного дежурства в каждом отделении полиции, составление нового распорядка дежурств, соответственно чрезвычайной ситуации.
3. Организация круглосуточного усиленного патрулирования города.
4. Обеспечение условий строгого соблюдения порядка при случае введения комендантского часа.
5. Обеспечение соблюдения общего порядка и пресечение любых попыток правонарушений, мародерства, разгромов.
6. Установление непрерывной связи с центральным штабом по ликвидации последствий землетрясения, патрульно-постовыми службами (бригадами), всеми специализированными службами города.
7. Сопровождение колонн автомашин с эвакуированными, с ценными материалами и оборудованием.

#### **Задачи службы дорожной полиции:**

1. Обеспечение соответствующего (нового) расчета сил и средств и назначение лиц, ответственных за выполнение оперативных действий каждого подразделения службы, исходя из масштабов ущерба и возникшей чрезвычайной ситуации.
2. Усиление дорожно-постовой службы, обеспечение постовыми регулировщиками крупных перекрестков (в связи с прекращением работы светофора из-за отсутствия электроэнергии).
3. Установление новых маршрутов движения, перекрытие некоторых улиц, установка новых указательных дорожных знаков.
4. Создание условий для беспрепятственного проезда специальных машин / мед. помощи, пожарной охраны, спасателей и др./.
5. Локализация участков автодорожных происшествий /аварий/, выяснение причин и выявление виновных в происшествии.

6. Сопровождение спецмашин в больницы, в очаги пожаров, в аэропорты и т.д.
7. Организация круглосуточных постов в заранее определенных местах - на въездных подступах к населенному пункту, на магистральных улицах, перекрестках.
8. Организация мер по учету и регистрации угнанных, поврежденных машин.
9. Закрытие въезда автомашин в город, за исключением специальных транспортных средств.

#### **Задачи службы охраны особо важных объектов:**

1. Оценка масштабов разрушения и повреждения охраняемых важных объектов (банков, крупных учреждений, автоматических телефонных станций, крупных электрических подстанций, водосборных емкостей, телевидения, больших универсамов и т.п.).
2. Назначение новых расчетов с целью усиления и охраны важных государственных, муниципальных, частных, общественных и других объектов и ценностей.
3. Составление графика круглосуточной ведомственной охраны кварталов города, особенно тех, из которых эвакуированы жильцы.

#### **Задачи медицинской службы:**

1. Определение масштабов материальных и кадровых потерь службы.
2. Оценка степени пригодности сохранившихся структурных единиц службы для оказания первой врачебной и экстренной помощи пострадавшим.
3. Формирование рабочих бригад первой врачебной и экстренной помощи с уточнением их обязанностей.
4. Восстановление функций не пострадавших медицинских учреждений и оценка возможностей их репрофилирования.
5. Развертывание полевых госпиталей на открытых площадях в наиболее пострадавших районах города.
6. Оповещение населения о местах передислокации разных медицинских служб, в том числе хирургии, травматологии, родильной, ожоговой, токсикологической.
7. Определение требуемых медикаментозных средств, инвентаря и специалистов извне (соседних не пострадавших районов, других государств) с решением вопросов дислоцирования последних и координации их действий.
8. Выяснение возможностей и организация эвакуации особо тяжелых больных из зоны бедствия.
9. Уточнение механизмов взаимодействия службы с другими службами по реализации комплексного плана.
10. Взятие под особую охрану диспансерных и других учетных карт на туберкулезных, наркологических, психоневрологических, венерических больных, а также инвалидов.

#### **Задачи противэпидемиологической службы:**

1. Обеспечение и оценка ежедневной оперативной информации об эпидемиологической и другой медицинской ситуации в городе.

2. Проведение иммунизации (фагизации), оказание неотложной медпомощи и проведение адекватной ситуации разъяснительной работы среди населения.

3. Контроль за проведением анализа воды в системе водоснабжения и на объектах пищевого производства.

4. Составление программы-графика по усилению текущего госэпиднадзора за водоснабжением населения, санитарной очисткой населенных мест, предприятиями пищевой промышленности и торговли.

5. Выявление вероятных очагов эпидемии и принятие мер по их ликвидации.

6. Определение количества необходимых материалов, людских ресурсов и потребности в специалистах при угрозе возникновения или распространения эпидемии.

#### ***Задачи противопожарной службы:***

1. Оценка состояния объектов, наиболее опасных с точки зрения возникновения пожаров.

2. Объявление всеобщего сбора и приведение всей службы на круглосуточное казарменное дежурство; приведение в готовность всей резервной техники и ее доукомплектование до необходимого штатного расписания.

3. Организация мероприятий по пожаротушению и локализации очагов пожара средствами бригад, согласно поступающим сигналам из городского отдела полиции, из штаба по ликвидации последствий землетрясения, от других организаций и частных лиц.

4. Разработка планов мероприятий по предотвращению пожаров и их реализации.

#### ***Задачи службы водоснабжения и канализации:***

1. Оценка масштабов ущерба, определение наиболее пострадавших районов и участков, расчет потребности в необходимых материалах и специалистах извне.

2. Проверка технического состояния водозаборов, резервуаров-накопителей воды, канализационной сети и, по возможности, устранение неисправностей.

3. Прекращение водоснабжения разрушенных районов с целью повышения санитарной надежности.

4. Усиление контроля за качеством питьевой воды в водопроводной сети города (совместно с санэпидслужбой).

5. Обеспечение населения питьевой водой (цистернами, бутылками и др. емкостями).

6. Восстановление поврежденных водопроводов и линий канализации.

#### ***Задачи службы теплоснабжения:***

1. Оценка масштабов ущерба системы теплоснабжения районов, застроенных многоэтажными зданиями.

2. Консервация котельных и других элементов центральной системы теплоснабжения (зимой).

3. Определение количества необходимого оборудования и материалов для восстановления системы.

4. Определение необходимых людских ресурсов и потребности в специалистах для восстановления теплоснабжения.
5. Определение очередности восстановительных работ.

#### ***Задачи службы электроснабжения:***

1. Оценка масштабов ущерба, определение наиболее пострадавших районов и участков.
2. Расчет потребности в необходимых материалах и в специалистах.
3. Восстановление энергоснабжения в менее пострадавших районах населенного пункта.
4. Установление временных линий электричества с целью жизнеобеспечения города.
5. Оперативное обеспечение электроэнергией особо важных объектов (больницы, скорой медицинской помощи, службы электросвязи, станции водоснабжения, метрополитена, аэропортов, железной дороги и др.).

#### ***Задачи службы электросвязи (телефонной связи):***

1. Оценка масштабов ущерба, определение наиболее пострадавших районов и участков, потребности в необходимых материалах и специалистах, с целью восстановления работы службы.
2. Восстановление междугородной и международной телефонной связи.
3. По возможности срочное восстановление сети сотовых телефонов.
4. Установление наземной временной линий телефонной связи между важнейшими службами.
5. Обеспечение населения важной информацией с помощью громкоговорителей, листовок и др.

#### ***Задачи службы газоснабжения:***

1. Закрытие входящей в населенный пункт головной газовой магистрали.
2. Оценка масштабов ущерба, определение наиболее пострадавших районов и участков, потребности в необходимых материалах и специалистах для восстановления сети.
3. Проверка состояния подземных газохранилищ, локализация мест утечки газа, устранение повреждений.
4. Принятие мер по недопущению утечки газа с целью предотвращения пожаров и отравления населения.
5. Испытание и восстановление поврежденных газопроводов, ведущих к объектам жизнеобеспечения города.
6. Обеспечение учреждений и предприятий жидким газом.

#### ***Задачи службы захоронения погибших:***

1. Сбор трупов, регистрация, удостоверение личностей и сохранение тел погибших.
2. Организация похорон и учет неопознанных погибших.
3. Изготовление и распределение гробов.

4. Похороны неопознанных погибших.
5. Выдача свидетельств о смерти.
6. Создание информационной базы данных о погибших и захороненных.

В случае бедствия поток информации настолько велик, что требуется использование современных автоматизированных средств обработки и визуализации данных. Разного рода карты всегда помогали организаторам работ обобщить данные и определить основные направления и средства реализации действий. С этой точки зрения целесообразно использовать компьютерную географическую информационную систему (ГИС), которая дает возможность собирать, хранить, систематизировать, связывать, анализировать, освежать информацию, размещая ее на карте. ГИС позволяет выбрать или уничтожить любую информацию, выполнять быстрый анализ воздействия различных факторов, что крайне необходимо при планировании действий служб. В информационную базу ГИС должны входить различные социально-экономические, демографические, экономические данные, как и статистические данные об инфраструктуре населенного пункта, учреждениях, застройке, грунтовых и сейсмических условиях территории, сейсмическом риске и т.д. Эти данные особо нужны и важны на всех этапах развития катастрофы.

**Таблица 4.8(1). Перечень основных совместных действий муниципальных и ведомственных служб при разрушительном землетрясении на первые 5 дней после катастрофы**

Цели	Основные совместные задачи	Службы	Место действий
1	2	3	4
<b>1. Спасение жизни людей и оказание медицинской помощи</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Создание условий для ведения спасательных работ (освещение, обеспечение водой и едой, медпомощь, сохранение противопожарных условий и др.)</li> </ul>	Пол., Мед., Элек., Пожар., Вода	Районы разрушений многоэтажных зданий, разрушенные школы, учебные учреждения, предприятия и т.п.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Обеспечение нормальной работы мед. объектов (электричество, вода, связь, отопление и др.)</li> </ul>	Мед., [Элек., Вода, Тепл, Тел., Охр., Пол.	Мало пострадавшие медицинские объекты, полевые госпитали и др.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Эвакуация тяжелобольных из зоны землетрясения</li> </ul>	Мед., ГАИ, Пол.	Аэропорты, автостанции, ж/д станции
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Составление графиков работы уцелевших мед. объектов и оповещение об этом населения</li> </ul>	Мед., Тел., Пол., Охр., Элек., Тепл.	Медицинские объекты, районы большого скопления людей, полицейские посты и т.п.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Выдача свидетельств о смерти</li> </ul>	Захор., Пол.	Кладбище, полиц. участки, ЗАГС-ы
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Регистрация и захоронение неизвестных погибших, установление причин их смерти</li> </ul>	Пол., Мед., Захор.	Службы захоронения, полицейские участки, ЗАГС-ы
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Закрытие города перед транспортными средствами (кроме специальных)</li> </ul>	Пол., ГАИ	Въезды в населенный пункт
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Перераспределение и урегулирование движения транспорта</li> </ul>	Пол., ГАИ, Пожар., Мед.	Районы с большими разрушениями, центральные улицы и перекрестки
	<ul style="list-style-type: none"> <li>3. Обеспечение населенных пунктов гробами и техникой копания могил</li> </ul>	Захор., ГАИ, Пол., Охр.	Площади наиболее разрушенных районов, въезды в город, перекрестки; кладбище.
<b>2. Локализация и предотвращение вторичных последствий землетрясения</b> (пожары, эпидемии, отравление газом, ОВ, наводнение, оползни и др.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Оценка масштабов вторичных последствий и прогнозирование их динамики</li> </ul>	Все службы	Территория всего населенного пункта, особенно сильно пострадавшие районы
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Локализация и предотвращение очагов эпидемии</li> </ul>	Санэпид., Мед., Полиц., Вода, Захор., Охр.	Пострадавшие районы, районы большого скопления людей
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Проверка состояния газохранилищ, ликвидация аварий газопроводов</li> </ul>	Пожар., Мед., Охр.	Газохранилище, пострадавшие районы, зоны разломов
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Проверка состояния пожароопасных объектов</li> </ul>	Пожар., Элек., Газ., Пол.	Объекты по спискам противопожарной службы
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Тушение или локализация пожаров</li> </ul>	Пожар., Мед., Пол., Газ., Элек., Вода	Наиболее пострадавшие районы, пожароопасные объекты
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Принятие мер по предотвращению пожаров, взрывов, выброса в воздух отравл. веществ</li> </ul>	Пожар., Вода, Охр., Газ., Мед.	Опасные объекты пострадавших районов
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ликвидация последствий обвалов, оползней, наводнений, которые мешают оперативным работам</li> </ul>	Пол., ГАИ, Охр., Газ, Вода, Элек.	Наиболее пострадавшие районы, районы развития геологических явлений
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Предотвращение экономических потерь (спасение быстро портящихся и др. ценностей)</li> </ul>	Охр., Пожар., Пол., ГАИ	Склады и объекты с материальными ценностями, в том числе, с быстро портящимися ценностями

1	2	3	4
3. Жизне-обеспечение и установление правопорядка	<ul style="list-style-type: none"> <li>Оценка общего состояния города с позиции жизнеобеспечения и правопорядка</li> </ul>	Пол., ГАИ, Охр., Мед., Санэпид., Газ, Элек., Вода, Тепл., Пожар.	Весь город и прилегающие районы
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Охрана важных объектов (водные резервуары, хим. и опасные объекты), объекты жизнеобеспечения, охрана материальных ценностей (банки, гостиницы, музеи, склады и т.п.)</li> </ul>	Пол., Охр., Санэпид., Тепл., Газ, Элек., Вода, Тепл.	Объекты жизнеобеспечения, особенно в районах больших разрушений
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Установление во всех полицейских пунктах и разрушенных районах круглосуточных дежурств</li> </ul>	Тел., Элек., Вода, Охр., Тепл., Пожар.	Полицейские пункты, <i>сильно пострадавшие</i> районы города
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Оценка степени контролируемости населения (паника, мародерство, правонарушения)</li> </ul>	ГАИ, Охр., Пол.	Населенный пункт, особенно пострадавшие районы
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Установление правопорядка, борьба против мародерства, разгромов и т.п.</li> </ul>	Пол., Охр., ГАИ, Тепл.	Весь город, особенно пострадавшие районы
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Выдача документов (удостоверяющих личности, свидетельств о смерти и др.)</li> </ul>	Захор., Пол.	Паспортные столы, полиц. участки, ЗАГС-ы
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Обеспечение служб горюче-смазочными материалами</li> </ul>	Пол., Охр., Пожар.	Специально выделенные участки
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Обеспечение населения электричеством</li> </ul>	Пожар., Охрана, Пол., Элек.	Менее пострадавшие районы
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Контроль за эпидемиологической и санитарной ситуации в городе</li> </ul>	Санэпид., Вода, Мед.	Места выхода канализационных вод на поверхность, водные резервуары, системы водоснабжения
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Разработка новой схемы движения транспорта</li> </ul>	ГАИ, Пожар, Пол.	Районы с наибольшими разрушениями, <i>интенсивным движением</i> транспорта
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Эвакуация людей из зоны высокого риска</li> </ul>	Пол., Мед., ГАИ, Охр.	Пострадавшие районы
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Обеспечение населения водой, продуктами питания, теплой одеждой и др.</li> </ul>	Пол., Охр., Вода, Санэпид., Мед.	Весь город, особенно пострадавшие районы
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Сопровождение важных грузов и колонн автомашин с населением</li> </ul>	Пол., ГАИ, Мед., Охр.	Маршруты движения, места погрузки, места сбора эвакуированных
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Обеспечение условий комендантского часа (при необходимости)</li> </ul>	ГАИ, Охр., Пожар., Пол.	Населенный пункт
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Консервация котельных и систем теплоснабжения (зимой)</li> </ul>	Тепл., Вода, Пол., Охр., Газ., Пожар.	Населенный пункт
<ul style="list-style-type: none"> <li>Установление временных линий электроснабжения и электрогенераторов в объектах службы</li> </ul>	Пожар, Пол., Охрана	Объекты служб и жизнеобеспечения	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Обеспечение населения важной информацией</li> </ul>	Пол., Тел., ГАИ, Захор., Мед., Санэпид., Вода, Охр., Тепл, Пожар.	Места скопления людей, площади, улицы, стадионы, авто и ж/д. станции	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Взятие под особую охрану важных документов разного назначения</li> </ul>	Пол., Охр., Мед., ГАИ	Место хранения важных документов (паспортные столы, мед. диспансеры и др.)	

Примечание: Названия служб представлены сокращенно: **Пол.** - полиция; **ГАИ** - дорожная полиция; **Пожар.** - противопожарная служба; **Мед.** - медицинская служба; **Элек.** - служба электроснабжения; **Вода** - служба водоснабжения и канализации; **Захор.** - служба захоронения погибших; **Охр.** - служба охраны важных и опасных объектов; **Тел.** - служба телефонной связи; **Газ** - служба газоснабжения; **Тепл.** - служба теплоснабжения; **Санэпид.** - санитарно-эпидемическая служба.

## 4.9 Жизнеобеспечение населения зоны бедствия

Сильное землетрясение в считанные минуты нарушает нормальную жизнь населенного пункта, лишая население средств жизнеобеспечения. Обычно, в зависимости от силы землетрясения, определенная часть населения лишается квартир, выходит из строя инфраструктура населенных пунктов (в особенности транспортные магистрали (рис. 4.9(1)), водопровод и канализация, телефонные и электрические линии, теплоснабжение и др.), объекты производства продуктов питания и др. Поэтому в кратчайшие сроки следует обеспечить минимальные условия жизнедеятельности людей. Из них наиболее важны:

а) обеспечение временным жильем (рис. 4.9(2)), б) организация питания, в) обеспечение питьевой водой, г) обеспечение санитарных условий, д) организация медицинской помощи, е) обеспечение электроэнергией, ж) обеспечение отоплением, з) обеспечение одеждой и другими принадлежностями, и) обеспечение временными документами.

В городах очень важен выбор места нового жилого квартала для оставшихся без крова, планирование размещения *временных жилищ*, обеспечение противопожарных, санитарных условий и т.д. Для этой цели обычно используются свободные площади в пределах населенного пункта или вне его, в прилегающих районах, по типу «городов-спутников». Выбирая площади для создания новых кварталов, размещения домиков и палаток, необходимо учесть ряд условий:

– применять принципы долгосрочного планирования, даже при уверенности, что последствия землетрясения будут ликвидированы быстро и зона бедствия будет скоро восстановлена;

– новыми кварталами не мешать дальнейшей застройке населенного пункта согласно его генеральному плану;

– избегать скученности населения, соблюдать противопожарные и санитарные требования;

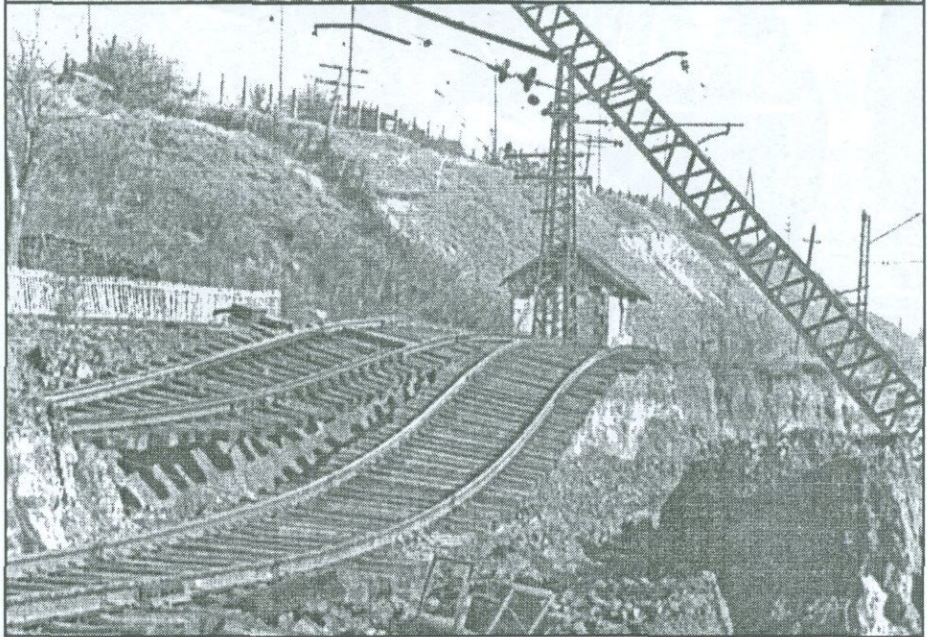
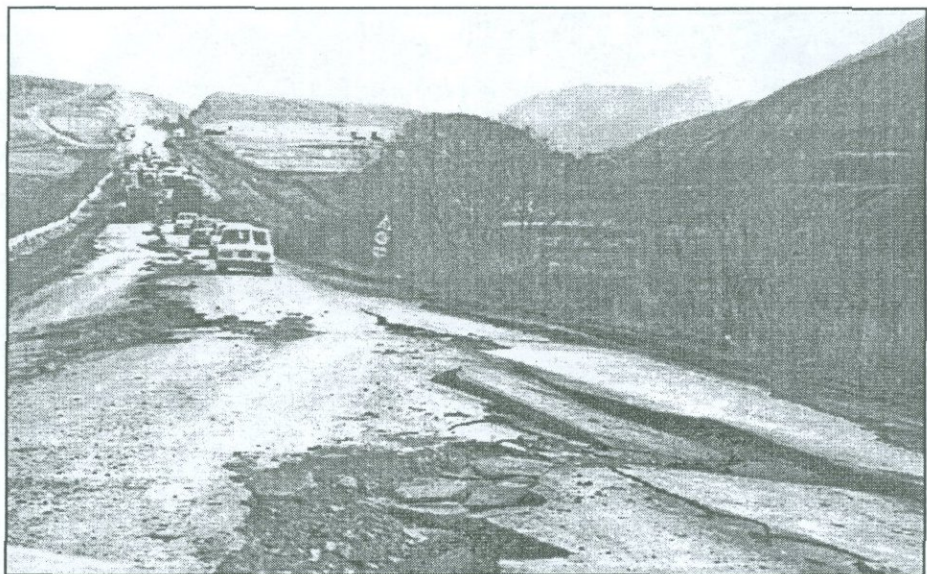
– избегать создания крупных кварталов, дабы не попасть из одной чрезвычайной ситуации в другую при следующем сильном землетрясении;

– учитывать возможности строительства, линий водоснабжения и канализации;

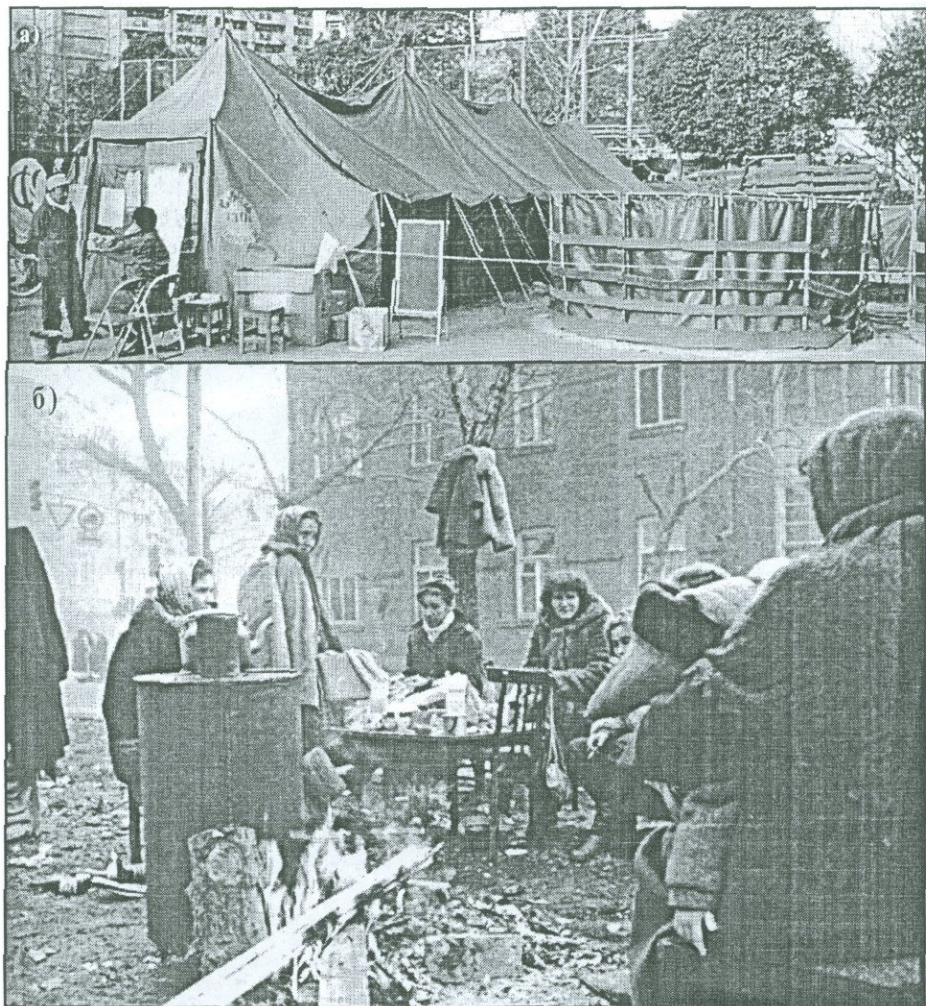
– выделять места для объектов общего пользования в центральных частях населенного пункта.

При создании новых кварталов можно пользоваться параметрами планирования ООН для территорий лагерей в чрезвычайных ситуациях (табл. 4.9(1)).

В работах по созданию квартала (городка) важно вовлечение жителей зоны бедствия, учет их специфических привычек, традиций. Особое внимание следует



*Рис. 4.9(1) От сильных землетрясений сильно страдают железные и автомобильные дороги (эпицентральной зона Спитакского землетрясения 1988г., фото М. Шахбазяна), восстановление которых является одним из важнейших условий жизнеобеспечения.*



**Рис. 4.9(2)** Зона бедствия в первый день после землетрясения: а) Япония, Кобе, 1995.; б) Армения, Ленинакан, 1988г.

обратить на организацию учебы школьников.

Другой путь быстрого распределения оставшихся без крова - это размещение их по неповрежденным домам родственников и добровольцев или в зданиях, находящихся в распоряжении общины (гостиницы, детские сады, спортивные сооружения, школы, дома культуры, общежития и т.д.). Такой подход имеет свои преимущества (быстро реализуется, не требуются большие расходы, мало

воздействует на окружающую среду и т.д.), но и недостатки (трудности для принимающих семей, усложняется учет и оказание материальной помощи, возрастает нагрузка на санитарные и коммунальные услуги, общественные здания не служат своей цели, поселенные в них не имеют возможности уединиться и т.д.).

**Таблица 4.9(1).** *Параметры планировки территории лагеря в чрезвычайных ситуациях (Справочник по чрезвычайным ситуациям, 1999)*

РЕСУРС	ПОТРЕБНОСТЬ
Земля	30-45 м <sup>2</sup> на человека
Жилые помещения (палатки или иные сооружения)	3,5 м <sup>2</sup> на человека
Пожарозащитная полоса	Через каждые 300 м. застройки между жилищами оставляется незастроенная полоса шириной 50 м. Свободное пространство между оттяжками соседних палаток должно составлять не менее 1-1,5 м. со всех сторон.
Дороги и пешеходные дорожки	20-25% от общей площади лагеря
Открытые пространства и общественные места	15-20% от общей площади лагеря
Санитария среды обитания	1 место в уборной на 20 человек или, в идеале, 1 уборная на семью, находящаяся не далее 50 и не ближе 6 м. от жилья пользователей. 1 х 100-литровый бак для отходов на 50 человек 1 тачка на 500 человек 1 коммунальная выгребная яма (2 х 5 х 2 м) на 500 человек
Водоснабжение	15-20 л. чистой воды на человека в день
Водоразборные колонки	1 на 200 человек, расположенная не далее 100 м. от жилья пользователей
Складские помещения	1,2 м <sup>2</sup> площади на 1 т. для мешков с зерном, уложенных в штабеля высотой 6м.
Продовольствие	2100 ккал на человека в день Для этого понадобится примерно 36 т. продовольствия на 10 000 человек в неделю, исходя из следующего дневного рациона: 350-400 г. на человека в день зерновых, составляющих основу рациона 20-40 г. на человека в день высококалорийной пищи (растительные масла/жиры) 50 г. на человека в день пищи, богатой белком (бобовые)

Обеспечение питанием пострадавших от землетрясения является первоочередной задачей. Она должна быть решена частично или полностью, в первую очередь - хлебными и молочными продуктами. Для решения задачи необходимо применять надежные, известные мероприятия, поручив их организацию только общине. В рамках возможного нужно обеспечить население привычными видами питания, это поможет сохранить здоровье людям. Начав с распределения готовой пищи, надо дать возможность людям, особенно семьям, постепенно самим готовить для себя. Особое внимание следует уделить питанию младенцев и детей.

В случае массовых разрушений множество стран не в состоянии обеспечить питанием население пострадавшей зоны. Эту обязанность берет на себя обычно Мировая продовольственная программа ООН, которая выделяет пшеницу, животное и постное масло, злаки, обогащенные пищевые смеси, йодированную соль, сахар и высококалорийное печенье. Минимальная калорийность дневного рациона одного человека в чрезвычайных ситуациях должна составлять 2100 килокалорий. В таблице 4.9(2) представлены показатели калорийности основных видов питания, рацион, соответствующий полноценному питанию, а в таблице 4.9(3) примеры адекватных полных пищевых рационов для пострадавших, целиком зависящих от продовольственной помощи.

### **Основные расстройства, вызываемые недостаточностью питания в чрезвычайных ситуациях** (Справочник по чрезвычайным ситуациям, 1999)

*Белково-калорийная недостаточность (БКН)* во время чрезвычайной ситуации является, вероятно, важнейшей проблемой в области здоровья и одной из главных причин смертности. Она проявляется в нескольких формах:

1. *Общая атрофия* выражается в огромной потере жировой и мышечной тканей — все ушло на производство энергии, остались лишь «кожа да кости». Это - самая распространенная форма БКН при чрезвычайных ситуациях в области питания.

2. *Квашиоркор* характеризуется прежде всего отеком (обычно он начинается с ног и рук), иногда сопровождающимся сыпью на коже и/или изменением цвета волос (рыжеватый). Волосы редеют.

При атрофическом квашиоркоре наблюдается сочетание острого истощения и отека.

Обычно наиболее подвержены этому заболеванию дети в возрасте до 5 лет, но и дети старшего возраста, и взрослые также часто подвержены риску или страдают от этой болезни.

*Витаминная и минеральная недостаточность* может привести к длительной или постоянной нетрудоспособности и даже к смерти. Наиболее вероятны следующие формы такой недостаточности:

1. *Дефицит железа* вызывает анемию (признаки: бледность кожи и век, усталость, слабость, одышка); увеличивает риск кровотечения, инфекции и смерти при родах; повышает коэффициент рождаемости детей с низким весом; ухудшает познавательные способности младенцев и детей.

2. *Дефицит йода* не только вызывает зоб, но и тормозит умственное развитие

Таблица 4.9(2). Питательная ценность пищевых продуктов (Справочник по чрезвычайным ситуациям, 1999)

ПРОДУКТ	Питательная ценность/100г			Цена за тонну, долл. США
	Энергия (ккал)	Белк и (г)	Жиры (г)	
<b>Зерновые</b>				
Пшеница	330	12,3	1,5	165
Рис	360	7,0	0,5	280
Сорго/просо	335	11,0	3,0	200
Кукуруза	350	10,0	4,0	170
<b>Обработанные зерновые</b>				
Кукурузная мука	360	9,0	3,5	225
Пшеничная мука	350	11,5	1,5	240
Пшеничная крупа	350	11,0	1,5	220
<b>Пищевые смеси</b>				
Кукурузно-соевая смесь	380	18,0	6,0	320
Пшенично-соевая смесь	370	20,0	6,0	390
Обогащенная соей пшеничная крупа	350	17,0	1,5	240
Обогащенная соей кукурузная мука	390	13,0	1,5	270
Обогащенная соей пшеничная мука	360	16,0	1,3	240
Обогащенная соей крупа сорго	360	16,0	1,0	190
<b>Молочные продукты</b>				
Сухое обезжиренное молоко (обогащенное)	360	36,0	1,0	1900
Сухое обезжиренное молоко (необогащенное)	360	36,0	1,0	1800
Сухое цельное молоко	500	25,0	27,0	2200
Сыр (в металлической таре)	355	22,5	28,0	1850
Лечебное молоко	540	14,7	31,5	2200
<b>Мясо и рыба</b>				
Мясо (консервы)	220	21,0	15,0	1950
Сушеная соленая рыба	270	47,0	7,5	1 500
Рыба (консервы)	305	22,0	24,0	2000
<b>Растительные масла и жиры</b>				
Растительное масло	885	-	100,0	750
Сливочное масло	860	-	98,0	2300
Пищевой жир	900	-	100,0	950
<b>Бобовые</b>				
Фасоль	335	20,0	1,2	440
Горох	335	22,0	1,4	375
Чечевица	340	20,0	0,6	500
<b>Прочее</b>				
Сахар	400	-	-	350
Высококалорийное печенье	450	12,0	15,0	1250
Чай (черный)	-	-	-	1235
Йодированная соль	-	-	-	150
Финики	245	2,0	0,5	1900
Сухофрукты	270	4,0	0,5	1200

Примечание. Цены даны по положению на 1998 г. и не включают транспортные расходы.

**Таблица 4.9(3).** Примеры адекватных полных пищевых рационов для эвакуированных, целиком зависящих от продовольственной помощи (Справочник по чрезвычайным ситуациям, 1999)

Продукты	Рационы (в граммах на человека в день)				
	Тип1*	Тип 2*	Тип3*	Тип 4**	Тип 5*
Мука/рис/крупа	400	420	350	420	450
Бобовые	60	50	100	60	50
Растительное масло (обогащенное витамином А)	25	25	25	30	25
Рыба/мясо (консервы)	-	20	-	30	-
Обогащенные пищевые смеси	50	40	50	-	-
Сахар	15	-	20	20	20
Йодированная соль	5	5	5	5	5
Свежие овощи и фрукты	-	-	-	-	100
Пряности	-	-	-	-	5
Энергия: килокалории	2113 58 г;	2106 60 г;	2087 72 г;	2092 45 г;	2116 51 г;
Белки (в г и в % ккал)	11% 43 г;	11% 47 г;	14% 43 г;	9% 38 г;	10% 41 г;
Жиры (в г и в % ккал)	18%	20%	18%	16%	17%

детей и репродуктивные возможности женщин. Острый дефицит йода у матерей может приводить к кретинизму у их детей. Лучшим средством предупреждения этого дефицита является употребление йодированной соли.

3. *Дефицит витамина А* приводит к *ксерофтальмии*, слепоте и смерти. Признаки по состоянию глаз: плохое зрение при тусклом свете, сухость конъюнктивы или роговицы, пенистое вещество на конъюнктиве или помутнение роговицы. Эти признаки могут появляться спустя несколько месяцев после недостаточности питания или после острой или продолжительной инфекции, особенно кори и диареи.

4. *Дефицит витамина В1 (тиамина)* вызывает болезнь *бери-бери*. Симптомы и признаки: потеря аппетита, недомогание и сильная слабость, особенно в ногах; может также приводить к параличу конечностей или отеку тела, сердечной недостаточности и внезапной смерти. Бери-бери случается, когда пищевой рацион состоит почти исключительно из шлифованного риса или в основном из крахмалосодержащих продуктов, таких как кассава.

5. *Дефицит витамина С* вызывает *цингу*. Признаки: кровоточащие распухшие десны, распухшие, болезненные суставы, легко возникающие гематомы. Причина - отсутствие в пищевом рационе овощей и фруктов.

6. *Дефицит никотиновой кислоты* вызывает *пеллагру*. Признаки: кожная сыпь на частях тела, на которые падает солнечный свет; диарея; изменения

психического статуса, ведущие к слабоумию. Это случается, в частности, когда в пищевом рационе преобладают кукуруза и сорго и не хватает других продуктов.

*Профилактика* означает принятие мер, позволяющих людям получать различные пищевые продукты, содержащие в достаточном количестве необходимые витамины и минеральные вещества, или иметь доступ к ним. В их число входят обогащенные продукты, распределяемые в рамках продовольственной помощи. Важную роль играют доступ к местным рынкам и выращивание овощей на огородах.

*Лечение* состоит в потреблении лечебных доз недостающих питательных веществ. Раздача поливитаминов в таблетках всем пострадавшим - пустая трата времени и денег, поскольку они содержат недостаточные количества отдельных витаминов для устранения дефицита тех или иных питательных элементов.

Восстановление водоснабжения является первостепенной задачей, поскольку это - важнейшее слагаемое обеспечения жизни и здоровья. До восстановления линий питьевой воды необходимо доставлять ее автоцистернами, либо в бутылках, строго соблюдая санитарные нормы, с расчетами необходимого количества. Этот процесс должен находиться под строгим контролем санитарных служб, питьевая вода должна быть обеззаражена, качество ее должно постоянно контролироваться. Обнаружение поврежденных участков водопровода большой трудности не представляет, поскольку вода из них вытекает на поверхность. Поврежденные участки следует быстро отремонтировать. Часто в населенных пунктах, в одном и том же месте (например, в разломных зонах) одновременно повреждаются водопроводные и канализационные трубы, и не исключено попадание канализационных вод в питьевую. Поэтому рекомендуется использовать питьевую воду только после кипячения. Для снабжения населения безопасной водой необходимо постоянно проверять ее физический, химический и бактериологический состав. Особенно строго следует контролировать ее состав после вспышки определенных болезней (расстройство желудка, дизентерия, гепатит А и т.д.), причиной которых может быть зараженная вода. Для обеспечения населенных пунктов водой необходимо исходить из расчета 15 литров на человека в день. Минимальная норма для человека - 7 литров в день, но для короткого промежутка времени. В дальнейшем количество воды должно быть увеличено. В медицинских учреждениях необходимое количество воды на одного больного составляет 40-60 литров, а на объектах питания - 20-30 литров на человека. В зависимости от погоды количество необходимой воды может измениться.

Можно использовать талый снег, дождевую, грунтовую, речную воду, воду из водохранилищ, зная при этом, что вода из рек, прудов и водохранилищ ниже качеством, чем дождевая и колодезная.

После землетрясения, когда нарушена прежняя ситуация и создалась новая, более сложная, для обеспечения *санитарных условий* в населенных пунктах очень важно предотвращение распространения болезней и создание безопасной среды жизнедеятельности. Решение этой задачи зависит от взаимодействия населения зоны бедствия, специалистов и руководства общины. Сразу после землетрясения, используются существующие материальные, технические и человеческие ресурсы, создается система, пусть в чем-то и несовершенная, удаления отходов человеческой

жизнедеятельности. Во избежание отравлений ограничивается использование ядохимикатов против грызунов и насекомых. Создавая кварталы из домиков, необходимо для каждой семьи соорудить туалет, установить мусорные баки из расчета 100 литров объема на 50 человек, привлечь к участию в работе одного санитарного врача на 5000 человек. Очень важно организовать для населения лекции о санитарии среды обитания. Санитария населенного пункта включает в себя удаление фекалий, мусора и сточных вод, борьбу с насекомыми и грызунами, соблюдение санитарных норм по отношению к воде и пище, захоронение и кремацию погибших, ликвидацию подошедших животных. Из-за выхода из строя инфраструктуры населенного пункта, обвалов и по иным причинам наблюдается рост количества насекомых и грызунов – разносчиков определенных заболеваний. Улучшение личной гигиены, строгое соблюдение санитарных норм, своевременное удаление фекалий, сточных вод и мусора, правильное хранение и обработка продуктов останавливают распространение инфекций.

Тела погибших с точки зрения эпидемий не представляют большой опасности. Однако, особенно в летнюю жару, промедление с похоронами может стать причиной разложения трупов. Поэтому, учитывая различные обстоятельства (психологические, национальные, традиции и т.д.), нужно идентифицировать тела, зарегистрировать, установить причины смерти, после чего похоронить их на кладбищах. Речь идет в особенности о неизвестных покойниках, похороны которых должны быть организованы руководством общины. При землетрясении обрушиваются также помещения для скота, становясь причиной больших падежей. Необходимо правильно использовать мясо животных (складировать или раздать бедствующим), а неиспользуемую часть захоронить или сжечь в выбранных вне населенных пунктов специальных местах.

Во время сильных колебаний земли подземные и воздушные линии *электроснабжения* по разным причинам (короткое замыкание, обрыв кабелей и проводов) выходят из строя. Опыт показал, что из строя выходят также трансформаторные подстанции. Из-за отсутствия электроснабжения не действует множество объектов жизнеобеспечения, населенные пункты ночью погружаются во мрак. Согласно действующим правилам, городские службы, объекты здравоохранения, связи, жизнеобеспечения и др. должны иметь автоматические источники электроснабжения (генераторы, аккумуляторы). Часто, однако, таких источников либо нет, либо они не действуют, либо из-за разрушений они также выходят из строя. Сразу после землетрясения возникает потребность в электрообеспечении хотя бы важнейших объектов. Есть два способа решения проблемы: а) обеспечить объекты мобильными дизель-генераторами и б) срочно провести воздушные электрические линии. Первый способ быстрее и надежнее, поскольку во время спасательных работ трудно провести в населенном пункте воздушные линии, кроме того, возможно, что повреждены и линии, питающие населенный пункт, а их восстановление требует времени. Поэтому руководство общины вместе со штабом управления катастрофой должно срочно выяснить состояние системы электроснабжения и определить очередность, способы и мощности электроснабжения для наиболее важных объектов. Рекомендуются установить первоочередность электроснабжения двум группам: а) медицинским объектам, объектам связи и водоснабжения; б) объектам питания, полиции, органов

государственного управления и местного самоуправления, транспорта.

Зимой серьезной проблемой становится обеспечение населения *теплом*. Необходимо сразу отметить, что вследствие землетрясения сильно страдают объекты теплоснабжения; в какое-то время, из-за замерзания воды в трубах и насосах, система полностью выходит из строя. Поэтому бессмысленно говорить о быстром восстановлении системы централизованного теплоснабжения в городах. Остается срочно обеспечить населенный пункт печами и топливом любого вида - жидким, твердым, газообразным. Обеспечение теплом следует начать с больниц. В дальнейшем отопление относительно неповрежденных зданий объектов жизнеобеспечения нужно организовать с помощью временных блоковых котлов.

Зимой важно также обеспечить людей *теплыми одеялами и одеждой*.

## 4.10 Переселение населения из зоны разрушений

Вследствие землетрясения возникает необходимость переселить людей (потому что они лишились крова, из строя вышли линии и объекты жизнеобеспечения) из зоны разрушений, особенно из больших населенных пунктов (городов), где есть уязвимые многоэтажные жилые здания. Переселение обычно бывает добровольным и массовым. Для большинства переселенных оно бывает временным. Опыт показывает, что при создании минимальных условий жизнеобеспечения люди возвращаются в места постоянного проживания. Переселение и возвращение населения бывают стихийными и организованными. По разным причинам (охрана имущества, участие в работах по ликвидации последствий бедствия и др.) переселяются в основном дети, старики и женщины. Переселение организуется государственными органами и органами местного самоуправления. Обычно средства для переселения (транспорт, питание, медицинские и санитарные средства и т.д.) выделяет государство, а организуют переселение местные власти. Очень важно создание базы данных о переселенных (кто, когда, куда уехал, со строгим учетом несовершеннолетних). Эти данные очень важны для поиска родственников, для организации быта и учебы школьников, для решения многочисленных иных задач. Учитывая сложную ситуацию, целесообразно регистрацию убывающих организовать непосредственно перед отправлением транспортных средств (автобус, поезд, самолет), а все эти данные собрать и обобщить в общинных (мэрия или сельсовет) информационных центрах. Покидающие зону бедствия по своей инициативе должны, исходя из своих же интересов, перед отправлением представить в центр учета переселенных данные о себе (кто, когда и куда убывает, каким транспортом и т.д.).

Решение о переселении жителей зоны разрушений принимает правительство республики, осуществляется оно с помощью властей и республиканских, областных и общинных штабов по управлению катастрофой. Нужно заранее определить места заселения, количество переселенных и средства перемещения, нужно создать условия для жизни, и лишь затем начать переселение. Жители зоны бедствия расселяются в республике или в соседних государствах, в здравницах, домах отдыха, гостиницах, у родственников и т.д.

Выбор места переселения из предлагаемых вариантов должен быть, конечно, добровольным. Наиболее эффективно разными информационными средствами осведомлять людей о времени и месте (откуда и куда) отправления, о возможном числе отправляющихся, транспортном средстве, о продолжительности пути до прибытия в пункт временного проживания, о средствах связи с переселенцами.

Во время переселения необходимо обратить особое внимание на уязвимые группы людей, такие, как дети без сопровождающих, инвалиды, хронические больные и др.

На правительство возлагается организация учебы школьников на новом месте проживания. Очень важна также для переселенных организация информации об обстановке в зоне бедствия. При переселении людей в далекие места их нужно обеспечить питанием, медикаментами, водой и другими предметами первой необходимости, пока они не доедут до нового места проживания.

## 4.11 Распределение помощи

Для обеспечения жизнедеятельности населения зоны бедствия необходимо раздать определенные товары и деньги. Во время разрушений люди могут лишиться всего - одежды, питания, предметов первой необходимости, топлива, принадлежностей для приготовления пищи и т.д. Этот параграф не освещает профессиональную помощь, которая сама по себе очень важна и осуществляется по специальным схемам, совместно с государственными структурами.

Деньги выдаются после бедствия для определенных нужд, обычно несколько раз. Суммы, выделенной одному лицу после бедствия, должно хватить на его нужды хотя бы неделю, до организации гуманитарной помощи в виде товаров. В дальнейшем выделяется большая сумма, на этот раз каждой семье для приобретения в основном средств жизнеобеспечения (домашней утвари, одежды, предметов быта и т.д.) Денежная помощь обычно выделяется государством безвозмездно и раздается с помощью учреждений государственных структур (социальными, финансовыми отделами), в некоторых случаях - общин.

Очень важен процесс распределения помощи в виде товаров. Эта помощь очень разнообразна, начиная от продуктов и иголок и кончая стройматериалами и жильем. Справедливое распределение часто бывает очень сложно осуществить, а на втором этапе бедствия (сразу после землетрясения) оно весьма спорно. Поэтому для распределения помощи международными организациями выработаны следующие принципы:

- структура системы распределения опирается на определенные особенности социальной организации пострадавших;
- пострадавших информируют о системе распределения, количестве распределяемого товара и графике распределения;
- различные социальные группы принимают участие в деятельности распределительной системы, в том числе и женщины;
- при распределении товаров основной единицей считается семья и помощь направляется ей;
- распределение товаров производится регулярно, в известные заранее сроки, по определенным нормам;
- на разных этапах бедствия раздают товары определенного назначения;
- списки распределения товаров и количество распределяемого, в связи с переселением жителей, нуждаются в пересмотре (уточнении, изменениях);
- проводятся проверки распределения помощи, с тем чтобы соблюдалась справедливость и помощь направлялась уязвимым группам.

Распределение товаров следует начать с первых моментов бедствия. В

начальный период необходимо раздать питание, одежду, если холодно - одеяла, топливо. Количество распределяемого товара определяется количеством населения. Сразу после землетрясения на фоне общего беспорядка очень трудно распределять товары по спискам или по какой-либо иной системе. В больших городах целесообразно раздавать товары по кварталам, участкам или учреждениям и предприятиям.

Нужно учесть, что в малопострадавших кварталах количество населения возрастает, ибо сюда переселяется определенная часть населения пострадавших кварталов. В неустоявшейся ситуации, когда только создается система распределения и нет более или менее нормальных условий такового, возможны недостатки. В дальнейшем, со стабилизацией ситуации, система распределения совершенствуется. Примером может послужить следующий порядок распределения: помощь адресуется общине, по количеству членов и семей, и распределяется в семьях. Распределение осуществляется через главу семьи.

Идеальная система распределения должна быть *надежной* и *доступной*. Надежная система та, при которой распределяемым пользуются все пострадавшие. Особое внимание уделяется женщинам и вообще уязвимым группам людей. Система распределения считается доступной, когда пункты распределения расположены близко от места проживания, а график удобен всем. Необходимо разработать и задействовать систему, которая позволит постоянно информировать бедствующих о количестве распределяемых товаров, характере и форме раздачи. Понятно, что в случае крупномасштабной катастрофы на ранней стадии раздачи товаров эффективный контроль невозможен, однако именно с самого начала нужно последовательно совершенствовать систему и механизм контроля.

Особую важность следует придать участию бедствующих в раздаче товаров. Необходимо обеспечить их осведомленность о процессе раздачи и раздаваемых товарах, кроме того, нужно дать им возможность самим следить за процессом раздачи. В этом случае пострадавшие могут осуществить *более эффективный контроль*.

При распределении, как правило, следует избегать приготовления еды и ее раздачи. Лучше раздавать сухие, необработанные продукты.

К процессу распределения помощи необходимо привлечь представителей ряда организаций и частных лиц. Например, из правительства, местных властей, органов местного самоуправления, общественных организаций и т.д. Необходимо создать координирующую процесс структуру, которая будет на постоянной основе проводить совещания (поначалу ежедневно) с участием всех заинтересованных сторон. Нежелательно платить работникам, занятым распределением, товаром, это затруднит контроль над распределением.

По нормам, установленным ООН, для каждых 20000 жителей создается один пункт распределения, а 1000 человек обслуживают 2 работника. Политика структур ООН поощряет вовлечение в процесс распределения помощи возможно большего числа женщин из зоны бедствия, в частности их участие в принятии решений и контроле над исполнением, создании и распределении комплектов товаров.

В дальнейшем распределение жилья, стройматериалов и других ценных

товаров следует осуществлять при наличии разносторонних данных о пострадавших и функционировании системы распределения и контроля. Информация как о раздаваемых товарах, так и о принципах распределения и принимаемых решениях должна быть прозрачной.

Людам, испытавшим сейсмическую катастрофу, исключительно важна не только материальная, но и моральная поддержка. Символами такой поддержки в дни Спитакской катастрофы стали Католикос всея армян Вазген Первый (рис. 4.11(1)), мать Тереза и Николай Рыжков (рис. 4.11(2)).



**Рис. 4.11(1)** Католикос Всея Армян Вазген Первый в зоне бедствия Спитакского катастрофического землетрясения, 1988г. (фото М. Шахбазяна и др. из книги «Землетрясение», 1989).



Рис. 4.11(2) Есть люди, которых жители эпицентральной зоны Спитакского землетрясения 1988г. считают олицетворением милосердия (мать Тереза и Николай

## Глава 5. Управление восстановлением и реконструкцией зоны бедствия

Отрезок чрезвычайной ситуации, когда потерпевшим бедствие оказывается срочная многосторонняя помощь и обеспечивается жизнь, относится к периоду развития катастрофы. Его сменяет период ликвидации последствий землетрясения, состоящий из двух этапов - восстановления и реконструкции.

Эти два периода существенно отличаются друг от друга. *Восстановление* после бедствия - это предпринимаемые действия и мероприятия, направленные на восстановление тех условий жизни, которые имело пострадавшее население до бедствия. Следующий, последний этап - *реконструкция* - это комплекс действий, направленных на полную ликвидацию последствий землетрясения, особенно на строительство жилых зданий, промышленных, сельскохозяйственных и транспортных комплексов и восстановление всех служб. Основные задачи обоих этапов - точная оценка ситуации, ущерба и детальное планирование действий. Обычно, в развивающихся странах, в особенности на этапе восстановления, продолжается получение гуманитарной помощи. Однако главное - разработка и реализация программ развития для разных сфер жизни.

Управление работами этого периода имеет свои особенности и включает:

1. Целостную и детальную оценку последствий бедствия.
2. Разработку политики восстановления и реконструкции зоны бедствия.
3. Административные решения и оперативные действия на всех уровнях.

Нет такого критерия, по которому было бы возможно определить длительность этапов восстановления и реконструкции. Она зависит от многих факторов, включая объем разрушений, степень готовности, наличие ресурсов, способствующего восстановлению и реконструкции административного устройства и законодательного поля, политическая стабильность и др.

Эта глава, так же как и предыдущая, в части конкретных рекомендаций, относится больше к странам, имеющим недостаточно высокий экономический потенциал и неразвитую систему сейсмической защиты. Она написана исходя из опыта Спитакской катастрофы 1988г. Разумеется, однако, что общие принципы управления восстановлением и реконструкцией зоны бедствия применимы для любой страны.

## 5.1 Восстановление зоны бедствия

Восстановление является переходным этапом от собственно чрезвычайной ситуации к долгосрочным программам развития. Основная цель восстановления - это создание условий для возвращения людей, переживших сейсмическую катастрофу, к более или менее нормальной жизни. Для достижения этой цели необходимы следующие действия:

1. Уборка строительных конструкций и строительного мусора от рухнувших или подлежащих сносу зданий и вывоз за пределы населенного пункта.

Для решения этой проблемы необходимо в первую очередь выделить те здания, которые хотя и выстояли, но тем не менее подлежат сносу из-за высокой степени аварийности. Вопрос этот очень важен, так как любая ошибка здесь может иметь необратимые последствия. Есть множество зданий, снос которых ни у одного специалиста сомнений не вызывает. Однако мнения специалистов относительно окончательной судьбы другого множества зданий (снести или усилить?) различны. В этом случае, принимая решение, необходимо иметь в виду одно очень важное обстоятельство. Сразу после землетрясения, под впечатлением его тяжелых последствий, специалисты проявляют излишнюю осторожность и даже хорошо сохранившиеся здания рекомендуют к сносу. Так, после Спитакского землетрясения 1988 г. в г. Ленинакане около ста 4-5 этажных (36-60 квартирных) домов во время первых оценок различными комиссиями были рекомендованы к сносу. По прошествии 1-2 лет мнение специалистов изменилось, и эти же здания было рекомендовано восстановить и усилить. В подобных обстоятельствах, когда есть сомнение относительно того, усилить здание или снести, лучше решение вопроса отложить. Исходя из этого опыта, решая судьбу здания, следует оценить расходы, требуемые на его восстановление или усиление. Если они отличаются на 15-20 % от стоимости строительства нового здания, его можно снести. Конечно, это не относится к зданиям, имеющим историческую или архитектурную ценность. Здесь уже играет роль не столько величина затрат на усиление, сколько историко-архитектурная ценность здания.

Очень важен правильный выбор места свалки строительного мусора. С точки зрения экономии времени и расходов целесообразно это место выбрать вблизи населенного пункта. Однако гораздо важнее, чтобы большая свалка строительного мусора не мешала развитию населенного пункта, не воздействовала бы на окружающую среду и занимала отрицательные (пониженные) формы рельефа. Ошибка в выборе места на стадии восстановления в дальнейшем может стать практически неисправимой.

2. Очистка улиц и дорог от мусора, восстановление движения.

Во время землетрясения из-за обрушения зданий перекрываются узкие



*Рис. 5.1(1) Восстановление поврежденных железных дорог одна из приоритетных задач этапа восстановления. Оно начинается после спасательных работ, когда город еще не очищен от завалов (Спитак, 1988г.), (фото М. Шахбазяна и др. из книги «Землетрясение», 1989).*

улицы, а из-за оползней и обвалов - дороги. Улицы могут закрыться также из-за спасательных работ, когда при расчистке завалов не бывает времени на вывоз мусора. Очень важно освобождение дорог от этого мусора. По разным причинам сильно повреждаются дорожные знаки, светофоры, восстановление которых или замена новыми необходима с точки зрения безопасности.

### 3. Восстановление жизненно важных коммуникаций и служб.

Задача эта весьма сложна из-за разнородности и большого объема восстановительных работ. Приоритетному восстановлению подлежит система связи, транспортных магистралей (рис. 5.1(1)) и водоснабжения, в том числе входящие магистрали, водоснабжающие линии на территории населенного пункта и водосборные бассейны. Во время сильных толчков линии разрываются, повреждаются насосные и очистительные станции, водосборные бассейны. Обнаружить поврежденные участки труда не составляет, однако восстановление требует больших усилий. Работы следует начать с восстановления магистралей, с тем, чтобы в разных кварталах населенного пункта работало хотя бы несколько кранов общего пользования. Далее следует восстановить водоснабжение всех неповрежденных и годных к эксплуатации зданий. Во время спасательных работ сильно повреждаются линии водоснабжения и канализации. Чтобы избежать

потерь воды, можно перекрыть линии, ведущие к разрушенным домам, это несложно. Гораздо более серьезные трудности возникают из-за повреждений и засорений канализации. Особенно опасно, когда канализационная вода смешивается с питьевой.

*Наблюдения показывают, что из-за повреждения линий водоснабжения и особенно канализации во многих населенных пунктах после землетрясения поднимается уровень грунтовых вод, что чревато многочисленными отрицательными последствиями. Поэтому восстановление канализационной сети является одной из важнейших задач этапа восстановления.*

В период чрезвычайной ситуации для снабжения *электроэнергией*, выполнения спасательных работ и жизнеобеспечения применяются автономные источники питания - генераторы. В следующем периоде необходимо восстановить систему электроснабжения. Обычно из-за землетрясения выходят из строя высоковольтные подземные кабели, трансформаторные подстанции и питающие распределительные сети населенных пунктов. Восстановление сети, даже с привлечением больших сил и ресурсов, трудно. Поэтому целесообразно электричеством снабжать города по частям: сначала малопострадавшие районы, а затем и *сильно пострадавшие*. Обычно восстановлению сети электроснабжения поначалу мешают спасательные работы, затем - работы по очистке от завалов.

Трудности того же порядка возникают при восстановлении линий *электросвязи*. Часто целесообразно не восстанавливать старую линию, а создать новую. Автоматические телефонные станции часто весьма сейсмически уязвимы и потому полностью выходят из строя. Еще труднее восстановить подземную кабельную сеть, которая особенно сильно страдает во время спасательных работ. Одно из скорых решений проблемы - восстановление или создание сотовой телефонной сети.

В этот период восстанавливаются также *газо- и теплоснабжение*.

Особую важность приобретает восстановление объектов питания, в том числе хлебозаводов, производства молочных продуктов, магазинов и т.д. В этой сфере очень важно создание малых и средних предприятий. Должна действовать политика децентрализации объектов обслуживания. Особое значение здесь имеет восстановление сети бань.

Есть сферы, в которых восстановление объектов неоправданно с точки зрения времени и расходов. Здесь нужно новое строительство (частично или полностью), в виде одного из элементов этапа реконструкции. Совершенно необязательно, чтобы реконструкция следовала за восстановлением.

Следующая важная область задач этапа восстановления - это *предварительная оценка потерь и необходимых ресурсов*.

Обязательно должны быть оценены: ущерб здоровью и физическому состоянию людей; экономические потери в различных областях (жилой фонд, промышленность, сельское хозяйство, транспорт и т.д.); финансовые средства, необходимые для компенсаций гражданам; финансовые и материальные средства, предоставляемые донорами для ликвидации последствий.

Эти оценки необходимы для осуществления этапа реконструкции, потом их корректировка, совместно с другими данными, послужит основой для планирования и реализации работ.

Любое стихийное бедствие и в первую очередь землетрясение имеет серьезные политические последствия, которые выражаются в падении авторитета властей и в их ослаблении, а в ряде случаев и отставке правительства. В случае же успешного процесса восстановления возможен и рост авторитета, и усиление слабых звеньев власти.

Критериями оценки эффективности восстановительных работ являются: минимальная миграция населения зоны бедствия; полное восстановление жизнедеятельности населения зоны.

## 5.2 Реконструкция зоны бедствия

Это последний этап ликвидации последствий землетрясения. Он может длиться годами, в особенности в развивающейся стране, и направлен на осуществление запланированного большого объема строительных работ и восстановление всех служб. Реконструкция организуется только на основании социально-экономических программ страны. В отличие от этапа восстановления, на этапе реконструкции поврежденные или уничтоженные строения (здания, сооружения, коммуникации и т.д.) заменяются новыми (рис. 5.2(1)), отвечающими более высоким стандартам (сейсмостойкие, более удобные и т.д.). То же относится и к хозяйству в целом. Происходит не только реанимация, но и применяются новое современное оборудование и технологии, развивающие хозяйство. Возрождается также социальная и культурная жизнь. Другая важная особенность этапа – подготовка к следующему сильному землетрясению или снижению риска, путем детального анализа причин разрушений и жертв и создания системы сейсмической защиты общества и государства.

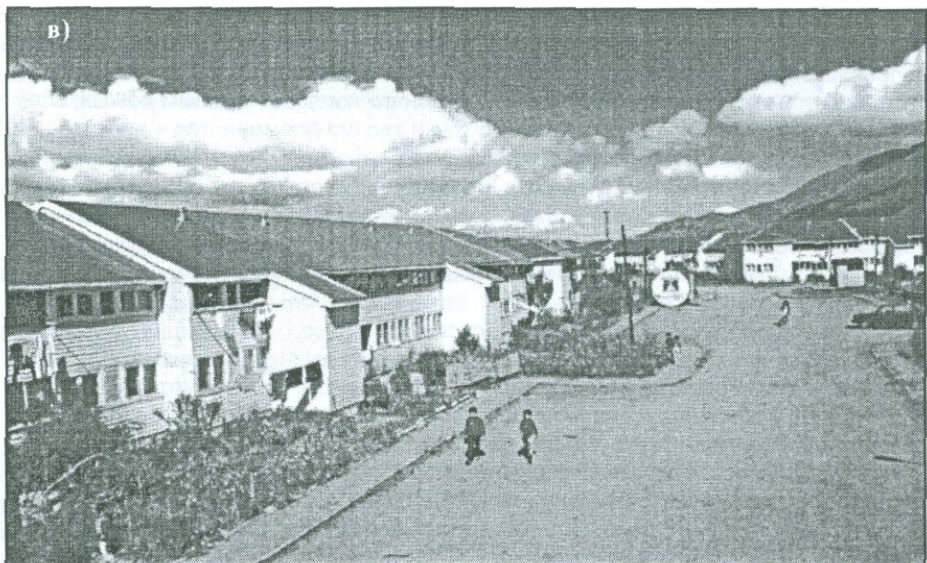
О главных элементах снижения сейсмического риска уже говорилось в первых трех главах. Отметим только, что после землетрясения, на этапе реконструкции, большое место уделяется существенному улучшению норм сейсмостойкого строительства; качеству строительства; правильному землепользованию, с выделением благоприятных с сейсмической точки зрения для дальнейшей застройки территорий; правильному расселению на основе децентрализации населения, хозяйства, организаций, служб и т.д.

*Стратегия и тактика* реконструкции зависят преимущественно от особенностей последствий имевшей место катастрофы, включающих нижеследующие факторы:

### 1. Характер сейсмической катастрофы.

Несмотря на различия в землетрясениях, социально-экономических и других условиях объятых ими территорий, существует международный опыт реконструкции, который важен для планирования работ и определения последовательности их осуществления. Все сильные катастрофы, и в первую очередь сейсмические, оставляют определенные последствия на пострадавшем населении: психологическое, экономическое, социальное. Кроме этого, катастрофа имеет значительные политические последствия. Поэтому программы реконструкции должны заключать в себе не только замену всего разрушенного и поврежденного новым, но и усиление административной, социальной, экономической систем, для улучшения тем самым психологического состояния людей.





**Рис. 5.2(1)** Реконструкция зоны бедствия Спитакского землетрясения 1988г. а) г.Гюмри (австрийский квартал); б) г.Ванадзор (белорусский квартал «Тарон»); в) г.Степанаван (американский квартал); г) г.Спитак (узбекский квартал), (фото М. Шахбазяна и др. из книги «Землетрясение», 1989).

## *2. Масштаб разрушений.*

Размер и вид инвестиций, необходимых для реконструкции зоны бедствия, напрямую зависит от ущерба, нанесенного землетрясением. Отношение стоимости потерь к стоимости сохраненного или спасенного является важным показателем для реконструкции зоны бедствия, как с точки зрения времени, так и инвестиций. Изыскание средств на реконструкцию зависит от экономической мощи страны, масштаба разрушений и т.д. Для развивающихся стран осуществление реконструкций собственными силами невозможно. Поэтому, вместе с оценкой ущерба от бедствия, странам, испытывающим экономические трудности, нужно оценить местные и национальные ресурсы и затем - размеры помощи извне.

## *3. Местоположение зоны землетрясения.*

Это очень важный фактор для определения пострадавших сфер и для реконструкции. Землетрясение одной и той же силы будет иметь различные последствия в плотно населенном или промышленно развитом регионе, нежели в малонаселенном, без больших городов. В первом случае велики будут человеческие потери, потери зданий, сооружений, промышленности, инфраструктуры, во втором случае будет преобладать ущерб, нанесенный сельскохозяйственной сфере. Объемы вложений и приоритеты для первого случая будут полностью отличаться от второго. Если для первого случая приоритетным становится строительство инфраструктуры и зданий в городах, то для второго случая приоритет будет отдан восстановлению семенного фонда, поголовья скота и реконструкции оросительной сети. При разрушении больших городов отпадают быстрореализуемые решения. Так, если восстановление и реконструкция зоны разрушений Слитакского землетрясения 1988 г. в сельской местности осуществлялась довольно быстро (в течение 1-2 лет), то реконструкция крупных городов Лениканан (Гюмри), Кировакан (Ванадзор) не закончена по сей день.

Местоположение зоны бедствия определяет также виды и объемы вторичных опасностей землетрясения. Например, землетрясение может вызвать большие пожары в городах, обвалы и оползни в горных районах. Так что решения о реконструкции должны учитывать и снижение риска вторичных опасностей.

## *4. Сферы, пострадавшие от бедствия.*

Обычно в развивающихся странах доноры (правительство, международные организации и др.) выделяют средства на строительство жилых домов, учреждений здравоохранения, школ, восстановление инфраструктуры, а именно - на физическую реконструкцию. Реконструкция другой сферы, которая условно называется нефизической (социальная, психологическая, культурная, даже экономическая) при всей ее важности считается обязанностью общины. Программы реконструкции должны охватывать обе сферы, т.е. все потребности общества. Для морально-психологической реабилитации пострадавших очень важно, чтобы они участвовали в реконструкции физической сферы. Это будет иметь и оздоровительный эффект, и экономическое воздействие на реконструкцию. Обычно на этом этапе реконструируются:

- здания (жилые, производственные, объекты здравоохранения, образования и др.);
- инфраструктура (коммуникации, линии жизнеобеспечения);
- экономическая система (производство, сельское хозяйство, торговля, недвижимость, склады);
- административная и политическая сферы (архивы, системы управления и снижения риска, власть и контроль);
- психологическая (интеллектуальная и физическая) сфера;
- культурная сфера (национальные ценности, культовые очаги, традиции, общество и др.);
- социальная сфера (моральная устойчивость населения, законы, дисциплина, социальные службы и др.);
- охрана окружающей среды (леса, земли, водные ресурсы, заповедники).

#### 5. Потери.

Нарушение жизнедеятельности отмеченных выше сфер приводит к многообразным потерям. В процессе реконструкции важно не только восстановить потери, но и довести восстановленное до более высоких стандартов сейсмической безопасности.

#### 6. Возникающие потребности.

Оценка возникших из-за потерь потребностей даст возможность определить очередность действий при реконструкции. Исходя из важности этого вопроса, международные организации советуют до принятия окончательного решения проанализировать следующие вопросы:

- стабильность ситуации, с длительным сохранением определенных потребностей или их изменением по тем или иным причинам;
- равный подход к психологическим, социальным, экономическим и физическим потребностям;
- учет нужд всех слоев общины;
- учет незаметных, но важных потребностей;
- умение отличать нужды от желаний;
- выявление недовольства, возникающего в различных инстанциях;
- обеспечение оценки всех потребностей всех пострадавших районов;
- выделение важнейших нужд.

Со временем очевидные и первоочередные потребности могут резко измениться, особенно когда затягивается этап восстановления. Так, город Лениканан после Спитакского землетрясения 1988г. потерял больше половины своего жилого фонда и на этапе восстановления не было никаких сомнений в том, что приоритетным является строительство квартир. Однако с 1997 года, когда большая часть населения еще не была обеспечена квартирами, но уже привыкла к временному жилью, общественное мнение изменилось. Многие утверждали, что главное - это рабочие места, чему в программах реконструкции не было уделено надлежащего внимания. Это упущение стало причиной высокого уровня миграции из города.

### 7. Наличные ресурсы.

Соблюдение баланса потребностей и ресурсов является важным фактором на протяжении всего этапа реконструкции. Установление очередности инвестиций особенно важно тогда, когда ресурсы ограничены, а потребности велики, т.е. не могут быть удовлетворены. В этой ситуации особенно важное место следует уделить местным ресурсам: людским фондам, материалам, оборудованию и инструментам, источникам энергии, земельным участкам, надежной и достаточной информации, административным структурам.

### 8. Политические обязательства.

Для успешной реконструкции зоны бедствия, кроме людских и материальных ресурсов, необходимо иметь хорошую систему управления. Несмотря на то, что различные национальные и международные организации помогут местному населению, особенно в период чрезвычайной ситуации, организация работ по восстановлению и реконструкции является делом государственной власти. Кроме того, эффективное реагирование тесно связано со способностью власти к планированию и координации. Она должна проявить умение управлять действиями различных властных звеньев и групп. А для этого нужны политические обязательства по отношению к населению зоны бедствия. Многочисленны случаи, когда правительство или иные государственные мужи сразу после бедствия дают большие обещания или делают громкие заявления, которые потом не выполняются. На этом фоне пострадавшие от бедствия постепенно теряют доверие к власти, и реконструкция затягивается. Политические обязательства являются ключевым фактором успеха реконструкции.

В разные периоды бедствия участвуют разные «действующие лица»: государственные, общественные и частные организации, группы людей, личности, ветви власти и др. Их роль в разные периоды различна. В таблице 5.2(1) приводится участие «действующих лиц» на различных этапах чрезвычайной ситуации, восстановления и реконструкции.

Таблица 5.2(1). Основные участники разных этапов бедствия (Восстановление и реконструкция, 1993)

Участник \ Период	Оценка бедствия	Чрезвычайная ситуация	Восстановление	Реконструкция	
				Планирование	Реализация
Правительство	+	+	+	+	+
Военные	+	+	+		
Силы быстрого реагирования	+	+	+		
Местные власти	+	+	+	+	+
Община	+	+	+	+	+
Международные организации, ООН	+	+	+	+	
Общественные, гуманитарные организации	+	+	+		
Средства информации	+	+	+	+	+
Индивиды, частный сектор				+	+

### 5.3 «Подводные рифы» планирования, восстановления и реконструкции

Анализом процессов ликвидации последствий разрушительных землетрясений в развивающихся странах выявлено несколько характерных ошибок и явлений, которые могут фактически сделать невозможными или замедлить работы по восстановлению и реконструкции зоны бедствия. Обсудим их на примере Спитакского землетрясения 1988 г.

Как известно, до сегодняшнего дня зона землетрясения реконструирована частично. (Причин тому много: изменение общественного строя, экономические проблемы страны, многочисленные ошибки в сфере управления, социальные проблемы и т.д.). При этом, самые высокие темпы реконструкции были сразу же после землетрясения в 1989 – начало 1990гг., и за последние два года, начиная с 2001г., когда правительством РА были предприняты самые активные действия по вовлечению инвестиций армянской диаспоры в реконструкцию зоны бедствия. В результате, созданный фонд «Линса», качественно изменил, казалось, безнадежную ситуацию по реконструкции зоны бедствия Спитакского землетрясения 1988г.

И тем не менее, мы не можем избежать анализа некоторых причин, затянувших реконструкцию зоны бедствия, во-первых, потому что для пострадавшего населения этой зоны реконструкция длится уже 15 лет, во-вторых, с «подводными рифами» планирования, восстановления и реконструкции сталкивались и еще будут сталкиваться многие развивающиеся страны, находящиеся в условиях, близких к условиям Армении. Итак, из ситуации, сложившейся за 15 лет реконструкции зоны бедствия Спитакского землетрясения 1988г., можно извлечь несколько следующих уроков:

*1. Ошибочно при планировании предполагать, что политическое содействие пострадавшему населению будет оказываться в течение всего времени восстановления и реконструкции зоны бедствия.*

ЦК КПСС и Правительство СССР обещали ликвидировать последствия Спитакской катастрофы за 2 года. Сразу же по всей зоне бедствия начались масштабные работы (рис.5.3(1)). Зона бедствия была разделена на районы, восстановление каждого из которых должна была осуществить какая-либо область или республика СССР, так, как это было сделано при Ташкентском землетрясении 1966г. Через год-полтора резко изменилась политическая обстановка в стране. В связи с карабахским противостоянием закрылась основная железная дорога, идущая через Азербайджан, по которой ввозилось 70-80 % необходимых зоне бедствия ресурсов. Резко уменьшилась помощь из других республик, поскольку

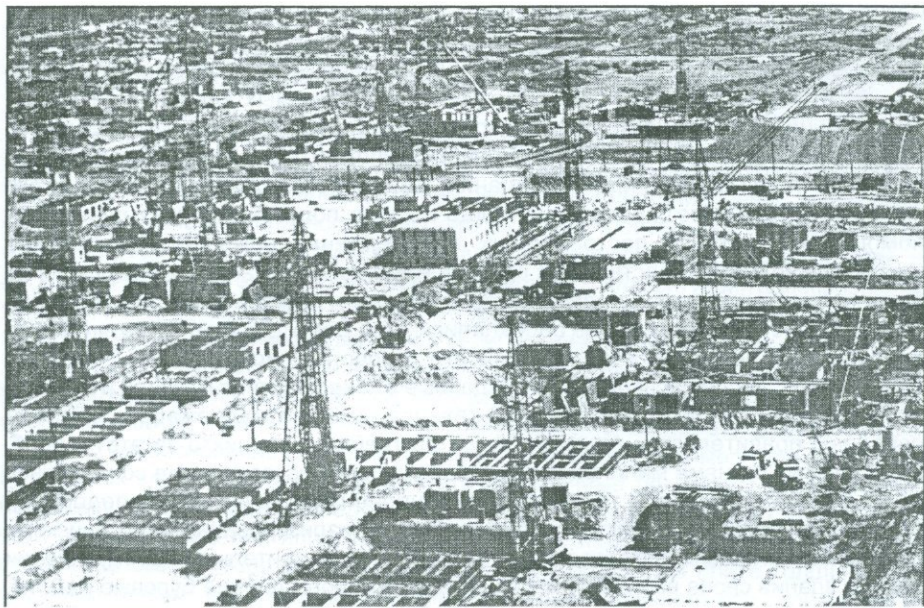
езде развернулись процессы суверенизации. Начался политический и экономический кризис по всей территории СССР. Внимание к зоне бедствия резко упало. Армения стала независимой республикой, оставшись наедине с проблемой реконструкции зоны бедствия. За 10 последних лет сменились несколько правительств, обещания большинства которых так и не воплотились в дела. Не обсуждая ценности приобретения независимости, формально, не изменилась политическая ситуация в стране, зона бедствия, при сохранении начальных темпов, если не за 2, то за 4 года была бы реконструирована (рис.5.3(1)).

*2. Не надо полагать, что в течение всей реконструкции будет продолжаться финансовое содействие.*

После Спитакского землетрясения финансирование (международное и со стороны СССР) продолжилось до этапа восстановления, однако с началом этапа реконструкции резко пошло на убыль. Из предусмотренных на восстановление зоны бедствия 12 млрд. рублей (приблизительно столько же долларов США) больше половины так и не было получено. Из-за прекращения финансирования большая часть домов осталась недостроенной и вышла из строя, было разграблено большое количество строительной техники и баз. Реконструкция прекратилась. Удалось построить только те объекты, которые финансировались международными организациями и зарубежными государствами (школы, клиники, больницы, детские сады, маленькие жилые кварталы, отдельные здания). В дальнейшем, с 1998г. за счет небольших сумм госбюджета Армении, иностранных кредитов и гуманитарных средств началось строительство жилья, объектов здравоохранения и образования. Инвестиций в сферу промышленности почти не было. Самое главное, не были созданы условия для реабилитации экономики, не стимулировалось возрождение промышленности. В итоге местные заводы не получили прибыли, не развился частный сектор. Республиканские и международные СМИ не в полную силу содействовали реконструкции.

*3. Не надо питать надежд, что между сторонами, вовлеченными в процесс реконструкции, всегда будет царить согласие взглядов, ожиданий, возможностей.*

В планировании реконструкции зоны Спитакского землетрясения участвовали многие организации, разные звенья власти, общественные организации, доноры, представители СМИ, политические деятели и т.д. В начальный период управление было сосредоточено в руках Правительства СССР. При всех своих недостатках система эта работала. Очень часто неверные решения, принятые Комиссией по управлению восстановлением зоны бедствия, не обсуждались, а сразу исполнялись. И до сих пор выбор территорий для новых кварталов г.Гюмри остается спорным. Под строительство были пущены сотни гектаров земель сельскохозяйственного оборота, в то время как был вариант реконструировать город на старом месте, поскольку с точки зрения сейсмической опасности все эти территории друг от друга мало чем отличаются. С другой стороны, решение ЦК



*Рис. 5.3(1) Начало (а) строительства нового квартала «Ани» в г.Гюмри в 1990г. и завершение(б) в 2001г., (фото М. Шахбазяна и др. из книги «Землетрясение», 1989).*

КПСС реконструировать зону бедствия за 2 года вынудило исполнительные власти, сразу же создать широкий фронт работ, а для этого требовались свободные территории. Важно было также обеспечить население временным жильем, что

легче было осуществить на территории разрушенного города в силу благоприятствующих тому обстоятельств (коммуникации, линии жизнеобеспечения, 1-2 этажные слабо поврежденные дома частного сектора, довольно много сохранившихся гаражей, используемых как жилища и т.д.) Ослабление системы централизованного управления привело к столкновениям между преследующими разные интересы группами людей, министерствами, органами территориального управления. Так, большинство участников этого процесса находят, что определенная часть товаров, полученных как гуманитарная помощь, не дошла до пострадавших, определенные важные объекты были построены не в зоне бедствия, а в столице Армении - Ереване, зоне бедствия не были предоставлены налоговые льготы (на развитие экономики), предложения местных властей часто даже не обсуждались и т.д. Все это привело к затягиванию необходимых решений, к их ошибочности и просто неисполнению. Еще один важный факт: после распада СССР созданные в зоне бедствия Россией и другими республиками строительные базы и техника не были надлежащим образом переданы правительству Армении, были разграблены, и никто за этот ущерб, исчисляемый сотнями миллионов долларов, не понес наказания. Не сохранились даже многие результаты детальных инженерно-геологических исследований территорий населенных пунктов, выполненных специализированными российскими организациями после землетрясения. Сегодня, при строительстве или усилении любого здания снова вынужденно производятся дорогостоящие буровые работы.

*4. Возможно, что в процессе реконструкции будет ощущаться недостаток специалистов и руководителей-менеджеров.*

Можно сказать, что в Армении не было нехватки специалистов, но проблема состояла в том, что их силы полностью не использовались во время планирования и реконструкции. После отбытия пришедших на помощь извне экспертов местные специалисты не смогли сразу овладеть ситуацией из-за ее незнания. Велики были недостатки в сфере управления и координации. Организаторы работ неоднократно применяли необоснованные подходы, которые затем приводили к сложным последствиям.

*5. Ошибочна точка зрения, что физическая реконструкция должна предварять экономическую и социальную реконструкции.*

Уже было отмечено, что физическая, экономическая, социальная, психологическая реконструкции тесно переплетены, их разъединение в зоне Спитакского землетрясения привело к высокому уровню миграции населения. До сих пор не уделено серьезного внимания экономическому оздоровлению пострадавшего региона, несмотря на то, что зона бедствия имела развитую промышленность. Только в Гюмри, где находилось как минимум 10 заводов всесоюзного значения, сегодня безработица составляет около 40 % - самый высокий показатель в Армении. В число безработных входят инженеры высокой квалификации, мастера, ремесленники, рабочие. Бывшие промышленные гиганты или не работают, или производительность их не превышает первые проценты от их мощности. Эта ситуация повторяется также и в других сферах. Например, в

области культуры. 73 историко-архитектурных памятника, представляющих высокую ценность, 14 музеев, 391 общественная библиотека, 42 кинотеатра, 350 домов культуры, пострадавших от землетрясения, почти не восстановлены.

*6. Невозможно в условиях многих развивающихся стран, включая Армению, осуществить быструю реконструкцию без снижения качества и безопасности.*

Обычно причины крупномасштабных разрушений многочисленны: заниженная оценка сейсмической опасности, недоработанные строительные нормы, ошибки в проектировании сейсмостойких конструкций, некачественное строительство и др. Быстро устранить эти ошибки просто невозможно. В этой ситуации целесообразно использовать международный опыт, с учетом местных условий, возможностей, традиций и т.п., а при необходимости и силы специалистов из других стран.

Однако, в частности, при восстановлении г. Гюмри эта проблема приобрела неожиданную форму. Сперва, под непосредственным впечатлением трагедии, проектировщики проявили излишнюю осторожность и спроектировали новые здания с необоснованно большим запасом прочности. Например, для 4-, иногда 5-этажных зданий были вполне достаточны прочные ленточные фундаменты, поскольку детальными исследованиями так и не было доказано, что здания получили повреждения или обрушились именно из-за этих фундаментов. Во-вторых, не было нужды строить здание на железобетонной плите толщиной 70 см, занимающей всю площадь здания, что очень повысило его стоимость. В дальнейшем, спустя пять лет, после утверждения новых норм сейсмостойкого строительства Армении, эта ошибка, стоившая дополнительных неоправданных сил и средств, была исправлена.

*7. Не следует полагать, что качественная реконструкция отличается от обычного планирования и строительства.*

До осуществления реконструкции необходимо пересмотреть административную систему проектирования и осуществления строительства, порядок планирования, систему контроля качества, пригодность территорий, структуру местных властей, уровень жизни и т.д., с тем, чтобы выяснить - нуждается все это в улучшении, изменении или нет.

В Программе ООН по обучению и управлению катастрофой предлагаются 12 принципов управления, необходимых для организации процессов восстановления и, особенно, реконструкции:

1. Планирование процесса восстановления требует большого объема и полной интегрированности.

2. В решении жизненно важных проблем между реформистами и консерваторами должен быть достигнут консенсус.

3. Процесс реконструкции нельзя откладывать в ожидании благоприятных политических, административных или экономических перемен.

4. Экономическое оздоровление – предварительное условие физической реконструкции.

5. Реконструкция – уникальная возможность снижения сейсмического риска.

6. Эвакуация всего населения из зоны бедствия невыполнима и неэффективна.

7. Активное участие населения зоны бедствия в процессе восстановления оказывает на людей оздоровляющее психологическое воздействие.

8. Постоянный приток наличных денег и кредитов во время всего процесса реконструкции является надежным основанием для реконструкции.

9. Успешная реконструкция тесно связана с решением вопроса о собственности на землю.

10. Успех реконструкции зависит от максимального использования местных людских и материальных ресурсов.

11. Физическое оздоровление зоны бедствия зависит от степени подготовленности персонала органов местного управления и самоуправления, руководителей пострадавших сфер, других участников процесса.

12. Политические обязательства руководства страны являются важным фактором результативности процесса реконструкции.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сейсмическая защита представляет собой неотъемлемую часть национальной безопасности страны, расположенной в сейсмоактивной зоне. Организация сейсмической защиты представляет собой долгосрочный, перманентный процесс, включающий политические, социальные, экономические, образовательные, организационные, научные, инженерно-технические и другие специальные решения и мероприятия, направленные на обеспечение сейсмической безопасности и устойчивого развития общества и государства. Масштабы сейсмической катастрофы прямо связаны с эффективностью системы сейсмической защиты.

Учитывая исключительную сложность проблемы и высокую ответственность властей перед народом за его безопасность, для организации эффективной системы сейсмической защиты необходимо объединение усилий всего общества и государства.

Сейсмическая защита осуществляется путем поэтапного снижения сейсмического риска на основе долгосрочных государственных программ и закона о сейсмической защите.

Управление снижением сейсмического риска и сферой сейсмической защиты, путем координации действий всех министерств и ведомств, должно осуществляться сейсмологическим органом государственного управления типа НССЗ при Правительстве РА, разрабатывающим и реализующим политику сейсмической защиты через государственные программы, опираясь на закон о сейсмической защите, другие правовые и нормативные документы.

Главными принципами сейсмической защиты являются:

- приоритет «Готовности» над «Восстановлением»;
- равная приоритетность всех элементов сейсмической защиты;
- интернационализация государственных программ по снижению сейсмического риска, с целью глубокой интеграции национальной системы сейсмической защиты в международные структуры.

Приоритет «Готовности» над «Восстановлением» означает, что все действия по защите общества и государства от сильных землетрясений должны быть предприняты до очередного землетрясения, которое неизбежно в сейсмоактивной зоне, и должны носить долгосрочный, перманентный и сейсмозащитный характер.

Пагубная же политика бездействия общества и государства до следующего землетрясения в невежественной надежде на то, что «пронесет», всегда заканчивается масштабными разрушениями и многотысячными жертвами среди населения с тяжелым и длительным «Восстановлением» зоны бедствия, как это происходит в Армении и во многих других развивающихся странах. Нельзя заниматься «Восстановлением» зоны бедствия и одновременно не заботиться о создании системы сейсмической защиты от следующего сильного землетрясения, превращая всю страну в потенциальную и постоянную зону бесконечного «Восстановления» от одного землетрясения к другому. Нужно всегда помнить, что за каждый не вложенный доллар США в систему готовности, т.е. сейсмической защиты, до землетрясения, затем

необходимо будет заплатить в десять раз больше на восстановление разрушенного, а также заплатить жизнью десятков тысяч своих граждан.

Нельзя путать систему сейсмической защиты с гражданской обороной (ГО) и системой чрезвычайных ситуаций (ЧС). Чрезвычайная ситуация, которой занимается гражданская оборона и система ЧС, это всего лишь краткосрочный этап, возникающий после сильного землетрясения, в преодолении которого участвует все общество и государство. Система же сейсмической защиты – это снижение сейсмического риска (риска потерь) до землетрясения, с целью предотвращения ЧС. Эффективность системы ГО и ЧС весьма низка при широкомасштабных сейсмических катастрофах, возникающих из-за отсутствия системы сейсмической защиты.

Равная приоритетность всех элементов сейсмической защиты означает, что нельзя построить надежный дом, если не знаешь величину сейсмической опасности и если ты не информирован о том, что такое сейсмостойкое строительство. Нельзя надеяться на то, что выживешь при сильном землетрясении, имея плохо построенный дом и не зная что такое землетрясение и сейсмическая защита и т.д.

Интернационализация государственных программ по снижению сейсмического риска означает не только высокий уровень и стандарты национальной системы сейсмической защиты, но и интеграцию в коллективную международную систему снижения сейсмического риска.

Ключевым элементом снижения сейсмического риска является информированность общества о сейсмической опасности и риске, т.к. только хорошо осведомленное общество может потребовать решения проблемы сейсмической защиты на всех уровнях – от политического до экономического и социального.

Информированное общество должно знать, что: 1) его страна расположена в зоне высокой сейсмической опасности и риска; 2) сильные землетрясения на территории его страны всегда были и будут, согласно закону повторяемости землетрясений; 3) сильное землетрясение длится всего несколько десятков секунд и потому все действия по защите населения должны предприниматься обществом и государством до следующего сильного землетрясения, а не после него, когда уже поздно; 4) нельзя, живя в сейсмоактивной зоне, снижать сейсмостойкость зданий и сооружений, реконструируя их по собственному желанию, что неизбежно приведет широкомасштабной катастрофе при следующем сильном землетрясении; 5) быстрое продвижение по пути создания эффективной системы сейсмической защиты возможно даже при ограниченных материальных ресурсах государства, как это показала Армения в период с 1991 по 2002гг; 6) нельзя возлагать создание и развитие системы сейсмической защиты на органы госуправления не сейсмологического профиля, так как сейсмическая защита это глубоко профессиональная сфера, не относящаяся ни к ГО, ни к ЧС, ни к какому-либо другому непрофилирующему органу госуправления; 7) нельзя снижать статус сейсмологического ведомства в сейсмоактивной зоне, а необходимо непрерывно повышать его, как это делается, к примеру, в Китае, для эффективного решения сложнейших проблем сейсмической защиты общества и государства.

# Приложение 1

## Краткое содержание и график долгосрочной государственной программы по снижению сейсмического риска на территории республики Армения

(утверждена решением Правительства N 429 от 10 июня 1992 г.)

NN п/п	Виды работ	Срок исполнения							
		99	00	01	02	03	10	20	30
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>1</b>	<b>Оценка сейсмической опасности</b>								
1.1	Улучшенный прогноз сейсмической опасности и связанных с ней вторичных опасных явлений (пожары, оползни и т.д.)								
1.1.1	Дальнейшее развитие мониторинга сейсмической опасности и связанных с ней вторичных опасностей (оползни и др.) на базе национальной многопараметровой сети наблюдений НССЗ при Правительстве РА								
1.1.2	Усовершенствование системы обработки и анализа данных								
1.1.3	Расширение и усовершенствование системы связи национальной сети наблюдений на разных иерархических уровнях от локального до регионального								
1.1.4	Расширение существующей базы данных о сейсмической опасности								
1.1.5	Установление закономерностей и связи между предвестниками сейсмического события и сильным землетрясением, на основе ретроспективного тестирования всех сейсмических событий на территории Армении и сопредельных стран								
1.1.6	Разработка экспертных систем для прогноза текущей сейсмической опасности и связанной с ней возможной сейсмической катастрофы								
1.1.7	Картирование краткосрочной, среднесрочной и долгосрочной сейсмической опасности								
1.1.8	Переработка и дополнение методики сейсмического районирования (СР) и микрорайонирования (СМР) на основе современных технологий								
<b>2</b>	<b>Оценка сейсмического риска</b>								
2.1	Картирование сейсмического риска территории Армении								
2.1.1	Создание базы данных								
2.1.2	Разработка пакета компьютерных программ на базе геоинформационной системы (GIS)								
2.1.3	Расчет и картирование риска								
2.1.4	Публикация карт сейсмического риска территории Армении и ее населенных пунктов								
<b>3</b>	<b>Снижение сейсмического риска на территории Армении</b>								
3.1	Создание центра управления снижением сейсмического риска на базе НССЗ при Правительстве РА								
3.1.1	Разработка эффективных средств связи между НССЗ при Правительстве РА, ответственными республиканскими организациями и районами (марзами) в сфере сейсмической защиты								
3.1.2	Применение новейших технологий оценки масштаба и характера сейсмической катастрофы в пределах зоны сейсмической опасности для территории Армении, с целью принятия адекватных решений по распределению сил и средств для организации спасательных и восстановительных работ								
3.1.3	Создание базы данных по составляющим снижения сейсмического риска								
3.1.4	Создание локальной компьютерной сети НССЗ при Правительстве РА, с целью быстрой обработки и анализа текущих данных								

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.1.5	Создание сети связи между НССЗ при Правительстве РА и всеми ответственными министерствами и ведомствами в сфере сейсмической защиты								
3.2	Создание по всей территории Армении системы раннего оповещения о сильном землетрясении								
3.2.1	Разработка проекта системы раннего оповещения при сильном землетрясении								
3.2.2	Модернизация национальной сети наблюдений для использования в системе раннего оповещения								
3.2.3	Разработка пакета программ для обработки данных системы раннего оповещения								
3.2.4	Создание системы сейсмической тревоги для раннего оповещения								
3.3	Снижение сейсмической уязвимости зданий и сооружений, линий жизнеобеспечения и инфраструктуры населенных пунктов								
3.3.1	Разработка программы снижения сейсмической уязвимости территорий								
3.3.2	Разработка по современной методике норм РА "Инженерные исследования в строительстве", согласованные с нормами сейсмостойкого строительства								
3.3.3	Сейсмомикрорайонирование городов и других населенных пунктов РА согласно требованиям новой методики СМР: а) города Еревана, б) другие города, в) другие населенные пункты								
3.3.4	Составление детальных карт застройки городов и населенных пунктов РА с указанием проектной сейсмостойкости каждого объекта: а) для Еревана б) других городов в) других населенных пунктов								
3.3.5	Создание банка данных сильных движений грунтов и получение синтетических акселерограмм для различных грунтовых условий Армении								
3.3.6	Проведение исследований фактического технического состояния и степени повреждений зданий и сооружений в городах и других населенных пунктах РА в соответствии с требованиями новой методики								
3.3.7	Комплексная оценка влияния сильного землетрясения на окружающую среду								
3.3.8	Разработка пособия по расчету и конструированию зданий и сооружений согласно существующим нормативным документам								
3.3.9	Совершенствование и применение новейших технологий повышения сейсмостойкости зданий и сооружений с временным прекращением и без прекращения их функционирования								
3.3.10	Разработка и применение методов инженерной защиты городов, населенных пунктов, жилых, гражданских и промышленных объектов, транспортных магистралей (автомобильных и железных дорог), объектов жизнеобеспечения от опасных геологических и гидрогеологических процессов, спровоцированных землетрясениями.								
3.4	Разработка детальной комплексной программы по повышению информированности населения о необходимых мероприятиях по снижению сейсмической опасности и сейсмического риска для предотвращения возможных катастроф								
3.4.1	Разработка и внедрение учебных программ для разных слоев населения с использованием опыта ведущих стран, адаптированного к условиям Армении								
3.4.2	Подготовка преподавательского состава и учителей в сфере готовности к сильному землетрясению								
3.4.3	Создание учебных видеофильмов по сейсмической защите для показа республиканскими и районными телекомпаниями								
3.5.1	Организация учебных курсов, специальных теле- радиопередач в области управления сейсмическим риском для обучения руководящих работников органов государственного управления								

3.10.6	Уточнение генпланов городов и других населенных пунктов РА, с целью приведения их в соответствие с действующими нормами сейсмостойкого строительства и картой сейсмозонирования								
3.10.7	Утверждение особых условий для функционирования промышленности, сельского хозяйства, строительной индустрии и т.д. в зоне бедствия								
3.10.8	Размещение и комплексное планирование местоположения специальных служб (транспорта, связи, энергоснабжения и др.), а также учреждений здравоохранения и учебных заведений, с точки зрения сейсмической опасности и риска								
3.10.9	Проектирование зданий и сооружений зоны бедствия								
3.11	Снижение социально-психологической уязвимости лиц (спасателей и др.), оказывающих помощь населению в зоне бедствия								
3.11.1	Анализ мирового опыта в области снижения социально-психологической уязвимости населения к катастрофам								
3.11.2	Разработка учебного пособия и систематизация сбора информации в области социально-психологической уязвимости населения								
3.11.3	Разработка программы по преодолению стресса и адаптации к существующим условиям у населения зоны бедствия								
3.11.4	Внедрение учебной программы по социально-психологической уязвимости населения по отношению к катастрофам								
3.12	Создание правовой основы снижения сейсмического риска на территории Армении								
3.12.1	Разработка и принятие Закона РА о сейсмической защите								
3.12.2	Разработка и утверждение нормативных актов (документов), регламентирующих действия по снижению сейсмического риска на территории Армении								

Общая продолжительность программы - 32 года; исполнители – все министерства и ведомства, общественные и частные организации; главный координатор – НССЗ при Правительстве РА.

*Примечание: Сведения об обосновании программы, исполнителях, ожидаемых результатах и др. приведены в полном документе «Комплексная программа снижения сейсмического риска на территории Армении», решение Правительства Армении №429 от 10 июня 1999г.*

## ЗАКОН РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ О СЕЙСМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЕ

Данный закон устанавливает основы организации сейсмической защиты в Республике Армения и регулирует отношения, связанные с ними.

### ГЛАВА 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

#### **Статья 1. Законодательство о сейсмической защите.**

Законодательство о сейсмической защите состоит из настоящего закона, других законов и правовых актов.

Если в области сейсмической защиты по международному договору устанавливаются нормы, отличающиеся от норм законодательства, то применяются нормы международного договора.

#### **Статья 2. Основные понятия, используемые в законе.**

В настоящем законе используются следующие основные понятия:

1) сильное землетрясение- землетрясение, сила которого по шкале магнитуд выше 5.5;  
2) сейсмическая защита: это правовые, социальные, экономические, образовательные, организационные, научные, инженерно-технические и другие специальные мероприятия, направленные на обеспечение сейсмической безопасности и устойчивого развития государства и общества;

3) сейсмическая опасность: угроза возможного сильного землетрясения в регионе, которое проявляется сильными толчками;

4) сейсморайонирование: картирование регионального распределения возможной наибольшей сейсмической опасности в регионе;

5) сейсмическая ситуация: общая характеристика сейсмической опасности с точки зрения сейсмической защиты;

6) сейсмический риск: человеческие, материальные и другие возможные потери, обусловленные сильным землетрясением;

7) снижение сейсмического риска: комплексные, разнообразные долгосрочные действия государства и общества (административные, правовые, социальные, экономические, учебные, образовательные, научные, инженерно-технические, организационные и др.), направленные на снижение человеческих, материальных и других возможных потерь от сильного землетрясения;

8) раннее оповещение: оповещение о временном нарушении естественной жизнедеятельности населения, с целью обеспечения его безопасности;

9) сейсмическая защита зданий и сооружений: обеспечение сейсмостойкости зданий, сооружений;

10) оценка уязвимости зданий и сооружений: прогнозирование поведения зданий, сооружений при сильном землетрясении;

11) силы быстрого реагирования сейсмической защиты: специализированные, многопрофильные формирования в области сейсмической защиты для оказания незамедлительной помощи населению при сильном землетрясении или его угрозе.

### **Статья 3. Основные цели осуществления сейсмической защиты.**

Основные цели осуществления сейсмической защиты:

а) осуществление уполномоченным в области сейсмической защиты органом (далее уполномоченный орган) единой государственной политики;

б) обеспечение приоритета принципов готовности и предотвращения над возобновлением последствий в единой государственной и международной межгосударственной политике;

в) равная приоритетность всех элементов снижения сейсмического риска;

г) вовлечение органов государственного управления, местного самоуправления и общества в реализацию государственных и межгосударственных программ снижения сейсмического риска;

д) интернационализация государственных программ снижения сейсмического риска.

### **Статья 4. Программы работ по сейсмической защите.**

Работы по сейсмической защите на территории Республики Армения реализуются через государственную программу снижения сейсмического риска (далее Программу).

Программа носит комплексный характер и состоит из краткосрочных (до 1 года), среднесрочных (до 5 лет) и долгосрочных (до 30 лет) подпрограмм.

Программа включает комплексные мероприятия с графиком и ответственными исполнителями, направленные на снижение уязвимости территорий по отношению к землетрясениям и связанным с ними катастрофам.

В результате выполнения программы обеспечивается прогноз сейсмической опасности, оценка и снижение сейсмического риска.

Ежегодно, до 1 мая, руководитель уполномоченного в области сейсмической защиты органа выступает на заседании Национального собрания с докладом о проведении работ, предусмотренных краткосрочной программой снижения сейсмического риска.

Программа финансируется за счет средств государственного бюджета Республики Армения, а также не запрещенных законодательством других источников.

### **Статья 5. Объекты деятельности сейсмической защиты.**

С точки зрения оценки и снижения сейсмического риска, объектами сейсмической защиты являются:

а) территория Республики Армения;

б) территория административно-территориальных единиц Республики Армения;

- в) населенные пункты Республики Армения;
- г) правительственные, оборонные, промышленные, агропромышленные, гидротехнические (в том числе водохранилища, плотины), энергетические (в том числе АЭС), научно-технические, здравоохранения и образования комплексы;
- д) здания, сооружения, недвижимость памятников истории и культуры;
- е) инженерно-транспортные системы коммуникаций;
- ж) линии жизнеобеспечения (газопровод, линии водоснабжения и канализации).

#### **Статья 6. Классификация объектов действия сейсмической защиты.**

С точки зрения оценки и снижения сейсмического риска, объекты сейсмической защиты, по назначению, классифицируются как:

- 1) особые;
- 2) важные;
- 3) общие.

Список объектов по классификации утверждает правительство Республики Армения в установленном порядке.

## **ГЛАВА 2. ГОСУДАРСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ В ОБЛАСТИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ.**

#### **Статья 7. Полномочия правительства Республики Армения в области сейсмической защиты.**

В области сейсмической защиты правительство Республики Армения:

- 1) утверждает основные направления государственной политики;
- 2) утверждает государственные программы снижения сейсмического риска;
- 3) определяет перечень объектов особого, важного и общего значения;
- 4) определяет уполномоченный орган государственного управления;
- 5) определяет порядок предоставления лицензий для работ по сейсмозащитному районированию;
- 6) реализует установленные законодательством иные полномочия.

#### **Статья 8. Полномочия органа, уполномоченного в области сейсмической защиты.**

Уполномоченный в области сейсмической защиты орган:

- 1) разрабатывает основные направления государственной политики в области сейсмической защиты;
- 2) несет ответственность за оценку сейсмической опасности и риска, снижение сейсмического риска;
- 3) координирует работы, проводимые в области снижения сейсмического риска на территории Республики Армения;
- 4) утверждает прогноз возможных сильных землетрясений на территории

Республики Армения и опасной близости от нее;

5) составляет карты различных масштабов сейсморайонирования территории Республики Армения, сейсмомикрорайонирования и сейсмического риска, густонаселенных районов, объектов особого, важного и общего значения;

6) утверждает экспертные оценки сейсмического риска территорий объектов особого, важного и общего значения;

7) организует подготовку и обучение населения к противостоянию сильным землетрясениям;

8) координирует и контролирует выполнение государственных программ в области сейсмического риска;

9) участвует в оперативной оценке уязвимости зданий и сооружений, с целью снижения сейсмического риска в зонах высокой сейсмической опасности;

10) в установленном порядке выдает лицензии для работ по сейсморайонированию;

11) выполняет иные полномочия, установленные настоящим законом.

### **Статья 9. Полномочия местных органов самоуправления в области сейсмической защиты.**

Полномочия местных органов самоуправления Республики Армения в области сейсмической защиты устанавливаются „Законом о местных органах самоуправления” Республики Армения, настоящим и иными законами.

Местные органы самоуправления в области сейсмической защиты:

1) организуют работы по снижению сейсмического риска на территории общины;

2) обеспечивают работы по подготовке населения к сильному землетрясению на территории общины;

3) содействуют выполнению государственных программ в области сейсмической защиты на территории общины;

4) реализуют другие полномочия, установленные законодательством Республики Армения.

### **Статья 10. Сферы, подлежащие лицензированию, в области сейсмической защиты.**

В области сейсмической защиты подлежат лицензированию работы по сейсморайонированию. Указанные лицензии выдаются только юридическим лицам, сроком до трех лет.

Для получения лицензии взимается государственная пошлина в установленном законом размере и порядке.

## **ГЛАВА 3. ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ.**

### **Статья 11. Элементы оценки сейсмической опасности.**

Элементами оценки сейсмической опасности являются оценка первичной сейсмической опасности и оценка вторичной сейсмической опасности.

Оценка первичной сейсмической опасности включает оценку долгосрочной и текущей сейсмической опасности.

Оценка вторичной сейсмической опасности включает оценку последующих природных и техногенных явлений, вызванных землетрясением.

### **Глава 12. Оценка долгосрочной сейсмической опасности.**

Оценка долгосрочной сейсмической опасности - это прогнозирование места и силы максимальных возможных толчков на поверхности Земли.

В результате оценки долгосрочной сейсмической опасности, в установленном порядке, составляются карты сейсморайонирования различного масштаба, которые в качестве нормативного документа утверждает уполномоченный орган.

Карты сейсморайонирования являются основой норм проектирования, сейсмостойкого строительства, разработки схем землепользования, расселения населения Республики Армения.

Карты сейсмомикрорайонирования в обязательном порядке учитываются при застройке городов и населенных пунктов и проектировании объектов особого, важного и общего значения.

### **Статья 13. Оценка текущей сейсмической опасности.**

Оценка текущей сейсмической опасности - это прогнозирование с определенной вероятностью места, силы и времени возможного сильного землетрясения.

Для оценки текущей сейсмической опасности на территории Республики Армения действует национальная многопараметровая сеть сейсмических наблюдений.

Сеть состоит из национальных и международных наблюдательных станций, которые включены в мировую глобальную сеть. На сейсмических станциях непосредственно выполняются круглосуточные многопараметровые наблюдения и полученные результаты сообщаются в центр сбора данных уполномоченного органа, где они собираются в едином банке данных. После экспертного анализа информация, в установленном уполномоченным органом порядке, сообщается Президенту Республики Армения, председателю Национального собрания Республики Армения, премьер-министру Республики Армения, компетентным органам и населению.

Уполномоченный орган устанавливает порядок создания сети, реализацию наблюдений, сбора и передачи информации.

Для обеспечения достоверности информации о природных явлениях и во избежание искажений наблюдений вокруг наблюдательных станций создаются охранные зоны.

## **ГЛАВА 4. ОЦЕНКА И СНИЖЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА.**

### **Статья 14. Оценка сейсмического риска.**

Оценка сейсмического риска - это прогнозирование людских, материальных и иных возможных потерь, обусловленных сильным землетрясением.

В результате оценки сейсмического риска, в установленном уполномоченным органом порядке, составляются и утверждаются карты сейсмического риска различного масштаба, которые закладываются в основу программ экономического развития.

#### **Статья 15. Основные задачи снижения сейсмического риска.**

Основные задачи снижения сейсмического риска:

- 1) снижение уязвимости территорий;
- 2) повышение осведомленности и готовности населения;
- 3) подготовка органов государственного управления и местного самоуправления к управлению сейсмическим риском;
- 4) создание системы раннего оповещения населения;
- 5) медицинская готовность;
- 6) развитие сил быстрого реагирования;
- 7) создание системы страхования;
- 8) реабилитация населения и восстановление зоны, пострадавшей от сильного землетрясения;

Снижение сейсмического риска осуществляется согласно комплексным государственным программам снижения сейсмического риска.

#### **Статья 16. Основные принципы снижения уязвимости территорий.**

Основные принципы снижения уязвимости территорий:

- 1) сейсмозонирование территорий;
- 2) оценка сейсмического риска населенных пунктов, объектов особого, важного и общего значения;
- 3) усиление существующих построек;
- 4) повышение сейсмостойкости объектов особого, важного и общего значения и линий жизнеобеспечения;
- 5) наличие правил и норм сейсмостойкого строительства;
- 6) осуществление государственного контроля над реализацией мероприятий и требований по снижению уязвимости зданий и сооружений в процессе их проектирования, строительства и эксплуатации;
- 7) прогнозирование вторичных опасностей.

#### **Статья 17. Роль населения в системе сейсмической защиты.**

Повышение осведомленности и готовности населения обеспечивается посредством государственной системы обучения.

Государственная система обучения включает следующие подсистемы:

- 1) непосредственное обучение различных слоев населения, начиная с общеобразовательных школ (посредством инструкторов, преподавателей, учителей, врачей и др.);

2) учебные программы, методические пособия, соответствующие дидактические материалы;

3) теле- и радио передачи, публикации в средствах массовой информации;

4) социально-психологическая подготовка;

Государственная система обучения обеспечивает достоверность и доступность предоставляемой информации.

### **Статья 18. Подготовка органов государственного управления и местного самоуправления к управлению сейсмическим риском.**

Целью подготовки органов государственного управления и местного самоуправления является создание единой системы управления сейсмическим риском, обеспечивающей эффективное использование сил и средств государства.

Подготовка к управлению сейсмическим риском должна включать следующие периоды: до землетрясения (долгосрочные предупредительные мероприятия), во время землетрясения (быстрое реагирование), после землетрясения (оказание помощи, восстановительные работы, реабилитация населения).

Подготовка органов государственного управления и местного самоуправления включает разработку региональных и общинных программ снижения сейсмического риска, а также разработку программ взаимопомощи, организацию практических учений.

### **Статья 19. Порядок оповещения населения о сейсмической ситуации при сильном землетрясении или его угрозе.**

Официальное оповещение населения о сильном землетрясении или его угрозе, а также об общей сейсмической ситуации в Республике Армения осуществляется в установленном правительством Республики Армения порядке.

### **Статья 20. Способы раннего оповещения.**

Способами раннего оповещения и сообщения являются не срочное оповещение, через органы государственного управления, и срочное, автоматическое оповещение посредством звукового сигнала сейсмической тревоги.

В основе не срочного раннего оповещения и сообщения лежит оценка уполномоченным органом текущей сейсмической опасности, которая сопровождается осуществлением предусмотренных мероприятий в установленном правительством Республики Армения порядке. Главная цель мероприятий - избежать значительных людских и материальных потерь, посредством заранее запрограммированных действий.

Срочное раннее оповещение и сообщение - это передача сигнала о разрушительной сейсмической волне, распространяющейся от очага землетрясения к населенному пункту, посредством технической автоматической системы.

### **Статья 21. Система быстрого реагирования.**

Система быстрого реагирования в области сейсмической защиты включает

программу действий, силы, необходимые средства и направлена на оказание быстрой и эффективной помощи населению с целью обеспечения минимальных людских и материальных потерь.

Программу действий, в установленном порядке, утверждает правительство Республики Армения. Программа действий - это список комплексных мероприятий при землетрясении с соответствующим графиком и ответственными исполнителями.

В районах, пострадавших от землетрясения, силы быстрого реагирования (далее силы) осуществляют:

- 1) поисково-спасательные работы;
- 2) оказание первой медицинской помощи населению, пострадавшему от землетрясения, силами спасателей и населения;
- 3) оказание медицинской помощи силами системы здравоохранения;
- 4) исследование психологического состояния людей и организацию разъяснительной работы с населением;
- 5) восстановление связи и других подсистем жизнеобеспечения;
- 6) организацию информационной службы;
- 7) организацию материально-технического снабжения;
- 8) обеспечение общественного порядка;
- 9) обезвреживание аварийных зданий;
- 10) оценку степени предварительной поврежденности зданий и сооружений и последствий в зоне землетрясения;
- 11) установку густой сети сейсмических наблюдательных станций, сейсмогеологические и макросейсмические исследования в зоне землетрясения;
- 12) другие работы по ликвидации последствий сильного землетрясения.

По решению премьер-министра Республики Армения, силы быстрого реагирования участвуют в работах по ликвидации последствий землетрясения, имевшего место за пределами Республики Армения.

#### **Статья 22. Медицинская готовность.**

Медицинская готовность основана на прогнозировании возможных санитарных потерь при землетрясении.

Медицинская готовность предполагает:

- 1) подготовку специализированных медицинских учреждений;
- 2) подготовку медицинских и не медицинских специалистов, с целью оказания первой медицинской помощи;
- 3) планирование размещения медицинских учреждений в зависимости от расположения зон высокого сейсмического риска;
- 4) осуществление взаимных действий между медицинскими службами и органами государственного управления и местного самоуправления.

#### **Статья 23. Принципы восстановления.**

Этап восстановления зоны, пострадавшей от сильного землетрясения, является промежуточным между этапами чрезвычайной сейсмической ситуации и реконструкции. Длительность и стратегию восстановительного этапа определяет

правительство Республики Армения.

Осуществление восстановительных работ основывается на следующих принципах:

- 1) планирование возможных объемов вероятных восстановительных работ до катастрофы и уточнение этих объемов после катастрофы;
- 2) обеспечение сотрудничества между органами государственного управления и местного самоуправления, неправительственными учреждениями, общества для решения восстановительных задач;
- 3) создание условий для активного участия населения зоны бедствия в восстановительных работах;
- 4) создание условий для привлечения международных инвестиций в зону бедствия.

#### **Статья 24. Сущность восстановительных работ.**

Восстановительные работы предполагают:

- 1) пересмотр существующих карт оценки сейсмической опасности и составление новых карт (в том числе сейсмомикрорайонирования);
- 2) восстановительную программу находящихся в зоне землетрясения населенных пунктов и наличие генплана;
- 3) разработку стратегии сейсмостойкого строительства в зоне землетрясения;
- 4) оценку технического состояния сохранившихся зданий и сооружений, выдачу сертификата для их эксплуатации;
- 5) снос высокоаварийных и разрушенных строений и очистка площадки;
- 6) строительство новых населенных пунктов, жилых массивов, зданий;
- 7) восстановление объектов здравоохранения, культуры, быта, промышленности, образования и науки, линий жизнеобеспечения, религиозных строений;
- 8) решение задач охраны окружающей среды.

#### **Статья 25. Помощь населению и его реабилитация.**

Целью оказания помощи населению и его реабилитации является снижение материальных и психологических потерь государства после землетрясения.

Оказание помощи населению и его реабилитация многоэтапны: оперативная (первые несколько дней), краткосрочная (первый месяц), среднесрочная (первый год) и долгосрочная (более одного года).

Оказание помощи населению и его реабилитация основаны на следующих принципах:

- 1) предварительное планирование объемов работ по оказанию помощи и реабилитации до катастрофы и уточнение непосредственно после катастрофы;
- 2) активное участие органов государственного управления и местного самоуправления, общества.

#### **Статья 26. Порядок страхования от землетрясения в Республике Армения.**

Страхование жизни, здоровья и имущества граждан Республики Армения, а также имущества органов государственного управления и местного

самоуправления, юридических лиц от землетрясения осуществляется в порядке, установленном законом „О страховании» Республики Армения.

## **ГЛАВА 5. ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА ПРАВОНАРУШЕНИЯ В ОБЛАСТИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ.**

**Статья 27. Ответственность за правонарушения в области сейсмической защиты.**

Правонарушения, совершенные в области сейсмической защиты вызывают ответственность в порядке установленном законодательством Республики Армения.

## **ГЛАВА 6. ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ.**

**Статья 28. Вступление в силу закона.**

Настоящий закон вступает в силу с момента его официального опубликования.

Правительство РА.

Примечание: Закон о Сейсмической защите принят в 2002г.

### Правила поведения до, во время и после землетрясения

Настоящие правила разработаны НССЗ при Правительстве РА совместно с Армянской ассоциацией сейсмологии и физики Земли (ААСФЗ), с учетом международного опыта и опыта Армении при Спитакском землетрясении 1988г.

#### **Что делать перед землетрясением?**

Ниже перечислены меры, которые нужно предпринять заранее перед следующим землетрясением. Для одних людей требуются простые действия, которые каждый должен предпринять как можно скорее; другие меры рекомендуются для тех, кто хочет обеспечить себе большую безопасность.

1. Не совершайте в квартирах незаконных переделок, снижающих сейсмостойкость здания (рыть подвалы, ослабляющие фундамент, произвольно менять план квартиры, открывать ниши в несущих стенах, размещать большие емкости для воды на крышах и т.д.)

2. Выпишите и держите около телефонного аппарата номера телефонов скорой помощи, вызова пожарных, полиции, службы сейсмической защиты.

3. Освободите парадные, лестничные площадки и коридоры зданий от объемных предметов; переделайте неподвижные решетки на окнах нижних этажей в подвижные; замените металлические двери на деревянные, держите свободными запасные выходы.

4. Прикрепите тяжелые вещи и мебель к полу или стенам; разместите легковоспламеняющиеся предметы, сосуды с опасными веществами в нижних ящиках шкафов или на полу, надежно закрепив их. Разместите кровати подальше от окон, около несущих стен и не развешивайте над ними тяжелые предметы (полки с книгами, картины в рамах, цветы в горшках и вазах и т.д.)

5. Определите заранее дома и на работе самые безопасные места (внутренние основные несущие стены, углы основных стен, дверные проемы в них, несущие колонны и т.д.), где можно будет укрыться во время землетрясения, пока не закончатся сейсмические толчки.

6. Определите заранее наиболее короткий и безопасный путь выхода из здания. Поставьте в известность об этом членов семьи. Имейте под рукой сумку с медицинской аптечкой, запасом продуктов на несколько дней, фонариком, теплой одеждой и т.д.

7. Добейтесь, чтобы все члены вашей семьи, сослуживцы и другие знали, что нужно делать во время землетрясения и после него. Овладейте сами и научите членов своей семьи способам оказания пострадавшим доврачебной помощи. Договоритесь заранее с членами своей семьи о месте, где вы встретитесь после землетрясения, если будете находиться в разных местах населенного пункта.

8. Если у вас есть маленькие дети, скажите им, что они должны делать во время землетрясения в школе. (Лучше всего, если они будут дожидаться вас рядом со школой, пока вы не сможете прийти за ними.)

9. Оцените, не находится ли ваше жилье или место работы под угрозой затопления (при разрушении плотины), оползня или обвала. Если это так, запланируйте вместе с членами вашей семьи, соседями и сослуживцами порядок эвакуации. Решите заранее,

где члены вашей семьи встретятся в случае, если население будет эвакуировано.

10. При постройке или перестройке дома убедитесь, что вы действуете в соответствии с нормами сейсмостойкого строительства. При этом имейте в виду, что сейсмостойкое строительство это сложное инженерное искусство, требующее специального образования и больших профессиональных знаний.

11. Поддерживайте общественные программы по сейсмической защите и снижению сейсмического риска. Поддерживайте усилия по улучшению строительных норм. Поддерживайте местные правила, которые определяют характер конструкций, разрешенных для строительства вблизи сейсмически активных разломов. Поддерживайте усилия по перепланировке и перестройке старых и ненадежных построек, включая устранение или укрепление ненадежных парапетов и карнизов.

12. Следите за работами по прогнозу землетрясений, ведущимися учеными и инженерами, особенно теми, кто работает в государственной системе сейсмической защиты. Когда настанет время и вам объявят о текущей сейсмической опасности, следуйте указаниям государственной службы сейсмической защиты (или других ответственных правительственных учреждений).

### ***Что делать во время землетрясения?***

Когда произойдет землетрясение, земля будет ощутимо сотрясаться в течение довольно короткого времени - быть может, всего несколько секунд, а при сильном землетрясении - до минуты. Сотрясения могут вас испугать, однако у вас нет другого выхода, как дождаться их окончания. Если вы будете действовать спокойно и продуманно, то увеличите свои шансы уберечься. Кроме того, ваше спокойствие передастся окружающим вас людям и поможет им воспользоваться вашим примером.

1. Заставьте себя хранить спокойствие и не поддавайтесь панике, что может дезорганизовать окружающих (не кричите и не мечитесь).

2. Если находитесь на первых трех нижних этажах здания, незамедлительно выйдите по заранее определенным наиболее коротким путям выхода из здания и бегите на свободное пространство. Если у вас нет возможности выйти из здания из первых трех этажей, немедленно займите заранее определенные дома и на работе самые безопасные места (согласно вышеприведенному п.4). Если находитесь на четвертом этаже и выше, не выходите из здания, потому что самыми уязвимыми местами здания являются лестничные марши и клетки, и начавшееся разрушение дома застанет вас именно на них. Немедленно займите заранее определенные дома и на работе самые безопасные места (согласно вышеприведенному п.4).

3. Находясь на улице, уйдите подальше от зданий и линий электропередач к свободному пространству. Находясь в машине, остановите ее подальше от многоэтажек и оставайтесь там до окончания толчков.

4. Проснувшись от подземных толчков, пользуйтесь только карманным фонариком, чтобы избежать возможных пожаров и взрывов, которые могут произойти от утечки горючих и взрывоопасных веществ. Не теряйте времени на одевание, возьмите сумку с необходимыми вещами, документы и действуйте сообразно ситуации.

5. Не пугайтесь, если выключат электричество или если начнут звонить сигналы тревоги лифтов, противопожарных установок или охранных систем либо включатся противопожарные распылители воды; будьте готовы услышать звон бьющейся посуды, треск стен, грохот падающих предметов.

6. Находясь снаружи во время толчков, не пытайтесь зайти в здание даже для оказания помощи, дождитесь окончания толчков.

7. Если поднялась пыль и есть опасность задохнуться, закройте одеждой свои дыхательные пути как маской.

Не удивляйтесь, если вы почувствуете новые толчки. После первого сильного толчка может наступить временное затишье, а затем новый толчок. Это явление - попросту действие разных сейсмических волн одного и того же землетрясения (первый толчок - волны *P*, второй - волны *S*). Могут произойти и повторные толчки - афтершоки, т.е. отдельные землетрясения, возникающие вслед за главным толчком. Они могут происходить в течение нескольких минут, нескольких часов или даже нескольких дней. Иногда афтершоки могут вызвать повреждения или обрушение построек, уже сильно поврежденных главным толчком.

#### *Что делать после землетрясения?*

После прекращения сотрясений может оказаться, что возникли серьезные разрушения и пострадало много людей. Особенно важно, чтобы каждый сохранял спокойствие и мог помогать другим. Первое дело при этом - помочь пострадавшим, второе - предупредить возникновение пожаров. После этого можно приступить к оценке повреждений и восстановительным мерам.

1. Оказавшись под обломками не нужно отчаиваться. При возможности надо переместиться в безопасное место, в случае нужды оказать помощь, в том числе и медицинскую, и себе, и другим. Надо постараться наладить связь (кричать, бить подручными предметами) между находящимися под завалами и вне их. Можно попытаться, открыв лаз, самостоятельно выбраться из-под завалов, используя свободные пространства между крупными обломками.

2. Не надо поддаваться панике, если вас не обнаружат в первые дни вашего нахождения под завалами. Необходимо экономить силы, не делать лишних движений, при наличии пищи поделить ее на несколько частей и использовать экономно. В зависимости от погоды человек в состоянии прожить без пищи и воды до 1-2 недель. Спасателей, убирающих завалы, предупредите о грозящих опасностях, которые вы видите, подскажите им эффективные пути по вашему спасению. Нужно помнить всегда: *вас ищут и спасут*.

3. Помогите пострадавшим. Организуйте первую помощь, если это необходимо. Укройте пострадавших, чтобы они не замерзли. Изыщите медицинскую помощь тем, кому она необходима.

4. Проверьте, нет ли угрозы пожара. Если можете, гасите пламя немедленно.

5. Проверьте, нет ли повреждений в линиях и приборах газо- и водоснабжения. При малейшем намеке на утечку газа перекройте газовые краны. Утечку проверяйте по запаху и ни в коем случае не при помощи горящей спички или свечи. Вырубите электричество, если есть подозрения на повреждение проводки. В случае повреждения труб перекройте водопровод. В подходящий момент сообщите о

повреждениях в соответствующие службы и следуйте их указаниям.

6. Не зажигайте спичек, не используйте открытого огня, выключите освещение, нагревательные приборы и газовые плиты и не включайте их, пока не будете уверены, что нет утечки газа.

7. Не касайтесь линий электропередач, проводов или соприкасающихся с ними предметов.

8. Не занимайте телефона, кроме как для вызова скорой помощи, сообщения о серьезной опасности (повреждения, пожары, преступления) или же для выполнения важных дел. Перегрузка телефонных линий мешает работе спасательных служб, поэтому неразумно использовать телефон для личных надобностей или для удовлетворения любопытства. (Когда опасность будет позади, созвонитесь с родственниками и друзьями, чтобы они знали о вашем состоянии и местонахождении.)

9. Не спешите с осмотром города, не занимайте зря улицы. Не посещайте зону разрушений, если там не нужна ваша помощь.

10. Носите крепкую обувь, чтобы не пораниться о разбитое стекло и острые обломки.

12. Устраните пролитые или просыпавшиеся опасные материалы (химикаты, бензин) и предупредите о них других.

13. Слушайте по радио информацию о землетрясении, передаваемую сейсмологической службой и необходимых мерах борьбы с его последствиями.

14. Будьте готовы испытать афтершоки. Часто они приводят к дополнительным разрушениям в зданиях, поврежденных главным толчком.

15. Входя в поврежденные здания и перемещаясь в них, будьте предельно осторожны. Обрушение может произойти почти внезапно, к тому же вам грозит опасность от утечки газа, от нарушенной электропроводки, битого стекла и т. д.

16. Проверьте, не повреждены ли печи и дымоходы. Если дымоходы и трубы повреждены или имеют трещины, не разводите огня, пока они не будут отремонтированы.

17. Осторожно открывайте дверцы чулана и шкафов, чтобы на вас не вывалились тяжелые предметы.

18. Помогите успокоиться детям и всем остальным, испытавшим психологическую травму в результате землетрясения. Не распространяйте слухов.

19. Если во время землетрясения вы были дома, помогите своей семье и соседям справиться с повреждениями. После того как вы сделаете все, что в ваших силах, подумайте, не можете ли вы помочь по соседству, в школе или на работе. Если вы были на работе, когда грянуло землетрясение, сделайте все, что нужно, на месте, прежде чем поспешить домой.

20. Помогайте полиции, пожарным, медицинским работникам и другим, занятым спасательными и восстановительными работами.

Землетрясения всегда будут сопровождаться жертвами, повреждениями, разрушениями, и нет правил, позволяющих обеспечить полную безопасность. Однако здоровое использование перечисленных выше советов поможет вам существенно уменьшить опасность от землетрясения и будет полезно вам и другим при следующем сильном землетрясении.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Албаредэ Ф., Багачкин Б. М., Олейник А. Э. и др. (1990), О доисторическом сильном землетрясении в районе г. Спитак (Северная Армения), Докл. АН СССР, Т. 313, №2, с. 397-400.

Арефьев С. С. (2003), Эпицентральные сейсмологические исследования, Академкнига, Москва, 375 с.

Баласаян С.Ю., Назаретян С. Н., Амирбекян В. С. (2000), Разработка системы межгосударственного управления сейсмическим риском и взаимопомощи при разрушительном землетрясении на Кавказе, Фонды НССЗ РА, 95 с.

Бассеян М. М. и Рудаков В. П. (1989), Радоновые предвестники Спитакского землетрясения 7 декабря 1988г., Изв. Акад. Наук Арм. ССР, Науки о Земле, 3, с. 64-67.

Вейс Л. Д., Еремин Е. Л., Кирьянов А. В. (1993), Преодоление чрезвычайных ситуаций в Кыргызстане, Изд-во ГКЧС, Бишкек, 184 с.

Восстановление и реконструкция (1993), Программа обучения и управления катастроф «ДГВ» ПРООН, 56 с.

Ежегодное количество землетрясений на Земле и некоторые другие статистические данные (2001), Геологическая служба США, <http://earthquake.usgs.gov/>

Гир Дж. и Шах Х. (1988), Зыбкая Твердь: Что такое землетрясение и как к нему подготовиться, «Мир», Москва, 220 с.

Грайзер В. М., Эртелева О. О., Систернас А. и др. (1991), Моделирование очага Спитакского землетрясения 7 декабря 1988г., Физика Земли №12, с. 46-55.

Землетрясение (1989), Издательство «Арег», Ереван, 62 с.

Жарков В. Н. (1983), Внутреннее строение Земли и планет, «Наука», Москва, 415 с.

Касахара К. (1985), Механика землетрясений, «Мир», Москва, 264 с.

Кондорская Н. В. и Шебалин Н. В. (1977), Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975г., Наука, Москва, 535 с.

Костянянц К. (1903), Хронология землетрясений в Армении, Тбилиси .

Медведев С. В. (1962), Инженерная сейсмология, Госстройиздат., Москва, 278 с.

Михно Е. П. (1979), Ликвидация последствий аварий и стихийных бедствий, Атомиздат, Москва, 288 с.

Мушкетов И., Орлов А. (1893), Каталог землетрясений Российской империи, Записки Русского географического общества, Санкт-Петербург, 582 с.

Назаретян С. Н., Шенгеля Г. Ш., Гасанов А. Г. (1999), Методика составления планов оперативных и эффективных действий муниципальных служб при разрушительных землетрясениях., Фонды Северного департамента Национальной службы сейсмической защиты РА, Гюмри, с.115.

Новикова Е. и Рутлан Т. (1991), Параметры очага Спитакского землетрясения 7 декабря 1988г., Изд. Акад. Наук СССР, Физика Земли, 12, с. 32-45.

Координаты гипоцентра Спитакского землетрясения, Национальный центр информации о землетрясениях, (NEIC), США, 2001 (<http://earthquake.usgs.gov/>)

*Обзор управления в чрезвычайных ситуациях*, (1996) Программа обучения и управления катастроф «ДГВ» ПРООН, с.51.

*Панарджян В. Г. и др.* (1989), Некоторые результаты изучения ионосферных мерцаний космического радиоисточника связанные с сейсмической активностью, *Изв. Акад. Наук Арм. ССР*, 3, с. 67-71.

Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования (1998), ГНРА II-2.02-94 (на армянском и русском языках), Минградостроительства РА (редакторы: Хачиян Э. Е., Маркарян Т.Г., Амбарцумян В.А.), Ереван, 94 с.

*Соболев Г.А.* (1993), Основы прогноза землетрясений, «Наука», Российская Академия Наук, Москва, 313 с.

Справочник по чрезвычайным ситуациям (1999), Управление Верховного комиссара ООН по делам беженцев, Женева, с.412.

*Уломов В. И.* (1989), Землетрясение в Армении: стихия и ответственность, Архитектура и стр. Узбекистана, N12, с.1-4.

Чрезвычайные ситуации и развитие (1996), Программа обучения и управления катастроф, «ДГВ» ПРООН, 58 с.

*Шахраманьян М. А.* (2000), Оценка сейсмического риска и прогноз последствий землетрясения в задачах спасения населения, ВНИИ ГОЧС, Москва, 190 с.

*Шебалин Н.В.* (1968), Методы использования инженерно-сейсмологических данных в сейсмическом районировании, Сейсмическое районирование СССР, Наука, Ч.1, гл. 6, Москва, с. 95-111.

*Шебалин Н. В., Арефьев С. С., Васильев В.Ю., Татевосян Р.Э.* (1991), От сейсмичности площадей к структуре сейсмичности, Физика Земли, №9, с. 20-28.

*Эйби Дж. А.* (1982), Землетрясения, «Недра», Москва, 264 с.

*Alva-Hurtado Jorge E.* (1994), Seismic Safety of the Lima Metropolitan Area, Issues in Urban Earthquake Risk, NATO ASI Series, Series E: Applied Sciences – Vol. 271, pp. 251-264.

*Ambraseys N. N., Melville K. R.* (1982), History of Earthquakes of Iran, Cambridge University, London, 219 p.

*Anderson J.G., Brune J.N., Louie J.N., Zeng Y., Savage M., Anderson J.G., Brune J.N., Louie J.N., Zeng Y., Savage M.Yu. G., Cchen Q., and dePolo D.* (1994), Seismicity in the western Great Basin apparently triggered by the Landers, California, Earthquake, 28 June 1992, *Bull. Seismo. Soc., Am.*, 84, pp. 863-891.

Armenia Earthquake Reconnaissance Report (1989), Earthquake Spectra, The Professional Journal of the Earthquake Engineering Research Institute, El Cerrito, California, pp.1-173.

Asian Disaster Reduction Center (ADRC) Annual Report No 4 (2001), March 2002, Japan, Kobe <http://www.adrc.or.jp/publications/annual/01/01eng/top.htm>

*Balassanian S. and Manukian A.* (1994), Seismic Risk on the Territory of the City of Yerevan, Armenia, Issues in Urban Earthquake Risk, NATO ASI Series, Series E: Applied Sciences – Vol. 271, pp.167-182.

*Balassanian S.Yu.* (1995), Possible Mechanism of Inducing Earthquake by Underground Nuclear Explosion, NSSP, Armenia, Earthquakes Induced by Underground Nuclear Explosion, NATO ASI Series, 2, Environment- Vol.4, pp. 163-175.

Balassanian S. Yu., Arakelian A. R., Nazaretian S. N., Avanesian A. S., Martirosian A. H., Igoumnov V. A., Melkoumian M. G., Manoukian A. V. and Tovmassian A. K. (1995a), Retrospective analysis of the Spitak earthquake, *Annali di Geofisica*, Vol. XXXVIII, N. 3-4, September-October 1995, pp. 345-372

Balassanian S. Yu., Martirosyan A. H., Nazaretian S. N., Arakelian A. R., Avanesian A. S., Igoumnov V. A. and Ruttener E. (1995b), The new seismic zonation map for the territory of Armenia, proceedings of the fifth International Conference on Seismic Zonation (October, 17-19), Quest Editions Press Academiques, Nice, France, v. III, pp. 2203-2210.

Balassanian S. Yu., (1997), Seismogenesis and Destructive Earthquakes in the Caucasus, *Historical and Prehistorical Earthquakes in the Caucasus*, NATO ASI Series, 2.Environment-Vol.28, Kluwer Academic Publishers, pp. 1-37.

Balassanian S. Yu. et al. (1997), The Investigation of Electromagnetic Precursors to Earthquakes in Armenia, *Annali di Geofisica*, XL, N2, Madrid, 1117, pp. 200-225.

Balassanian S. Yu. (1999), Armenian National Survey for Seismic Protection, IDNDR Program Forum, Success Stories. 5-9 July, Geneva, Switzerland.

Balassanian S. Yu., Ashirov T., Chelidze T., Gassanov A., Kondorskaya N., Molchan G., Pustovitenko B., Trifonov V., Ulomov V., Giardini D., Erdik M., Chafory-Ashtiany M., Grunthal G., Mayer-Rosa D., Schenck V., and Stucchi M. (1999a), Seismic hazard assessment for the Caucasus test area, *Annali di Geofisica: the Global Seismic hazard Assessment Program (GSHAP) 1992-1999*, Volume 42, IV.6, December, pp. 1139-1152.

Balassanian S. Yu., Martirosyan A.H., Nazaretian S. N., Arakelian A. R., Avanesian A. S., Igoumnov V.A. and Ruttener E. (1999b), *Seismic Hazard Assessment in Armenia*, Natural Hazards, Volume 18, No. 3, 1998/1999, Kluwer Academic Publishers, pp. 227-236.

Balassanian S., Melkoumian M., Arakelyan A., Azarian A. (1999c), *Seismic Risk Assessment for the Territory of Armenia and Strategy of its Mitigation*, Natural Hazards 20, Kluwer Academic Publishers, pp. 43-55.

Balassanian S. Yu. (2000), *Earthquake Prediction Research for Current Seismic Hazard Assessment, Earthquake Hazard and Seismic Risk Reduction*, Advances in Natural and Technological Hazards Research, Vol,12, pp. 169-209.

Balassanian S. Yu, Avanesian A., Arzumanyan V., Gevorgian E. (2001), *Seismic Hazard Re-evaluation for Armenian NPP Site*, OECD-NEA Workshop Proceedings, EC JRC/ISPSA, Italy, 26-27 March, pp. 43-59.

Balassanian S. Yu. (2003a), Earthquakes induced by deep penetrating bombing, EOS, in press.

Balassanian S. Yu. (2003b), Highly-Sensitive Energy-Active Points (HEP Phenomenon) of the Earth: Further Understanding the Physics of Earthquakes, IUGG 2003 XXIII General Assembly, Sapporo, Japan, June 30-July 11, 2003, Abstract Volume, p. 487.

Balassanian S. Yu. (2003c), A new approach for rapid seismic risk assessment: from local to global seismic risk mapping, IUGG 2003 XIII General Assembly, Sapporo, Japan, June 30-July 11, 2003, Abstract Volume, p.516.

Bard P-Y et al. (1995), Guidelines for seismic microzonation studies, Association Francaise du Genie Parasismique, 46 p.

Blanpied M.L., Lockner D.A., and Byerlee J.D. (1992), An earthquake mechanism based on rapid sealing of faults, *Nature*, 358, pp. 574-576.

Bolt B. A. (1976), Nuclear Explosions and Earthquakes, The parted Veil, W. H. Freeman and Company, San Francisco, 309 p.

Borcherdt R. et al. (1993), Effects of the rupture characteristics and local geology on damage from earthquake of December 7, 1988 near Spitak, Armenia, International Conference Continental Collision Zone Earthquakes and Seismic Hazard Reduction, Armenia, pp. 29-138.

Brace W. F. (1968), Current laboratory studies pertaining to earthquake prediction, Tectonophysics, 6, pp. 75-87.

Byus E. I. (1948), Seismic Conditions of the Transcaucasus, Part I, Chronology of Earthquakes in the Transcaucasus, Tbilisi.

Byus E. I. (1952), Seismic Conditions of the Transcaucasus, Part II, Seismic bases of Seismic Geography of Transcaucasus, Tbilisi.

Chester F.M., Evans J.P., and Biegel R.L. (1993), Internal structure and weakening mechanisms fault, J. Geophys. Res., 98, pp. 771-786.

Das S. and Sholz C.H. (1981), Off-fault aftershock clusters caused by shear stress increase, Bull. Seismo. Soc. Am., 71, pp. 1669-1675.

Dorbath L., Dorbath C., Rivera L., Fuenzalida A., Cisternas A., Tatevosyan R., Aptekman J., Arefiev S. Geometry (1992), Segmentation and stress regime of the Spitak (Armenia) earthquake from the analysis of the aftershock sequence, Geophys. J. Intern., Vol. 108, pp. 309-328.

Grunthal G. (1998), European Macroseismic Scale (EMS), European Seismological Commission, Subcommittee on Engineering Seismology, Working Group Macroseismic scales, GeoForschungsZentrum Potsdam, Germany, 99 p.

Geodakian E. G., Galinsky G. L. and Papalashvili V. G. et al. (1991), The 1988, December 7 Spitak earthquake, mpas of isoseisms/earthquakes in USSR in 1988, Nauka, Moscow, pp. 74-86.

GeoHazards International, Lessons for Central Asia from Armenia and Sakhalin (1997), Stanford, GeoHazards International, CA, USA, 20 p.

Global Seismic Hazard Assessment Program (GSHAP), 1992-1999, Annali di Geofisica, Volume 42, N 6, December, 1067 p.

Gomberg J. and Bodin P. (1994), Triggering of Little Skull Mountain, Nevada Earthquake with Dynamic Strains, Bull. Soc. Am., 84, pp. 844-853.

Gomberg J. and Davis S. (1995), Stress/Strain changes and seismicity at The Geysers, California, J. Geophys., Res., pp. 733-750.

Gomberg J. (1995), Stress/strain changes and seismicity following the Ms7.4 Landers, California earthquake, J. Geophys. Res., pp. 751-764.

Gufeld I. L., Rajnoi A. A., Tymantsev S. V. and Lampovsky V. S. (1992), The disturbances of the radio-wave fields before the Roudbar and Racha earthquakes, Izv. Ross. Akad. Nauk., Fizika Zemli, 3, pp. 102-106.

Guidoboni E. (1997), Historical Seismology Research in the Caucasus: Methodological Aspects and Some Results, Historical and Prehistorical Earthquakes in the Caucasus, NATO ASI Series, 2.Environment- Vol.28, pp. 333-357

Gutenberg B. and Richter C. F. (1954), Seismicity of the Earth and Associated Phenomena, 2<sup>nd</sup> edn, Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 310 p.

Haessler et al. (1992), The rupture of the Armenian earthquake from broad-band teleseismic body wave records, *Geophys. J. Int.* 109, pp. 151-161.

Harris R.A. and Simpson (1992,) Changes in static stress on southern California faults after the earthquake, *Nature* 360, pp. 251-254.

Haroutiunian R. A. Karakhanian A. S. and Assatirian A. N. (1997), Strong Historical Earthquakes in the Armenian Upland: New Data and Elaboration of a Technique, Historical and Prehistorical Earthquakes in the Caucasus, NATO ASI Series, 2.Environment- Vol.28, pp. 375-383

Hill D.P., Reasenber P.A., Michael A., Arabasz W.J., Beroza G., Brumbaugh D., Brune J.N., Castro R., Davis S., dePolo D., Ellsworth W.L., Gomberg J., Harmsen S., House L., Jackson S.M., Johnston M., Jones L., Keller R., Marone S., Munguia L., Nava S.M., Vidal Pechmann J.C., Sanford A., Simpson R.W., Smith R.S., Stark M., Stickney A., Walter S., Wong V., and Zollweg J. (1993), Seism city remotely triggered by the magnitude 7.3 Landers, California, earthquake, *Science*, 260, pp. 1617-1623.

Lee W., Kanamori H., Jenning P., Kisslinger C. (2003), International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology, Part A and B, Academic Press, 1000 p.

Inchichian Gh. (1822), Anciant Armenia description, Venice.

Joyner W., Boore D. (1982), Estimation of response-spectral values as functions of magnitude, distance and site conditions, U.S. Geol. Survey, Open File Report, pp. 82-881.

Kanamori H. (1977), The energy release in great earthquakes, *J. Geophys. Res.* 82, pp. 2981-2987.

Karapetian N. K. (1991), Earthquakes of the Armenian Upland (Seismic Setting), Southern California University, Los-Angeles, USA, 263 p.

Kostrov V. (1974), Seismic movement and energy of earthquakes, and seismic flow of rock. *Izv., Acad. Sci., USSR, Phys. Solid Earth*, 1, pp. 23-40.

Kikuchi M., Kanamori H., Satke K. (1993), Source complexity of the 1988 Armenian earthquake: Evidence for a slow after-slip event , *J. Geophys., Res.*, Vol. 98, No B9, pp. 15797-15808.

King G.C.P., Stein R.S., and Lin J. (1994), Static stress changes and the triggering of earthquakes, *Bull. Seismo.Sos Am.*, 84, pp. 935-953.

Lay Thome and Wallace Tery C. (1995), Modern Global Seismology, Academic Press, 480 p.

Living with Risk. A global review of disaster reduction initiatives (2002), Preliminary version, July, ISDR, Geneve, 382 p.

Linde A.T., Sacks I.S., Johnston M.J.S., Hill D.P., and Bilham R.G. (1994), Increased pressure from rising bubbles as a mechanism for remotely triggered seismicity, *Nature*, 371, pp. 408-410.

Marone C., Raleigh C.B., and Scholz C.H. (1990), Frictional behavior and constitutive modeling of simulated fault gouge, *Journal Geophysical Research* 95, pp. 7007-7026.

Masse C.W. and Smith L. (1987), Effects of frictional heating on the thermal, hydrological, and mechanical response of a fault, *J. Geophys. Res.*, 92, pp. 6249-6272.

Melosh H.J. (1979), Acoustic Fluidization: a new geologic process, *J. Geophys. Res.*, 84, pp. 7513-7520.

Mjachkin V. I., Brace W. F., Sobolev G. A. and Deiterich J. H. (1975), Two models for earthquake forerunners. *Pure Appl. Geophys.*, 113, pp. 169-181.

Nikonov A. A. (1992), Abnormal animal behavior as a precursor of the 7 December 1988 Spitak, Armenia, Earthquake, *Natural Hazards* 6, Kluwer Academic Publishers, pp.1-10.

Pacheco J., et al. (1989), Teleseismic body wave analysis of the 1988 Armenian earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, 16 (12), pp. 1425-1428.

Philip H., Rogozhin E., Cisternas A. et al. (1992), The earthquake of December 7, (1988): faulting and holding neotectonics and paleoseismicity, *Geophys. J. Intern.*, Vol. 110, pp. 141-158.

Pirousian S. A. et al. (1997), The Catalogue of Strong Earthquakes in the Territory of Armenia and Adjacent Regions, Historical and Prehistorical Earthquakes in the Caucasus, NATO ASI Series, 2. Environment – Vol. 28, pp. 313-331.

Press Frank and Siever Raymond (1998), *Understanding Earth*, second edition, 682 p.

Reasenber R.A. and Simpson R.W. (1992), Response of regional seismicity to the static stress change produced by the Loma Prieta earthquake, *Science*, 255, pp. 1687- 1690.

Reillinger R. et al. (1997), Preliminary Estimates of Plate Convergence in the Caucasus Collision Zone from Global Positioning System Measurements, *Geophys. RESEARCH Letters*, vol. 24, N14, pp. 1815-1818.

Richter Ch. F. (1958), *Elementary Seismology*, Freeman, San Francisco, Calif., 578 p.

Scholz C.H., Sykes L.R. & Aggarwal Y.P. (1973), *Earthquake prediction: A physical basis*, Science, 181, 803 p.

Scholz C.H. (1968), Microfracturing and the inelastic deformation of rock in compression, *J. Geophys., Res.*, 73, pp.1417-1432.

Shakhatouniants, Hovhannes Bishop (1842), *Description of First Throne Echmiadzin and Five Districts of Ararat Land*, 2 Echmiadzin.

Slob S., Hack R., Scarpas T., Bas van Bemmelen and Duque A. (2002), A Methodology For Seismic Microzonation Using GIS and SNAKE – A Case Study From Armenia, *Engineering Geology for Developing Countries - Proceedings of 9th Congress of the International Association for Engineering Geology and the Environment*, Durban, South Africa, 16 - 20 September 2002 - J. L. van Rooy and C. A. Jermy, editors, pp. 2843-2852.

Smith A.T., Geil R.G. (1982), Microseismicity following an explosion an, *Earthquake Notes*, of the Eastern Section of the Seismological Society of America, 53, no.1, 10 p.

Spudich P., Steck L.K., Hellweg M., Fletcher J.B., and Baker L.M. (1995), Transient stresses at Parkfield, California, produced by the M 7.4 Landers earthquake of June 28, 1992: Observations from the UPSAR dense seismograph array, *J Geophys. Res.*, in press.

Stepanian V. (1964), *Earthquakes in Armenian Uplands and Adjacent Region*, Yerevan.

Stein R.S., King G.C.P., and Lin J. (1992), Change in failure stress on the southern San Andreas fault system caused by the 1992 Magnitude=7.4 Landers earthquake, *Science*, 258, pp. 1328-1332.

Stein R.S. and Lisowski M. (1983), The 1979 Homestead Valley earthquake sequence, California: Control of aftershocks and post- seismic deformation, *J. Geophys. Res.*, 88, pp. 6477-6490.

Tarback Edward J. and Lutgens Frederick K. (1999), *Earth: an introduction to physical geology*, sixth edition, Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 637 p.

Trifonov V. G. et al. (1994), Major active faults of the collision area between the

Arabian and the Eurasian Plates, continental collision zone earthquakes and seismic hazard reduction, Proceedings of the International Conference at Yerevan-Sevan, Armenia, 1-6 October 1993, edited by Bolt B.A., Amirbekian R.V. (IASPEI/IDNDR), pp. 56-57.

*Trifunac, M. D. and Brady, A. G. (1975), On the correlation of seismic intensity scales with peaks of recorded strong ground motion, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 65, pp. 139-162.*

*Tsuboi C. (1933), Investigation on deformation of the earth's crust found by precise geodetic means, Jap. J. Astrom. Geophys., 10, pp. 93-248.*

*Utsu T., and Seki, A. (1954), A relation between the area of aftershock region and the energy of main shock, J. Seismol. Soc., Jpn. 7, pp. 233-240.*

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

*Баласанян С.Ю., Назаретян С.Н., Амирбекиян В.С. (2002), Сейсмическая защита и ее организация, Издательство Эльдorado, Гюмри, (на армянском языке), 266 с.*

*Болт Б. (1984), В глубинах Земли, Изд. «Мир», Москва, 185 с.*

*Журавлев В. П. и др. (1999), Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях, Москва, 369 с.*

*Рикитакe Т. (1979), Предсказание землетрясений, Изд. «Мир», Москва, 388 с.*

*Рихтер Ч. Ф. (1963), Элементарная сейсмология, Изд. «Иностранная литература», Москва, 670 с.*

*Теркот Д., Шуберт Дж. (1985), Геодинамика, ч. 1, Изд. «Мир», Москва, 374 с.*

*Трагедия Спитака не должна повториться (1998), под ред. Хачияна Э. Е., Изд. «Воскан Ереванци», Ереван, 248 с.*

*Ballard R. D. (1983), Exploring Our Living Planet., National Geographic Society, Washington, D. C., 366 p.*

*Earthquake Hazard and Seismic Risk Reduction (2000), Edited by Balassanian S., Cisternas A., Melkumyan M., Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 446 p.*

*Historical and Prehistorical Earthquakes in the Caucasus (1997), Edited by Domenico Giardini and Sergey Balassanian, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 545 p.*

## АННОТАЦИЯ УЧЕБНОГО ПОСОБИЯ «СЕЙСМИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА И ЕЕ ОРГАНИЗАЦИЯ»

Учебное пособие - первая работа, комплексно освещающая основные задачи сейсмической защиты и пути их решения. В работе изложена концепция и стратегия снижения сейсмического риска, большое место отведено вопросам современной сейсмологии, передовым методам оценки сейсмической опасности и риска, а также технологиям и управлению снижением сейсмического риска. При составлении учебного пособия широко использованы мировой опыт, опыт Национальной службы сейсмической защиты (НССЗ) при Правительстве РА и уроки Спитакского землетрясения 1988г.

В пособии рассмотрены следующие ключевые вопросы: 1. Общие сведения о землетрясениях и сейсмичности, - даны генезис и основные параметры землетрясений, сведения о сейсмичности мира и территории Армении, приведены сильные землетрясения прошлого на территории Армянского нагорья, обсуждены особенности и последствия Спитакского землетрясения 1988г.; 2. Оценка сейсмической опасности и риска - описаны основные стадии оценки сейсмической опасности - сейсмическое районирование и сейсмомикрорайонирование, сейсмическая опасность территории Армении, сущность оценки сейсмического риска; 3. Снижение сейсмического риска, - изложены основные пути снижения риска, в том числе нормы и проектирование сейсмостойкого строительства, усиление зданий и сооружений, способы снижения сейсмических воздействии на них; раннее оповещение; подготовка сил быстрого реагирования; повышение информированности и тренинг населения; суть законов о сейсмической защите и управления при сейсмических катастрофах, страхование от землетрясений и др.; 4. Сейсмическая катастрофа и ее этап чрезвычайной ситуации, - даны этапы развития катастрофы и виды основных ущербов, суть национальной системы управления и организации управления сейсмической катастрофой, принципы организации спасательных работ и оказания помощи пострадавшим, организация работ муниципальных служб, принятые подходы к организации жизнеобеспечения и эвакуации населения из зоны бедствия, распределение помощи. 5. Управление восстановлением и реконструкцией зоны бедствия, - описаны основные задачи этапов восстановления и реконструкции, стратегия и тактика достижения цели, рассмотрены «подводные рифы» этапа реконструкции.

В приложениях пособия приведены: 1) краткое содержание государственной программы снижения сейсмического риска на территории Армении; 2) Закон РА о сейсмической защите; 3) правила поведения людей до, во время и после землетрясения. В заключение приведен терминологический словарь.

Пособие изложено в стиле учебника и предусмотрено для местных органов самоуправления, персонала городских и ведомственных служб, для обучения учеников старших классов, студентов и аспирантов. Оно может быть полезно также и для преподавателей школ и ВУЗ-ов, руководителей учреждений различного профиля и вообще для широких слоев населения.

Учебное пособие написано ведущими специалистами в области сейсмической защиты при финансовой поддержке Фонда содействия Института Открытого общества и фонда «Евразия».

## TEXTBOOK ANNOTATION

### “SEISMIC PROTECTION AND ITS DEVELOPMENT”

This textbook is the first publication, which completely highlights the main objectives of seismic protection and its management. The principal focus is on the concepts and the strategy of seismic risk reduction, the issues of modern seismology, advanced approaches of seismic hazard and risk assessment, as well as to seismic risk reduction technologies and management. Drawing up this textbook, the authors widely used world experience, the experience (1999-2002) of Armenian National Survey for Seismic Protection (NSSP) under the Government of RA, as well as the lessons learnt from the devastating Spitak earthquake (Armenia) in 1988.

The following key issues are discussed in the textbook: Chapter 1 - *General information on earthquakes and seismicity*. The attention is on the origin and earthquake parameters, seismicity of Armenia and of the world. Prehistorical, historical and instrumental strong earthquakes in Armenian Upland, and the seismological patterns and the consequences of the 1988 Spitak earthquake from the seismic protection point of view are also described. Chapter 2 - *Seismic hazard and risk assessment*. The authors discuss the main issues of seismic hazard assessment (seismic zoning and seismic microzoning), seismic hazard in Armenia, and the essence of seismic risk assessment. Chapter 3 - *Seismic risk reduction*. The main ways of seismic risk reduction, including the earthquake resistant construction, seismic codes and design, as well as reinforcement of the existing structures, and ways of seismic loads reduction are described. Early warning, preparedness of Task Forces for prompt response, public awareness increase and training, principles of the seismic protection: laws, earthquake disaster management, earthquake insurance are presented. Chapter 4 - *Earthquake disaster and its emergency stage*. This part of the textbook covers the stages of disaster development and types of the main losses. The principles of national disaster management system and disaster management practice, as well as the principals of rescue operations and humanitarian aid are highlighted. Special focus is on the preparedness of municipal services, approaches to arrangement of life support, evacuation of the public from disaster area, and distribution of aid. Chapter 5 - *Rehabilitation and reconstruction management in the disaster area*. The main tasks of rehabilitation and reconstruction are discussed. The strategy and tactics, as well as the dangerous «barriers» at reconstruction stage are also described.

The appendix of this textbook includes: 1) Summary of State Program on Seismic Risk Reduction in Armenia; 2) Seismic Protection Law of Armenia; 3) How to act before, during and after an earthquake. In the conclusion glossary is given as well.

The textbook is intended for local self-governing bodies (municipalities and communities), state governing bodies, public and private organizations, senior pupils, students, and post-graduate students. It could be also useful for school and university teachers, decision makers of various institutions and for a wide public in general.

The textbook is written by leading experts in the sphere of seismic protection by financial support of the Assistance Foundation of the Open Society Institute and Eurasia Foundation.

The authors will appreciate all the remarks and suggestions that will be helpful for improvement of this textbook in future.

## Терминологический словарь (гlossарий)

**Быстрое реагирование на чрезвычайную ситуацию.** Действия, предпринимаемые в условиях чрезвычайной ситуации, с целью снижения потерь при землетрясении, а также поддержание деятельности жизнеобеспечивающих служб сразу после бедствия на все время чрезвычайной ситуации.

**Восстановление.** Работы, осуществляемые на территориях, пострадавших от катастрофы, направленные на возобновление нормальной общественной жизни.

**Землетрясение.** Колебания Земли, вызываемые прохождением сейсмических волн, излученных из какого-либо источника упругой энергии.

**Изосейсты.** Линии, соединяющие точки с одинаковой интенсивностью землетрясения и разделяющие области с различным уровнем интенсивности.

**Интенсивность землетрясения.** Мера величины сотрясения грунта, определяемая степенью разрушения построенных людьми зданий, характером изменений земной поверхности и данными об испытанных людьми ощущениях.

**Магнитуда землетрясения.** Мера величины землетрясения, определяемая как десятичным логарифм амплитуды наибольшего колебания грунта, записанного при прохождении сейсмической волны того или иного типа, с внесением стандартной поправки, учитывающей расстояние от эпицентра. Различают четыре вида магнитуды: рихтеровскую (локальную) магнитуду  $M_L$ , магнитуду по объемным продольным волнам  $m_b$  и магнитуду по поверхностным волнам  $M_S$ , магнитуду по сейсмическому моменту  $M_w$ .

**Оценка сейсмической опасности.** Делится на долгосрочную и текущую. Оценка долгосрочной сейсмической опасности представляет собой прогноз места и силы максимальных сотрясений земной поверхности. Оценка текущей сейсмической опасности представляет собой прогноз изменения сейсмического режима региона, которое с определенной вероятностью может привести к сильному землетрясению в определенный период времени на определенной территории.

**Оценка сейсмического риска.** Количественный и качественный прогноз людских, материальных и иных потерь, обусловленных сильным землетрясением.

**Подготовка к чрезвычайной ситуации.** Комплексные меры, предпринимаемые до чрезвычайной ситуации, направленные на возможность снижения потерь при чрезвычайной ситуации.

**Помощь.** Многосторонняя помощь пострадавшему населению, региону, государству, основанная на гуманитарных принципах, необходимая для спасения людей и обеспечения их жизнедеятельности в условиях чрезвычайной ситуации, восстановления и реконструкции зоны бедствия.

**Разрыв, разлом.** Трещина (или зона трещин) в горных породах, разные стороны которой смещены друг относительно друга параллельно ей. Величина смещения по разрывам может быть различной: от сантиметров до километров.

**Раннее оповещение.** Оповещение о временном нарушении естественной жизнедеятельности населения, с целью обеспечения его безопасности;

**Сейсмическая волна.** Упругая волна, распространяющаяся в Земле и

создаваемая обычно очагом землетрясения или взрывом.

**Сейсмичность.** Распределение землетрясений во времени и в пространстве.

**Сейсмология.** Наука о землетрясениях, их очагах и распространении волн в недрах Земли.

**Сейсмическая защита.** Совокупность правовых, социальных, экономических, образовательных, организационных, научных, инженерно-технических и других специальных действий, направленных на обеспечение сейсмической безопасности и устойчивого развития общества и государства.

**Сейсмическая опасность.** Угроза возможного сильного землетрясения в регионе, обусловленная сильными сотрясениями (толчками) поверхности Земли.

**Сейсмический риск.** Возможные людские, материальные и все иные потери, обусловленные сильным землетрясением.

**Снижение сейсмического риска.** Комплексные, разнообразные долгосрочные действия государства и общества (административные, правовые, социальные, экономические, образовательные, научные, инженерно-технические, организационные и др.), направленные на снижение человеческих, материальных и других возможных потерь от сильного землетрясения.

**Стадия помощи или этап чрезвычайной ситуации.** Непосредственно следующий за катастрофой отрезок времени, когда необходимо прибегнуть к чрезвычайным мерам для удовлетворения основных нужд (жилье, вода питание, медицинская помощь) потерпевшего бедствие населения.

**Тектоника плит.** Теория движения и взаимодействия литосферных плит; с ее помощью объясняют землетрясения, вулканическую деятельность и горообразование как следствие крупных горизонтальных перемещений поверхностных частей Земли.

**Уязвимость.** Вероятность повреждения и обрушения зданий и сооружений, гибели людей и потери материальных ценностей при землетрясениях различной силы.

**Чрезвычайная сейсмическая ситуация.** Кратковременная ситуация, создавшаяся на определенной территории в результате землетрясения, в течение которой люди не в состоянии самостоятельно обеспечить свою жизнедеятельность или существует серьезная и прямая угроза для их жизни, имущества и других материальных ценностей.

**Эвакуация населения.** Организованный вывод населения с территорий, на которой ожидается или уже действует чрезвычайная ситуация, и переселение в другие места с предоставлением всех необходимых средств жизнеобеспечения.

## ОБ АВТОРАХ



**Сергей Юрьевич Баласанян**, доктор технических наук, кандидат геолого-минералогических наук, профессор геофизики. Окончил геофизическое отделение Ереванского государственного университета.

Область профессиональных интересов: геофизика, сейсмология, оценка сейсмической опасности и риска, управление снижением сейсмического риска. Автор более 200 научных работ, в том числе 5 монографий, изданных в СССР, США, Японии, Франции, Италии, Китае, Германии, Нидерландах и многих других странах мира, а также 10 изобретений СССР, руководил более чем 50 международными научными проектами и программами. В 1978 г. основал кафедру геофизики Читинского политехнического института, в 1991 г. -

Национальную службу сейсмической защиты при правительстве РА, Армянскую ассоциацию сейсмологии и физики Земли, Армянский фонд сейсмической защиты, Национальный комитет геофизики и геодезии Армении. Ведущий автор двух государственных программы по снижению сейсмического риска на территории РА и города Еревана, а также проекта Закона о сейсмической защите. Под руководством С. Ю. Баласаняна НССЗ при Правительстве РА была признана ООН лучшей в Европе и мировым финалистом 1988г. в рамках Всемирной премии ООН-Сасакавы по предотвращению катастроф.

С 1991 по 2002 г. - начальник Национальной службы сейсмической защиты при правительстве РА, ныне - президент Армянской ассоциации сейсмологии и физики Земли, член Европейской сейсмологической комиссии и Европейской комиссии по прогнозу землетрясений при Евросовете. В 2000 г. избран президентом Азиатской сейсмологической комиссии, в которую входят 24 страны Азии и Океании.

В 2002г. проф. С.Ю. Баласанян был удостоен звания Лауреата Всемирной премии ООН-Сасакавы за выдающийся вклад в политику, науку, передовые технологии и их практическое применение в области предотвращения катастроф.

Проф. С. Ю. Баласанян с 1991г. преподает в Ереванском государственном университете курсы «Современная сейсмология» и «Прикладная сейсмология», которые послужили основой для написания нескольких разделов этого учебного пособия.



**Сергей Норайрович Назаретян**, доктор геолого-минералогических наук, профессор. Окончил геофизическое отделение Ереванского государственного университета.

Область профессиональных интересов: сейсмоструктура и оценка сейсмической опасности, прикладная сейсмология, геофизика, организация работ по снижению сейсмического риска. Автор более 230 научных работ, в том числе 2 монографий. Избран академиком Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности, действительным членом Российской академии естественных наук, академиком Инженерной академии Армении. Значится в опубликованном Американским биографическим институтом Международном справочнике о знаменитых

лидерах, удостоен титула «Знаменитый человек XX века».

В 1979 г. С. Н. Назаретян основал лабораторию сейсмоструктуры Института геофизики и инженерной сейсмологии АН АрмССР, а в 1992 г. - Северный департамент Национальной службы сейсмической защиты при Правительстве РА в городе Гюмри, начальником которого является по сей день. До распада СССР руководил работами по сейсмическому районированию Крым-Кавказ-Копет Даг региона. В настоящее время является руководителем и участником ряда Международных программ. За заслуги в деле решения проблем безопасности жизнедеятельности награжден золотой медалью им. М.В. Ломоносова.



**Вардан Смбаевич Амирбекян**, кандидат технических наук, член - корреспондент Инженерной академии Армении, окончил отделение электроники Московского энергетического института.

Область профессиональных интересов: электроника, технические системы, организация сейсмической защиты. Автор более 30 научных работ, в том числе 1 монографии и ряда изобретений.

В.С. Амирбекян является заслуженным организатором научно-исследовательских, конструкторских и производственных работ в Армении. Трудовую деятельность начал в Ереванском научно-исследовательском институте математических машин (зам.директора по науке, главный инженер), далее

(зам.директора по науке, главный инженер), далее руководил научно-производственными объединениями «Ани» и «Позитрон», специальными конструкторско-технологическими институтами микроэлектроники, электронных устройств. В 1990-92 г.г. был заместителем премьер-министра Армении по промышленности, энергетике и связи. С 1993 г. работает в Национальной службе сейсмической защиты первым заместителем начальника, с 1999 г.- главный советник.

Последние 10 лет В. С. Амирбекян координирует работы с населением и силы быстрого реагирования в сфере сейсмической защиты. Занимается проблемами управления снижения сейсмического риска и катастроф. Президент Армянского фонда сейсмической защиты, председатель Комиссии государственных программ по снижению сейсмического риска.

## Терминологический словарь (гlossарий)

**Быстрое реагирование на чрезвычайную ситуацию.** Действия, предпринимаемые в условиях чрезвычайной ситуации, с целью снижения потерь при землетрясении, а также поддержание деятельности жизнеобеспечивающих служб сразу после бедствия на все время чрезвычайной ситуации.

**Восстановление.** Работы, осуществляемые на территориях, пострадавших от катастрофы, направленные на возобновление нормальной общественной жизни.

**Землетрясение.** Колебания Земли, вызываемые прохождением сейсмических волн, излученных из какого-либо источника упругой энергии.

**Изосейсты.** Линии, соединяющие точки с одинаковой интенсивностью землетрясения и разделяющие области с различным уровнем интенсивности.

**Интенсивность землетрясения.** Мера величины сотрясения грунта, определяемая степенью разрушения построенных людьми зданий, характером изменений земной поверхности и данными об испытанных людьми ощущениях.

**Магнитуда землетрясения.** Мера величины землетрясения, определяемая как десятичным логарифм амплитуды наибольшего колебания грунта, записанного при прохождении сейсмической волны того или иного типа, с внесением стандартной поправки, учитывающей расстояние от эпицентра. Различают четыре вида магнитуды: рихтеровскую (локальную) магнитуду  $M_L$ , магнитуду по объемным продольным волнам  $m_b$  и магнитуду по поверхностным волнам  $M_s$ , магнитуду по сейсмическому моменту  $M_w$ .

**Оценка сейсмической опасности.** Делится на долгосрочную и текущую. Оценка долгосрочной сейсмической опасности представляет собой прогноз места и силы максимальных сотрясений земной поверхности. Оценка текущей сейсмической опасности представляет собой прогноз изменения сейсмического режима региона, которое с определенной вероятностью может привести к сильному землетрясению в определенный период времени на определенной территории.

**Оценка сейсмического риска.** Количественный и качественный прогноз людских, материальных и иных потерь, обусловленных сильным землетрясением.

**Подготовка к чрезвычайной ситуации.** Комплексные меры, предпринимаемые до чрезвычайной ситуации, направленные на возможность снижения потерь при чрезвычайной ситуации.

**Помощь.** Многосторонняя помощь пострадавшему населению, региону, государству, основанная на гуманитарных принципах, необходимая для спасения людей и обеспечения их жизнедеятельности в условиях чрезвычайной ситуации, восстановления и реконструкции зоны бедствия.

**Разрыв, разлом.** Трещина (или зона трещин) в горных породах, разные стороны которой смещены друг относительно друга параллельно ей. Величина

смещения по разрывам может быть различной: от сантиметров до километров.

**Раннее оповещение.** Оповещение о временном нарушении естественной жизнедеятельности населения, с целью обеспечения его безопасности;

**Сейсмическая волна.** Упругая волна, распространяющаяся в Земле и создаваемая обычно очагом землетрясения или взрывом.

**Сейсмичность.** Распределение землетрясений во времени и в пространстве.

**Сейсмология.** Наука о землетрясениях, их очагах и распространении волн в недрах Земли.

**Сейсмическая защита.** Совокупность правовых, социальных, экономических, образовательных, организационных, научных, инженерно-технических и других специальных действий, направленных на обеспечение сейсмической безопасности и устойчивого развития общества и государства.

**Сейсмическая опасность.** Угроза возможного сильного землетрясения в регионе, обусловленная сильными сотрясениями (толчками) поверхности Земли.

**Сейсмический риск.** Возможные людские, материальные и все иные потери, обусловленные сильным землетрясением.

**Снижение сейсмического риска.** Комплексные, разнообразные долгосрочные действия государства и общества (административные, правовые, социальные, экономические, образовательные, научные, инженерно-технические, организационные и др.), направленные на снижение человеческих, материальных и других возможных потерь от сильного землетрясения.

**Стадия помощи или этап чрезвычайной ситуации.** Непосредственно следующий за катастрофой отрезок времени, когда необходимо прибегнуть к чрезвычайным мерам для удовлетворения основных нужд (жилье, вода питание, медицинская помощь) потерпевшего бедствие населения.

**Тектоника плит.** Теория движения и взаимодействия литосферных плит; с ее помощью объясняют землетрясения, вулканическую деятельность и горообразование как следствие крупных горизонтальных перемещений поверхностных частей Земли.

**Уязвимость.** Вероятность повреждения и обрушения зданий и сооружений, гибели людей и потери материальных ценностей при землетрясениях различной силы.

**Чрезвычайная сейсмическая ситуация.** Кратковременная ситуация, создававшаяся на определенной территории в результате землетрясения, в течение которой люди не в состоянии самостоятельно обеспечить свою жизнедеятельность или существует серьезная и прямая угроза для их жизни, имущества и других материальных ценностей.

**Эвакуация населения.** Организованный вывод населения с территорий, на которой ожидается или уже действует чрезвычайная ситуация, и переселение в другие места с предоставлением всех необходимых средств жизнеобеспечения.

# СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ ОТ АВТОРОВ .....	3
ВВЕДЕНИЕ .....	7
<b>ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ И СЕЙСМИЧНОСТИ ЗЕМЛИ .....</b>	<b>10</b>
1.1 Землетрясение – как угроза .....	10
Ранние представления .....	16
Строение Земли .....	16
Тектоника плит и причина возникновения землетрясений .....	21
Разломы земной коры и типы движения по ним .....	23
Виды землетрясений и сейсмические пояса Земли .....	24
1.2. Основные параметры землетрясений .....	28
Механизм землетрясения и сейсмические волны .....	28
Регистрация землетрясений: сейсмографы и акселерографы .....	34
Запись землетрясений: сейсмограммы и акселерограммы .....	41
Определение координат и механизма очага землетрясения .....	42
Магнитуда землетрясения .....	48
Энергия землетрясения .....	50
Интенсивность землетрясения .....	51
Ускорения грунта .....	56
1.3 Машина землетрясения, сейсмический цикл и статистика землетрясений .....	59
1.4 Разрушительные землетрясения Армянского нагорья .....	63
1.5 Сейсмичность территории Армении .....	76
Геодинамическая модель .....	76
Типы движений по разломам .....	77
Статистика землетрясений и сейсмический режим территории Армении .....	81
1.6 Спитакское землетрясение .....	109
Основная сейсмологическая характеристика Спитакского землетрясения .....	109
Быстрое реагирование .....	134
Краткие сведения о потерях .....	136
Послесловие .....	139
<b>ГЛАВА 2. СЕЙСМИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ И РИСК .....</b>	<b>151</b>
2.1 Сейсмическая опасность .....	152
Сейсмическое районирование .....	152
Сейсмомикрорайонирование .....	156
2.2 Оценка сейсмической опасности в Армении .....	164
2.3 Прогноз землетрясений .....	169
Тип прогноза .....	170
Благоприятные, хорошо изученные физико-геологические условия .....	176
Социальный аспект прогноза землетрясений .....	178
Прогноз землетрясений и шарлатанство .....	179
Прогноз землетрясений и невежество .....	181

Перспективы прогноза землетрясений в XXI веке .....	182
2.4 Прогноз землетрясений в Армении .....	186
2.5 Сейсмический риск .....	207
2.6 Оценка сейсмического риска в Армении .....	210
<b>ГЛАВА 3. СНИЖЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА .....</b>	<b>222</b>
3.1 Концепция и стратегия снижения сейсмического риска .....	222
3.2 Правовое поле .....	226
3.3 Управление снижением сейсмического риска .....	229
3.4 Снижение уязвимости территорий .....	233
Принципы и стратегия снижения уязвимости территорий .....	233
Общие представления о сейсмостойком строительстве.....	235
Нормы и правила сейсмостойкого строительства .....	236
Проектирование и строительство сейсмостойких зданий .....	242
3.5 Раннее оповещение населения .....	263
Принципы и стратегия создания системы раннего оповещения .....	263
3.6 Повышение информированности населения .....	270
3.7 Подготовка государственных органов .....	283
3.8 Медицинская готовность .....	288
3.9 Создание сил быстрого реагирования .....	292
3.10 Организация и проведение спасательных работ .....	304
3.11 Страхование от землетрясений .....	308
3.12 Предотвращение миграции населения из зоны землетрясения .....	313
3.13 Оказание помощи, реабилитация населения, восстановление .....	315
<b>ГЛАВА 4. СЕЙСМИЧЕСКАЯ КАТАСТРОФА И ЭТАП ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ.....</b>	<b>320</b>
4.1 Ситуация в городе непосредственно после разрушительного землетрясения ....	321
Период паники .....	321
Разрушение зданий и сооружений .....	322
Нарушение системы жизнеобеспечения .....	323
Оказание первой помощи пострадавшим .....	326
Воровство и мародерство .....	327
Захоронение погибших .....	327
Состояние муниципальных и ведомственных служб, призванных к срочным действиям после катастрофы .....	328
4.2 Основные виды потерь .....	329
4.3 Этапы развития катастрофы и устранения последствий. ....	332
4.4 Национальная система управления катастрофой .....	334
Общинный (городской) оперативный штаб по управлению катастрофой .....	334
Республиканский оперативный штаб управления для условий Армении .....	337
4.5 Организация управления катастрофой .....	340
4.6 Организация спасательных работ .....	343
4.7 Организация доврачебной помощи .....	349
4.8 Организация действий специализированных служб .....	356

Задачи полицейской службы .....	358
Задачи службы дорожной полиции .....	358
Задачи службы охраны особо важных объектов .....	359
Задачи медицинской службы .....	359
Задачи противозидемиологической службы .....	359
Задачи противопожарной службы .....	360
Задачи службы водоснабжения и канализации .....	360
Задачи службы теплоснабжения .....	360
Задачи службы электроснабжения .....	361
Задачи службы электросвязи (телефонной связи) .....	361
Задачи службы газоснабжения .....	361
Задачи службы захоронения погибших .....	361
4.9 Жизнеобеспечение населения зоны бедствия .....	366
Основные расстройства, вызываемые недостаточностью питания в чрезвычайных ситуациях (Справочник по чрезвычайным ситуациям, 1999) .....	370
4.10 Переселение населения из зоны разрушений .....	376
4.11 Распределение помощи .....	378
<b>ГЛАВА 5. УПРАВЛЕНИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕМ И РЕКОНСТРУКЦИЕЙ ЗОНЫ БЕДСТВИЯ</b> .....	382
5.1 Восстановление зоны бедствия .....	383
5.2 Реконструкция зоны бедствия .....	387
5.3 «Подводные рифы» планирования, восстановления и реконструкции .....	393
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	399
<i>Приложение 1</i> .....	401
Краткое содержание и график долгосрочной государственной программы по территории республики Армении .....	401
<i>Приложение 2</i> .....	404
<b>ЗАКОН РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ О СЕЙСМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЕ</b> .....	404
<i>Приложение 3</i> .....	414
Правила поведения до, во время и после землетрясения .....	414
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	418
<b>ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	424
<b>АННОТАЦИЯ УЧЕБНОГО ПОСОБИЯ «СЕЙСМИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА И ЕЕ ОРГАНИЗАЦИЯ»</b> .....	425
<b>ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ (ГЛОССАРИЙ)</b> .....	427
<b>ОБ АВТОРАХ</b> .....	429

2000 90.

## Сейсмическая защита и ее организация

под общей редакцией док. тех. наук, проф.,  
Сергея Юрьевича Баласаняна

## The Seismic Protection and its Organization

Training Manual Chief editor professor  
Serguei Balassanian

Художественный  
редактор Пичикян А.А.  
Технический  
редактор Пичикян А.А.  
Корректор Гончар Н.А.

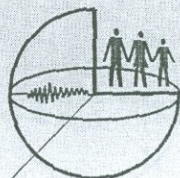
Издательство Эльдorado  
Армения Гюмри кольцо Мира 5

---

тираж 1000 60\*84/16



# Для заметок



**СЕЙСМИЧЕСКАЯ**  
**ЗАЩИТА**  
**И ЕЕ ОРГАНИЗАЦИЯ**

5708