

В монографии рассматриваются вопросы, касающиеся землетрясений и последствия наносимого ими ущерба. Приводятся многочисленные примеры, оспаривающие вероятностный подход при составлении карт общего сейсмического районирования (ОСР) – основы сейсмостойкого строительства. Предлагается за основу массового строительства использовать карты особо опасных сооружений. Одной из причин трагических последствий в Армении, Спитакского 1988г. землетрясения, были карты ОСР. Положение не лучше и в настоящем. Зоны и градации имеющих карт ОСР составлены произвольно. Сеймотектоническая карта, служившая основой ОСР – упрощена. В ней отсутствуют многочисленные разломы антикавказского направления. Карта ОСР Армении лежит в основе уменьшения и управления сейсмического риска Армении и г. Еревана. Уточнение карт ОСР Армении и г. Еревана позволят избежать трагических последствий. Предлагаются меры по устранению недостатков. Исследуя 1995г. землетрясение о-ва Сахалина РФ, обосновывается необходимость пересмотра занижения значения зон интенсивности карт сейсмического районирования о-ва Сахалин.

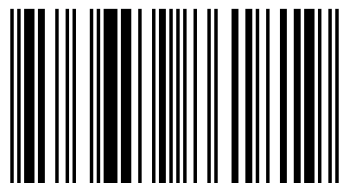


Димитрий Хачатрян

Землетрясения и некоторые вопросы сейсмостойкого строительства



Хачатрян Димитрий Агванович, 1940г академик МАНЭБ, доктор геологии. 1966г. окончил ЕГУ. Научное направление: инженерная геология, геофизика, природные и техногенные катастрофы, экология, безопасность жизнедеятельности. Научно прикладные исследования: Армения, Россия, Куба, Сирийская Арабская Республика, Иран, Аргентина. Преподавал: ЕГУ, ЕГУАС, ЕУЭЭ



978-3-659-86181-9

Димитрий Хачатрян

**Землетрясения и некоторые вопросы сейсмостойкого
строительства**

Димитрий Хачатрян

**Землетрясения и некоторые
вопросы сейсмостойкого
строительства**

LAP LAMBERT Academic Publishing

Impressum / Выходные данные

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Alle in diesem Buch genannten Marken und Produktnamen unterliegen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz bzw. sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Inhaber. Die Wiedergabe von Marken, Produktnamen, Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen u.s.w. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Библиографическая информация, изданная Немецкой Национальной Библиотекой. Немецкая Национальная Библиотека включает данную публикацию в Немецкий Книжный Каталог; с подробными библиографическими данными можно ознакомиться в Интернете по адресу <http://dnb.d-nb.de>.

Любые названия марок и брендов, упомянутые в этой книге, принадлежат торговой марке, бренду или запатентованы и являются брендами соответствующих правообладателей. Использование названий брендов, названий товаров, торговых марок, описаний товаров, общих имён, и т.д. даже без точного упоминания в этой работе не является основанием того, что данные названия можно считать незарегистрированными под каким-либо брендом и не защищены законом о брендах и их можно использовать всем без ограничений.

Coverbild / Изображение на обложке предоставлено: www.ingimage.com

Verlag / Издатель:

LAP LAMBERT Academic Publishing

ist ein Imprint der / является торговой маркой

OmniScriptum GmbH & Co. KG

Bahnhofstraße 28, 66111 Saarbrücken, Deutschland / Германия

Email / электронная почта: info@lap-publishing.com

Herstellung: siehe letzte Seite /

Напечатано: см. последнюю страницу

ISBN: 978-3-659-86181-9

Copyright / АВТОРСКОЕ ПРАВО © 2016 OmniScriptum GmbH & Co. KG

Alle Rechte vorbehalten. / Все права защищены. Saarbrücken 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ.....	1
ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
ГЛАВА ПЕРВАЯ	
1. Общее понятие о землетрясениях (Д.А.Хачатрян).....	7
1.1. Причина возникновения землетрясений.....	16
1.2. Сейсмические волны.....	35
1.3. Сейсмические катастрофы.....	41
1.4 Рекомендации по поведению людей в сейсмических районах.....	44
Как подготовиться к землетрясению.....	45
Как действовать во время землетрясения.....	46
Как действовать после землетрясения.....	47
Рекомендация по мерам безопасности при землетрясении.....	43
Аварийно-спасательные работы и оказание первой медицинской помощи.....	49
1.5. О повторяемости и вероятностном подходе к сейсмическим событиям (Д.А.Хачатрян, А.П. Федотов, В.Д. Хачатрян).....	52
ГЛАВА ВТОРАЯ	
Спитакское (Армения) землетрясение 11 декабря 1988 г.	
2.1. Общие данные о Спитакском 11 декабря 1988 г. землетрясении (Д.А. Хачатрян, В.Д. Хачатрян).....	75
2.2. Причины катастрофических последствий Спитакского 1988 г. землетрясения в Армении (Д.А. Хачатрян, В.Д. Хачатрян).....	78

2.3. О карте сейсмического районирования Республики Армения (Д.А. Хачатрян, А.П. Федотов).....	82
2.4. О карте сейсмического микрорайонирования г. Еревана, столицы Республики Армения, в масштабе 1:25 000 (Д.А. Хачатрян)	91
2.5. О сеймотектонических картах Республики Армения (Д.А.Хачатрян)	92
2.6. О градации зон карт сейсмического районирования (Д.А.Хачатрян, А.П. Федотов, В.Д.Хачатрян).....	103
Заключение (Д.А.Хачатрян)	111
Список использованной литературы.....	112
Приложение 1.Шкала Медведева-Шпонхойера-Карника (MSK-64)	127
Приложение 2. Сопоставление различных шкал интенсивности землетрясений.....	133
Приложение 3. ШКАЛА СИЛЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ПО-ЯПОНСКИ SHINDO SCALE, JMA SEISMIC INTENSITY.....	138
Приложение 4	142

ПРЕДИСЛОВИЕ

Бессонная ночь с 10 по 11 декабря 1988 г, проведенная около костра на стадионе “Базум” после Спитакского землетрясения, была результатом разбушевавшейся стихии – гулом и сотрясением афтершоков, происходящих после основного толчка. Бессонная, потому что попытка хоть на какое-то время заснуть в лежащем положении не удавалась, из-за усиленного восприятия тела в лежащем положении. Дремала вокруг костра, иногда переворачивая замерзшие спины к костру, и вся группа преподавателей Ереванского государственного университета, приехавшая для оказания посильной помощи пострадавшим жителям г. Спитака (Армения). Повторяю, никто не мог закрыть глаза из-за зловещего глуховатого гула и трясения. Попытка оказать помощь пострадавшим внутри завалов среди огромных разрушенных строительных зданий вручную, оказывалась бессмысленной, и мы отправились туда, куда нас направили люди пункта по координации работ прибывших на помощь. Посильная помощь заключалась в сопровождении и указании людям, потерявшим своих родных и близких, а также подавать вовремя питьевую воду, помогать переносить тела, отыскивать подходящие размеры гробов, отыскать нужный или чуть больше размер обуви, сидящим убитым горем и чудом оставшихся в живых старух, севших на развалины домов или пред ними, подавать им хлеб и воду и др. Гробы, хлеб, бутилированная вода поступили в достаточном количестве, а обувь уже на второй день невозможно было отыскать. Видимо, усиленное восприятие тела в лежащем положении, помогает животным живущим под землёй, избегать тотального исчезновения из района землетрясения. Их бегство из района поражения землетрясения, по свидетельству очевидцев, напоминает сумасшедшее, бегство от неизведанного страха. Усиленное восприятие в горизонтальном положении, под землей, телом животных возможно поможет сконструировать приборы предвестников землетрясений.

Погибших от землетрясений было бы намного меньше, если бы цепочка сейсмостойкого строительства действовала удовлетворительно. В настоящее время в нормативных документах Российской Федерации заложены положения допускающие массовые разрушения городов и поселков. Карты ОСР отражают 10%-ую, 5%-ую, 1%-ую - вероятность возможного превышения в течении 50 лет, указанных на картах значений сейсмической интенсивности. Отмечаем, эти карты из нормативного документа “Свод правил. Строительство в сейсмических районах – СП 14.1330-2014”. В нормативном документе не указывается величина

возможного превышения интенсивности на 1 балл, на 2 балла, а может и на 3 балла (дробные величины интенсивности не приняты). Не указывается как учитывать вероятностные превышения в течении 50 лет в сейсмическом строительстве, то есть в нормативном документе допускается возможность разрушение городов и поселков, населенных пунктов. Снимается всякая ответственность за несоответствие нормативного документа в случае землетрясения. Ведь в документе указано превышение интенсивности. Любое превышение значения интенсивности карт, это переход на высший уровень сейсмической опасности, от карт ОСР А к ОСР В или ОСР С. Нормативный документ нельзя составлять на вероятностной основе. К примеру, банкнот номинальной стоимостью 100 рублей, не выпускается с какой-либо вероятностью, превышения значения 100 рублей, то есть не 100, а 101 или 110. Речь здесь не идет о покупательной способности, или о девальвации, а о номинале купюры. Поэтому, предлагаем изъять из названия 10%-ую, 5%-ую, 1%-ую - вероятность возможного превышения в течение 50 лет. Карту ОСР А использовать для временных сооружений, пониженной ответственности, а карту ОСР В для массового жилищного строительства, избегая массовой гибели людей и имущества. Данная поправка предполагает, что специалисты всех рангов будут действовать в морально-этико-правовом поле.

Все замечания, касающиеся карт ОСР в полной мере относятся и к картам “Global Seismic Hazard” Map. Использование на картах термина “Peak ground acceleration (PGA)” означает пиковое, максимальное, наибольшее, ускорение грунта (PGA) равное амплитуде абсолютного ускорения, записанного на акселерограммах землетрясений на данной местности во все времена. Допущение возможного превышения значения (PGA), вполне возможно, но это превышение, приводит к картам на высший уровень сейсмической опасности, сейсмического риска. Вероятность превышения значения PGA на какой-то ничтожный процент в правовом нормативном конкретном документе, недопустимо.

В книге значений магнитуд написаны через запятую, если после значения магнитуд ставится точка, и наоборот если после значения необходимо поставить запятая, то значение обозначено через точку.

Строгие высказывания нами в адрес составителей карт сейсмического районирования территории Армении связаны со следующим. 23/09/ 2003 г.

состоялся расширенный научно – технический совета Национальной службы сейсмической защиты РА, где рассматривался вопрос срока действия данной карты. В обсуждении принимал участие автор монографии Д.А. Хачатрян, главный специалист отдела природных бедствий Управления Чрезвычайных Ситуаций РА. На вопрос Д.А. Хачатряна об обосновании градации зон сейсмического районирования, авторы не дали вразумительного ответа. Дополнительные, вспомогательные вопросы вызывали удивление. Спустя 11 лет, в 2014 г. они представляют и рекламируют данные карты без изменения. История и увиденная ими Спитакская 1988 г. трагедия их ничему не научила.

В книге, ссылки на графические электронные источники, не проходящие проверке к режиму доступа, приведены в списке использованной литературы в форме доступной к просмотру. На таких рисунках оставлены их первоначальные электронные URL или адреса сайтов.

В книге использованы фотографические материалы, рисунки, с наилучшим качеством, независимо от источника издания или авторов, сохраняя их право.

При подготовке монографии огромную полезную помощь оказал персональный сайт академика Уломова В.И. <http://seismos-u.ifz.ru/personal/1976-1990.htm>. За создание персонального сайта искреннюю благодарность, незнакомому мне лично, академику Уломову В.И., за понимание проблемы, связанной с бедами землетрясения, его воле в деле борьбы повышения на картах ОСР значения интенсивности территории Узбекистана, а в дальнейшем для территории РФ и республик бывшего СССР.

Выражаю искреннюю благодарность Елене Сергеевну Барба, Елене Анатольевне Суружиу курирующим редакторам издательства LAP LAMBERT Academic Publishing, за любезное предложение по опубликованию монографии и консультации в ходе подготовки ее к публикации.

Автор признателен основателю и руководителю ООО Бюро Технических Изысканий г. Краснодара Федотову Антону Павловичу, за создания условия для исследовательских работ.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

I. Общее понятие о землетрясениях

Землетрясение - это геодинамический процесс, был и остается главной природной бедой человечества. Главной - в силу своей мгновенности, порождающей вторичные процессы, следствием которых являются многотысячные гибели людей, колоссальный ущерб, чрезвычайные происшествия, опустошения, устранение которых порой неподвластно даже развитому государству. Землетрясения провоцируют возникновение цунами, оползней, камнепадов, меняют русла рек. Землетрясения становятся причиной изменения русел рек, а оползни – причинами заграждения русел рек, вследствие чего образуются озера, иногда колоссальные по объёму, как Сарезское, в горах Тянь-Шань в Туркменистане 05/ 02 /1911 г. [68]. Сход оползней, или цунами спровоцированные землетрясениями, могут нанести больший урон, чем само землетрясение. Примером служит землетрясение 2011 г. на Фукусиме и авария атомных реакторов Дайсон, атомной электростанции Фукусима [38, 39]. Землетрясения господствуют над приочаговой территорией, иногда отрезая зоны поражения от окружающего мира, повторными толчками предупреждая людей о том, что необходимо серьезно считаться с силами и мощью Природы. Согласно господствующей теории происхождения Солнечной системы, землетрясения должны происходить после определенной стадии развития Земли. Они происходили до появления биологической жизни на Земле, возможно, они стали одной из причин ее возникновения на нашей планете. Поэтому землетрясения сопровождали и будут сопровождать развитие биологической жизни на протяжении всей ее истории. На определенном этапе развития человечества появилась возможность передачи из поколения в поколение информации о трагических последствиях землетрясений. С появлением письменности, сведения о землетрясениях стали более конкретными, с датой и местом их происхождения, и последствиями. На данном этапе развития человечества, люди получают мгновенную информацию о происходящем по спутниковым каналам, с помощью интернета, средствам массовой информации. С интеллектуальным развитием человечества, люди начали бороться против силы стихии: как и какими путями свести к минимуму ущерб от землетрясения. Появилась возможность строить высотные сейсмостойкие здания. В основе развития

сейсмостойкого строительства лежат многочисленные отрасли науки и научные разработки. Одними из основных являются геологические науки, в том числе сейсмология. В сейсмостойком строительстве имеются еще много нерешенных проблем, некоторые из которых будем рассмотрены в данной монографии. Прежде чем перейти к основной проблеме, в сжатой форме, рассмотрим термины и определения, которые помогут проникнуть в суть проблемы. Источниками терминов и определений, с незначительными изменениями, служат ГОСТ 27751-2014 [56], “Свод Правил, строительство в сейсмических районах- СП 14.13330.2011 [80], а также словарь терминов монографии Т. К. Злобина «Геодинамические процессы и природные катастрофы [42]. В книге некоторым терминам дается иное, а иногда и несколько толкований, близких а иногда и отличающихся от нижеприведенных описаний. Это позволяет в первую очередь доказать или отрицать приведенные утверждения, во вторых читателю дать возможность ознакомиться с разнообразием толкований явлений и терминов.

Активный разлом – разлом, по которому в историческое время (голоцен – современная эпоха квартера, начавшаяся 10–12 тыс. лет назад) происходили смещения крыльев или фиксировались землетрясения.

Акселерограмма: Зависимость ускорения колебаний от времени.

Акселерограмма землетрясения: Запись процесса изменения во времени ускорения колебаний грунта (основания) для определенного направления.

Антисейсмические мероприятия: Совокупность конструктивных и планировочных решений, основанных на выполнении указаний норм, обеспечивающих определенный, регламентированный нормами уровень сейсмостойкости сооружений.

Астеносфера – слой в верхней оболочке Земли, выделяемый на основе реологических свойств. Астеносфера (по-гречески) – слабая сфера, то есть с пониженной твердостью, прочностью и вязкостью. Это слой, подстилающий литосферу и характеризующийся низкими скоростями и значительным затуханием сейсмических волн. Слой мягкий, вероятно, частично расплавленный. Он способен к вязкому и пластичному течению. Термин ввел Барелл в 1914 году. Астеносферный слой является волноводом. Вязкость – 4×10^{19} Па·с.

Афтершок – последующий толчок, возникающий в ограниченном объеме литосферы после сильнейшего в данной серии землетрясения.

Воздействие сейсмическое: Движение грунта, вызванное природными или техногенными факторами (землетрясения, взрывы, движение транспорта, работа промышленного оборудования), обуславливающее движение, деформации, иногда разрушение сооружений и других объектов.

Вулкан – жерло или место в земле, из которого расплавленная порода или газ (или вместе) поступают на поверхность из недр.

Геодинамика – по В. Е. Хаину, научная дисциплина, изучающая характер и закономерности течения процессов, определяющих эндогенную (внутреннюю) активность и структурные преобразования Земли в целом.

Геосинклинали, геосинклинальные пояса – протяженные прогибы, выполненные мощными толщами осадков и вулканических пород.

Гипоцентр (фокус или очаг землетрясения) – место, в котором при землетрясении начинается процесс выделения сейсмической энергии и вспарывание сейсморазрыва.

Глубоководные желоба – узкие глубоководные впадины Мирового океана.

Грабен – прогиб земной коры, ограниченный нормальными сбросами.

Граница Конрада – поверхность второго, гранулит-базитового (ранее – «базальтового») слоя земной коры, вдоль поверхности которой граничная скорость упругих сейсмических волн составляет 6,6–7,2 км/с.

Гуттенберга слой (канал) – зона пониженной скорости (канал) в верхней мантии на глубинах от 50–100 до 200–300 км.

Деформация – изменение формы тела под влиянием приложенной силы.

Дивергенция – расхождение литосферных плит.

Длина волны – расстояние между соседними экстремумами (гребнями или впадинами волны). Длина сейсмических волн, излучаемых в очагах землетрясений, как правило составляет несколько километров. Период волн при землетрясениях колеблется от 0,1 секунды до нескольких часов (в основном одна секунда).

Длительность сильных колебаний (условная) – интервал времени между первым и последним пиками сильных колебаний грунта, имеющих амплитуду выше определенного значения.

Землетрясение – приход на поверхность Земли упругих колебаний, вызванных в свою очередь, мгновенным смещением масс пород и внезапным высвобождением потенциальной энергии недр.

Земная кора – верхняя твердая оболочка Земли, располагающаяся выше границы Мохоровичича (обозначаемая для краткости – М). Залегают в литосфере, от которой отделяется скачком скорости распространения упругих волн с 6,5–7,7 до 8,0–8,2 км/с.

Земные приливы - периодические деформации твердого тела Земли под действием гравитационных полей Солнца и Луны.

Изосейсты – линия равных сотрясений, то есть линии, соединяющие точки с одинаковой интенсивностью землетрясения и разделяющие области с различным уровнем интенсивности.

Каркасные здания: здания с несущими рамами (каркасом), полностью воспринимающими вертикальные и горизонтальные нагрузки. Взаимодействующие элементы рам (колонны, стойки и ригели) сопротивляются осевым нагрузкам, перерезывающим силам, изгибающим и крутящим моментам.

Каркасно-каменные здания: здания с монолитными железобетонными каркасами, при возведении которых используется специфическая технология: вначале возводится кладка, которая используется в качестве опалубки при бетонировании элементов каркаса.

Каркас с заполнением: несущая система, состоящая из рам, заполненных целиком или частично кладкой с применением естественных и искусственных камней, воспринимающая вертикальные нагрузки совместно с элементами каркаса. Распределение усилий между рамами и заполнением осуществляется в зависимости от конкретных конструктивных решений с использованием методов теории сооружений строительной механики и сопротивления материалов.

Карты сейсмического микрорайонирования: карты в масштабе 1:25000-1:2000, разрабатываемые для территорий городов, населенных пунктов или отдельных жилых микрорайонов, а также промышленных объектов.

Катастрофа (от греч. *katastrophe* – поворот, переворот) – внезапное бедствие, событие с тяжелыми последствиями, приведшее к гибели людей и (или) нанесшее значительный материальный ущерб.

Конвекция – передвижение масс жидкости или газа, а также перенос ими тепла в условиях различия плотности и (или) температуры в разных областях объема жидкости или газа. При стационарной конвекции движение происходит по замкнутым линиям, образующим конвективные ячейки.

Конвергенция [*convergentio*] – схождение литосферных плит в новой глобальной тектонике.

Коэффициенты надежности: коэффициенты, учитывающие возможные отклонения нагрузок, характеристик материалов и расчетной схемы строительного объекта от реальных условий его эксплуатации, а также уровень ответственности строительных объектов.

Лава – магма, изливающаяся на земную поверхность.

Лахар – грязевой поток на склоне вулкана.

Литосфера – каменная оболочка мощностью от 75 до 300 км, залегающая над астеносферой. Мощность литосферы под океанами составляет около 50–60 км, под континентами – 100–200 км. В среднем мощность литосферы – 90 км. Под Охотской глубоководной котловиной кровля литосферы залегает на глубине до 30 км.

Максимальное расчетное землетрясение (МРЗ): Землетрясение максимальной интенсивности на площадке строительства с повторяемостью один раз в 1000 лет и один раз в 5000 лет - для объектов повышенной ответственности. Принимается по комплектам карт ОСР-97 В и С соответственно.

Мантийная конвекция – тепловая конвекция в мантии, вызывающая в результате разности температур в недрах движение глубинного вещества в конвективных ячейках.

Мантия Земли – наибольшая по объему часть земных недр, расположенная между корой и ядром Земли на глубинах от 40 до 2900 км. Состоит из плотных силикатных пород.

Метеориты – это каменные или железные округло-угловатые обломки, выпадающие иногда на поверхность планет и нередко оставляющие на них след в виде ударных (импактных) кратеров.

Миграция землетрясений – закономерное перемещение гипоцентров землетрясений в пространстве и во времени, количественно характеризуемых величиной скорости и направлением.

Надежность строительного объекта: способность строительного объекта выполнять требуемые функции в течение расчетного срока эксплуатации

Напряжение (упругое) – мера сил, действующих внутри или на поверхности тела, взаимодействующего с другими физическими объектами (телами или полями); измеряется в единицах силы, деленных на единицу площади.

Нормативный документ: документ, доступный широкому кругу потребителей, и устанавливающий правила, общие принципы и характеристики, касающиеся определенных видов деятельности в области строительства и их результатов.

Основание: часть массива грунта, взаимодействующая с конструкцией сооружения, воспринимающая воздействия, передаваемые через фундамент и подземные части сооружения и передающие на сооружения техногенные и природные воздействия от внешних и внутренних источников.

Островные дуги – горные сооружения, выступающие над уровнем моря своими вершинами (островами). Характерный пример – Курильская островная дуга протяженностью около 1250 км.

Очаг землетрясения – область, в которой при землетрясении выделяется сейсмическая энергия.

Поперечные (S) волны – сейсмические волны, распространяющиеся медленнее, чем продольные (P), примерно в 1,7 раза. Колебания происходят в плоскостях, ортогональных (перпендикулярных) направлению распространения волны.

Поперечные волны не проходят через жидкость, в том числе внешнее ядро Земли.

Прогноз землетрясений – предсказание времени, места и силы (магнитуды) землетрясения; характера сильных колебаний грунта и оценка вероятности предсказываемого события. В зависимости от продолжительности прогноз может быть оперативным (минуты–часы), краткосрочным (дни–недели), среднесрочным (месяцы) и долгосрочным (годы). Сейсмическое районирование основано на прогнозе магнитуд сильных землетрясений.

Продольные (Р) волны – наиболее быстрые волны сжатия и растяжения, которые распространяются вдоль сейсмического луча и проходят через все среды.

Проектное землетрясение (ПЗ): землетрясение максимальной интенсивности на площадке строительства с повторяемостью один раз в 500 лет.

Разлом (разрыв) – разрыв горных пород со смещением крыльев. Величина смещений по разрывам может быть от нескольких сантиметров до 50–100 км (на внутренних склонах глубоководных желобов).

Районирование сейсмическое – разделение территории на районы разной сейсмической опасности или сотрясаемости (смотри сейсмическое микрорайонирование).

Расчетный срок службы: установленный в строительных нормах или в задании на проектирование период использования строительного объекта по назначению до капитального ремонта и (или) реконструкции с предусмотренным техническим обслуживанием. Расчетный срок службы отсчитывается от начала эксплуатации объекта или возобновления его эксплуатации после капитального ремонта или реконструкции.

Рифты (англ. rift – расселина, ущелье) – линейно вытянутая на несколько сот км (нередко свыше 10 000 км) щель или ров шириной 30–70 км. Располагаются как в океанах так и на континентах. Обычно возникают на сводах и поднятиях благодаря растяжению земной коры.

Рэля волны – сейсмические поверхностные волны, при распространении которых частицы совершают колебания только в вертикальной плоскости.

Сброс – опускание блока (слоя) горной породы по вертикальной или наклонной поверхности смещения (смеситель).

Сейсмические волны – упругие волны, возникающие в результате землетрясений, взрывов, ударов и распространяющиеся в виде затухающих колебаний.

Сейсмичность – это проявление землетрясений, распределение их во времени и в пространстве. Сейсмичность характеризуется распределением землетрясений по площади, повторяемостью землетрясений разной силы, характером разрушений и деформаций, площадью разрушений, а также связью землетрясений с геологическим строением.

Сейсмическое микрорайонирование (СМР): комплекс инженерно-геологических и сейсмометрических работ по прогнозированию влияния особенностей строения приповерхностной части разреза (строение и свойства, состояние пород, характер их обводненности, рельеф и т.п.) на сейсмический эффект и параметры колебаний грунта на площадке. Под приповерхностной частью разреза понимается верхняя толща пород, существенно влияющая на приращение интенсивности землетрясения.

Сейсмический риск: вероятность социального и экономического ущерба, связанного с землетрясениями на заданной территории в течение определенного интервала времени. Сейсмический риск (R), сейсмическая опасность (H) и уязвимость (V) связаны соотношением $R = H \times V$.

Сейсмичность площадки строительства: интенсивность расчетных сейсмических воздействий на площадке строительства с соответствующими категориями повторяемости за нормативный срок. Сейсмичность устанавливается в соответствии с картами сейсмического районирования и сейсмомикрорайонирования площадки строительства и измеряется в баллах по шкале MSK-64.

Сейсмостойкость сооружения: способность сооружения сохранять после расчетного землетрясения функции, предусмотренные проектом, например:

- отсутствие глобальных обрушений или разрушений сооружения, или его частей, способных повлечь гибель и травматизм людей;
- продолжение эксплуатации сооружения после восстановления или ремонта.

Сейсмология – наука о землетрясениях.

Сеймотектоника – раздел геофизики, изучающий связь проявлений сейсмичности и тектоники регионов, тектонической обстановки и причин возникновения землетрясений. Сейсмические показатели используются для характеристики степени устойчивости геотектонических режимов, определения зон контрастных тектонических движений, выявления доминирующих направлений подвижек. По глубине расположения очагов землетрясения, группирующихся в зоны и линии определенного простирания, судят о глубине возникновения разрывов. Динамические параметры очагов дают сведения о величине и направлении сил, которые деформируют и разрушают горные породы. Результаты сеймотектонических исследований отражают тектонические структуры и данные о землетрясениях (количество, частоту, силу, сеймотектонические деформации, фокальные механизмы).

Спрединг – раздвиг океанического дна, расширение ложа и его разрастание (согласно концепции тектоники плит).

Срок службы: продолжительность нормальной эксплуатации строительного объекта с предусмотренным техническим обслуживанием и работами (включая капитальный ремонт) до состояния, при котором дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна.

Субдукция – погружение литосферной плиты, например Тихоокеанской океанической плиты под континентальную Евразийскую.

Тектонические движения – процесс деформации больших объемов горных пород во внешней части Земли, происходящий под действием возникающих в Земле сил.

Тектоника (от греческого *tectonic* – строительство) – наука, изучающая структуру земной коры и верхней мантии (тектоносфера) и закономерности ее формирования.

Тектоника литосферных плит (плейттектоника) – теория образования, движения и взаимодействия литосферных плит Земли; с ее помощью пытаются объяснить землетрясения, вулканическую деятельность и горообразование, как следствие крупных горизонтальных перемещений.

Тектонические движения – процесс деформации больших объемов горных пород в земной коре, происходящий под действием возникающих в Земле сил.

Тектонические землетрясения – землетрясения, возникающие при подвижках блоков земной коры и верхней мантии по разломам.

Уточнение общего сейсмического районирования (УОСР): более детальные, по сравнению с картами ОСР-97 исследования сейсмоактивных территорий, результатом которых должно быть уточнение сейсмической опасности (УСО) как отдельных пунктов (УСО-1), так и ограниченных территорий (УСО-2), т.е. аналог детального сейсмического районирования (ДСР), основанного на уточнении модели исходной сейсмичности (УИС). При этом обязательным является выполнение тех же нормативных требований, которые заложены в вероятностные оценки карт ОСР-97 (вероятности 10%, 5% и 1% возможного превышения номиналов карт в течение 50-летних интервалов времени).

Форшоки –относительно слабые сейсмические толчки, предшествующие сильнейшему из серии землетрясению. Они бывают менее чем в 50 % случаев, в отличие от афтершоков, сопровождающих мощное землетрясение всегда.

Шкала интенсивности или баллов основана на макросейсмическом описании результатов разрушения землетрясений. В России принята 12-балльная шкала MSK-64, которая близка к шкале Меркалли, действующей в США и странах Европы. В Японии принята 7-балльная шкала JMA (шкала Японского метеорологического общества); соотношение между шкалами устанавливаются на основании опыта. Например, землетрясение в Кобе в январе 1995 года сопровождалось колебаниями интенсивностью до 7 баллов JMA или до десяти баллов шкалы MSK-64.

Энергия - единая мера различных форм движения и взаимодействия материи, мера перехода движения материи из одних форм в другие.

1.1. Причина возникновения землетрясений

В настоящее время под термином землетрясение, принимается процесс быстрого смещения, колебания земной поверхности в результате подземных толчков. Как синоним термина землетрясения используются

термины - сейсмическое сотрясение или сейсмическое событие. Сильные землетрясения возникают в недрах земли и связаны с тектоническими процессами. Они обусловлены быстрыми, мгновенными смещениями участков земной коры или толщ горных пород относительно друг друга. Область, где происходит смещение называется очагом землетрясения. Центральная часть очага, где происходил максимальный сдвиг, максимальное смещение в результате главного толчка землетрясения, принято называть фокусом, или гипоцентром. Проекция гипоцентра на земной поверхности, называется эпицентром землетрясения (рис.1.1).

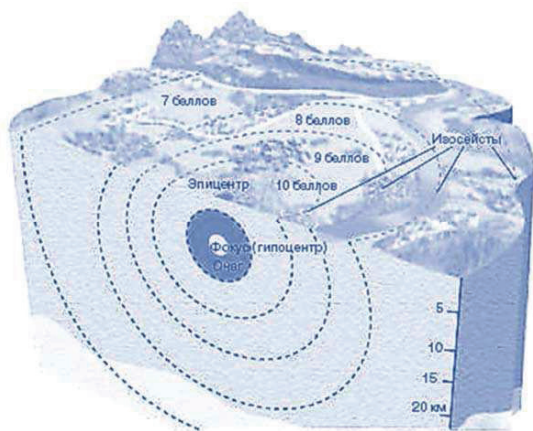


Рис. 1.1 Схема характеристик землетрясения [110].

Землетрясение происходит в момент, когда предел прочности участка земной коры или толщ пород, становится меньше, чем силы вязкого трения

мантийных конвекционных потоков о земную кору Архимедовы силы, действующие на легкую кору со стороны более тяжелой пластичной мантии, лунно-солнечных приливов и изменении атмосферного давления вместе взятых. Естественные землетрясения возникают также при: вулканических извержениях, сильных взрывах, обрушениях сводов пустот подземных полостей. Так например 24 сентября 2013 года в 16:29 по местному времени в Пакистане произошло землетрясение магнитудой 7,7. Гипоцентр находился на глубине около 20—23 километров. В результате образовался остров Залзале, длиною 200 метров, шириной — около 30 м, высотой — от 6 до 12 м. Грунт острова состоит из грязи, мелкого песка и твёрдых пород [27].

Есть землетрясения, обусловленные человеческой деятельностью: взрывы, заполнение водохранилищ, обрушение подземных полостей горных выработок.

Сейсмические волны распространяются во все стороны от очага землетрясения, претерпевая преломления на границах раздела сред (пород) с различными упругими свойствами. Скорость распространения сейсмических волн от гипоцентра различна, так как породы обладают свойством анизотропии. С наибольшей скоростью распространяются волны по направлению, где порода плотнее и претерпела меньшие изменения. Поэтому направление и форма изолинии скоростей не должна совпадать с направлением и формой изосейст. Изосейсты на поверхности земли имеют вытянутую, реже округленную форму, соответствующую форме очага землетрясения. Большая ось изосейст, совпадает с направлением тектонического или тектонических разрывных нарушений, указывая направление вспарывания главного толчка. С расстоянием, сила упругих волн (энергия) землетрясения уменьшается.

По глубине возникновения землетрясения делятся на: нормальные до 33 - 70 км, промежуточные - до 300 км, глубокофокусные - свыше 300 км.

При рассмотрении карт землетрясений определенного большого периода, как это представлено на рис.1.2 становится очевидным, что они происходят в определенных зонах планеты. При рассмотрении карты сейсмической активности землетрясений в реальном времени [45], видно, что они также происходят в тех же районах. Сопоставляя карту сейсмической активности с картой литосферных и тектонических плит, выявляется полная их корреляция-сопоставляемость.

Движения литосферных плит, дрейф континентов, предложен немецким ученым Альфредом Вегенером в 1912 г. Движение литосферных плит обусловлено перемещением вещества в верхней мантии под влиянием сил, рассмотренных выше. В рифтовых зонах происходит разрыв земной коры и расталкивание плит. Большинство рифтов находятся на дне океанов, где земная кора тоньше (рис. 1.3 и 1.4). На суше крупнейшие рифты расположены в районе Великих Африканских озер и озера Байкал.

По причине движения плит, возникают разрывы в литосфере: в океанических и континентальных корах. Разрывы принято называть “тектоническими разломами”. Некоторые характерные разломы приведены на рисунках 1.5 - 1.7.

Зоны, трассы движения литосферных и тектонических плит, являются гиперактивными сеймотектоническими разломами. Из этого не следует, что вне

этой зоны, остальные разломы не являются сейсмоактивными и не могут стать причиной возникновения землетрясения.

Preliminary Determination of Epicenters 358,214 Events, 1963 - 1998

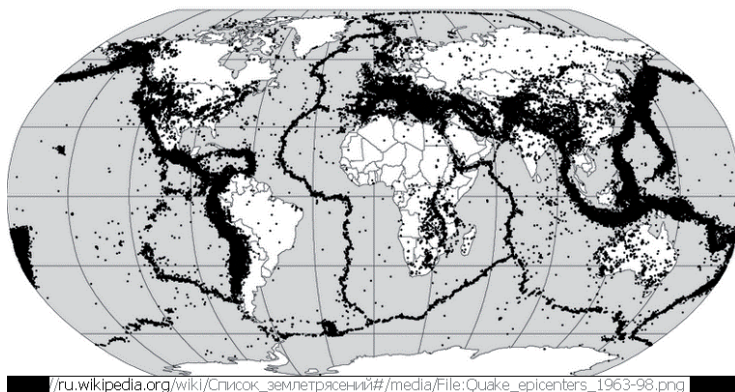


Рис. 1.2. Землетрясения, произошедшие в мире с 1963 по 1998 гг. Источник на рисунке.

В непосредственной близости швов геотектонических процессов: сдвигов, спредингов, субдукции, рифтингов, остаточная деформация имеет большие амплитуды. Там же землетрясения происходят часто и интенсивнее, с большими магнитудами. Со временем, результат данных процессов распространяется все дальше от зон действия геотектонических процессов, и вдали от зон становится причиной тектонических нарушений.

Данный процесс сопровождается сейсмическим сотрясением, с большой периодичностью. Геотектонические процессы, приводят к изменению мощности литосферных плит и континентальной коры, порождающей миграцию зон данных процессов.

Землетрясения могут иметь источники другого происхождения как природные и техногенные обвалы, заполнение водохранилищ, и др.

Как отмечает Г.А. Максимович [54], в Пермской области за 145 лет (1798–1943гг.) было зарегистрировано 23 землетрясения, из них, к карстовым

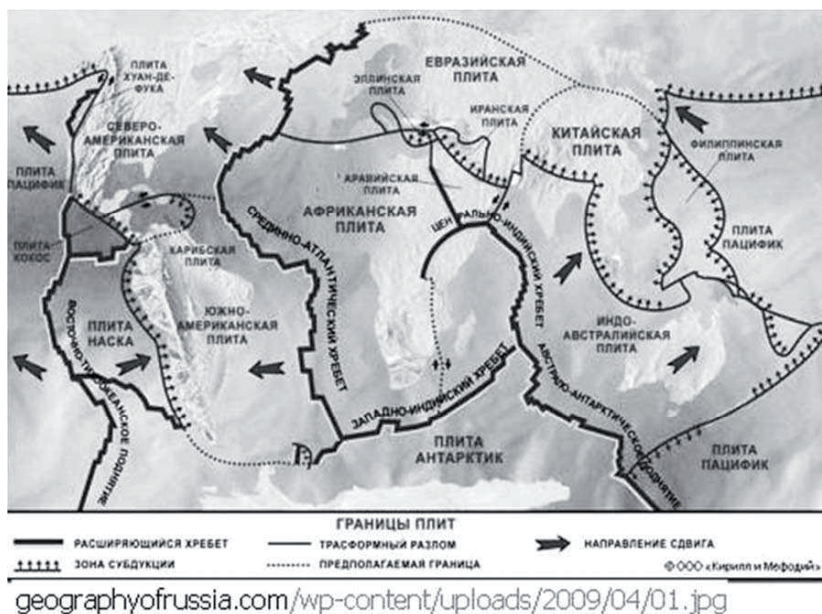


Рис. 1.3 Карта литосферных и тектонических плит планеты Земля.

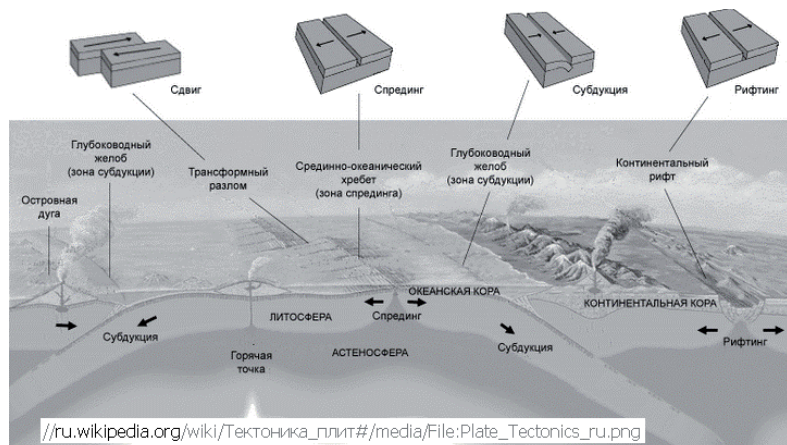


Рис. 1.4 Геотектонические процессы Земли [93].

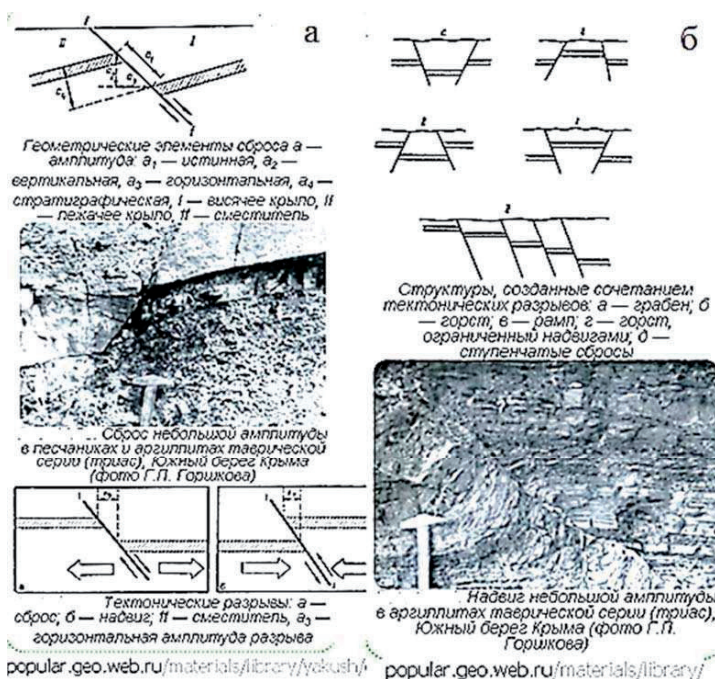
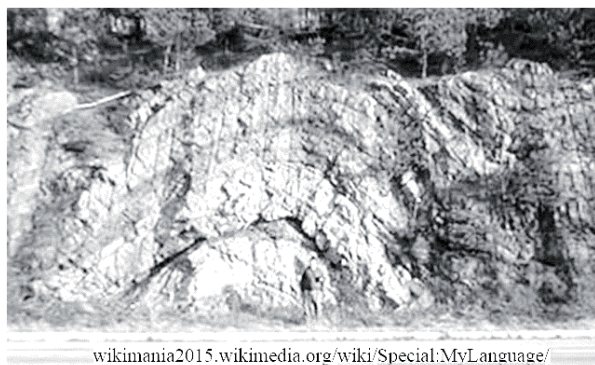


Рис. 1.5. Основные тектонические нарушения (а) и тектонические структуры (б) [19].



относится 17 или 73,9% землетрясений. Автор приходит к выводу, что основным типом землетрясений в Пермской области является карстовый - обвальный. К тектоническим отнесено 5 землетрясений (1798, 1847, 1902, 1908, 1914гг.), одно

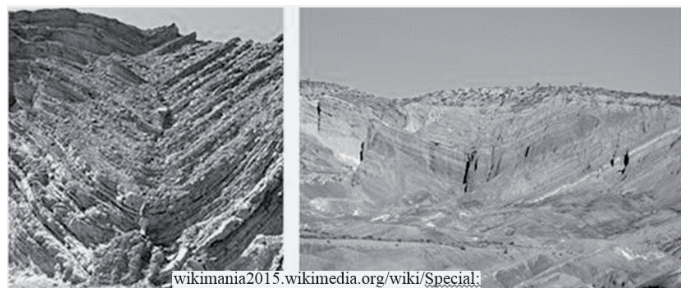


Рис. 1.7.
Синклинальные
структуры [84].

Землетрясение силой 4 балла было вызвано падением 30 августа 1887г. Оханского (Таборского) метеорита.

В работе Л.К. Малика приводятся примеры связи вынужденной сейсмичности с заполнением водохранилища [55]. Впервые связь вынужденной сейсмичности с заполнением водохранилища была установлена в районе озера Марафон (Греция) спустя два года после начала его заполнения в 1931 г. и достижения максимального уровня воды. Подземные толчки стали ощущаться с начала заполнения водохранилища, а в 1938 г. произошло разрушительное землетрясение.

Проявления возбуждённой сейсмичности были детально описаны Кальдерой в 1945 г. после землетрясения в районе арочной плотины Гувер на р. Колорадо, зафиксированного сразу же после заполнения водохранилища в 1939 г. Наблюдения показали, что 10 из 68 построенных в США водохранилищ вызвали наведенную сейсмичность [55].

Землетрясения характеризуются пространственными координатами, временем происхождения, интенсивностью, энергией и др. В пространственные координаты входят географические системы координат – широта (X) и долгота (Y), а также глубина очага (H). Время происхождения землетрясения (сейсмического события) в сейсмологии отмечается не по Гринвичу (GMT), а по всемирному (UTC). С целью обоснования причиненного ущерба указывается местное время. Основными параметрами являются интенсивность, (I) от слова intensity, землетрясения. **Интенсивность** землетрясения измеряется по величине колебаний в конкретной точке измерения [24, 37, 40, 63, 108, 109, 124, 139]. Другой важной характеристикой землетрясения является магнитуда – magnitude (M),

являющаяся мерой высвобождаемой землетрясением энергии [24, 37, 40, 52, 53, 63].

С целью классификации сейсмических событий по интенсивности существуют ряд шкал. Первой из них является 10 балльная шкала Росси-Форели. Особо следует отметить 12-балльную шкалу Медведева (СССР)–Шпонхойера (ГДР)–Карника (Чехословакия) (MSK-64) [109] (Приложение 1), шкала или модифицированная шкала Меркалли (ММ или MMI) [108, 139], используется в основном в США, и Европейская макросейсмическая шкала – Гарунтхал Германия - EMS-98 [124], мало отличающаяся от MSK-64. Сопоставление данных шкал с некоторыми подробностями и особенностями приведено в приложение 2.

Шкала MSK-64 использовалась и используется в странах Европы и на территории бывшего СССР. В Японии и на Тайване для классификации сейсмических событий применяется шкала интенсивности, разработанная Японским метеорологическим агентством (Japan Meteorological Agency) [111]. Японская шкала интенсивности носит название JMA Seismic Intensity (Приложение 3).

Шкала MSK-64 классифицирует интенсивность землетрясения по характеру его восприятия человеком, реакции различных типов строений и степени разрушения и степени изменений в окружающей среде. Описание шкалы MSK-64 полностью приведено в приложение 1.

Для общего представления классификации землетрясений по шкалам MSK-64 [109], EMS-98[124] и Меркалли (MMI) [108, 139], вкратце приведем их основные характеристики.

Землетрясение в 1 балл (по 12-балльным шкалам).

MSK-64: Неощутимое. Регистрируется с помощью приборов.

EMS-98: Неощутимое.

MMI: Не ощущается людьми. Регистрируется приборами.

Землетрясение в 2 балла:

MSK-64: Едва ощутимое. Колебания ощущаются лишь отдельными людьми на верхних этажах зданий.

EMS-98: Едва ощутимое. Ощущается только некоторыми людьми,

находящимися в покое в помещении.

MMI: Ощущается в спокойной обстановке на верхних этажах зданий, и некоторыми животными.

Землетрясение в 3 балла:

MSK-64: Слабое землетрясение. Ощущается некоторыми людьми, легкое раскачивание висящих предметов.

EMS-98: Слабое. Ощущается в помещениях некоторыми людьми. Находящиеся в покое в помещении люди ощущают раскачивание или легкое дрожание.

MMI: Ощущается в помещениях; кажется, будто под окнами проезжает лёгкий грузовик. Качаются висящие предметы. Не воспринимается как землетрясение.

Землетрясение в 4 балла:

MSK-64: Заметное сотрясение. Ощущается внутри зданий, раскачивание висящих предметов.

EMS-98: Широко наблюдаемое. Ощущается многими людьми в помещениях, вне помещений только немногими. Некоторые люди пробуждаются. Окна и двери скрипят, дребезжит посуда.

MMI: Кажется, будто проезжает тяжёлый грузовик; звенят оконные стёкла, посуда, скрипят двери.

Землетрясение в 5 баллов:

MSK-64: Пробуждение. Ощущается внутри зданий, на открытых участках, наблюдается раскачивание висящих предметов, возможны повреждения 1-й степени в зданиях типа А.

EMS-98: Сильное. Ощущается большинством людей в помещениях, вне помещений только немногими. Многие спящие люди пробуждаются.

Некоторые испуганы. Все строения дрожат. Висящие предметы сильно качаются. Мелкие предметы сдвигаются. Окна и двери качаются, раскрываются или закрываются.

MMI: Ощущается на улице; просыпаются люди, выплескивается из посуды жидкость.

Землетрясение в 6 баллов:

MSK-64: Испуг. Падает мебель, люди пугаются и выбегают на улицу, возможны повреждения 1-й степени в отдельных зданиях типа Б и во многих зданиях типа А, отдельные случаи оползней.

EMS-98: С легкими повреждениями. Многие люди испуганы и выбегают из помещений. Некоторые предметы падают. Многие дома слегка страдают от неструктурных повреждений вроде волосяных трещин или падения кусков штукатурки.

MMI: Ощущается всеми; испуганные люди выбегают на улицу; трескается штукатурка и кирпичная кладка; сдвигается и переворачивается мебель; лопаются оконные стекла.

Землетрясение в 7 баллов:

MSK-64: Повреждение зданий. Испуг и паника. Многие люди с трудом удерживаются на ногах, во многих зданиях типа В повреждения 1-й степени; во многих зданиях типа Б повреждения 2-й степени во многих зданиях типа А повреждения 3-й степени, оползни и трещины на дорогах.

EMS-98: С повреждениями. Большинство людей испуганы и выбегают из помещений. Мебель сдвигается и предметы падают с полок в большом количестве. Многие хорошо построенные обычные дома страдают от умеренных повреждений: мелкие трещины в стенах, выпадение штукатурки, часть дымовых труб падает, в старых зданиях могут обнаруживаться большие трещины в стенах и выпадение заполнителей из стен.

MMI: Трудно стоять на ногах; ощущается водителями движущихся автомобилей; осыпается штукатурка, падают кирпичи, керамическая плитка и т.д.; звенят большие колокола; на поверхности водоёмов возникают волны.

Землетрясение в 8 баллов:

MSK-64: сильное повреждение зданий. Во многих зданиях типа В повреждения 2-й степени; во многих зданиях типа Б повреждения 3-й степени во многих зданиях типа А повреждения 4-й степени, случаи разрыва стыков трубопроводов, оползни и трещины на дорогах.

EMS-98: С сильными повреждениями. Многие люди с трудом удерживаются на ногах. Многие дома имеют крупные трещины в стенах. Некоторые хорошо построенные обычные дома имеют очень сильные повреждения стен, в то время как старые слабые постройки могут обрушиться.

MMI: Трудно вести автомобиль; падает штукатурка, рушатся некоторые кирпичные стены, дымовые трубы, башни, памятники; обламываются ветки деревьев; в сыром грунте образуются трещины.

Землетрясение в 9 баллов:

MSK-64: всеобщее повреждение зданий. Во многих зданиях типа В повреждения 3-й степени, во многих зданиях типа А повреждения 5-й степени, случаи разрывы подземных частей трубопроводов, искривление железнодорожных рельсов.

EMS-98: разрушительное. Общая паника. Многие слабые конструкции обрушиваются. Даже хорошо построенные обычные дома очень сильно повреждены: наблюдается выпадение стен или частичные конструктивные разрушения.

MMI: общая паника; повреждение всех типов зданий, лопаются каркасы строений и подземные трубы; образуются значительные трещины в грунте и песчаные воронки.

Землетрясение в 10 баллов:

MSK-64: всеобщее разрушение зданий. Во многих зданиях типа В-повреждения 4-й степени, в отдельных 5-й степени. Здания типа Б-повреждения 5-й степени, большинство зданий типа А -повреждения 5-й степени. Опасные повреждения плотин, дамб, разрывы и искривления подземных трубопроводов. Появляются трещины в грунтах от 0,2 до 1,0 м. Возможны большие оползни на берегах рек.

EMS-98: очень разрушительное. Многие обычные хорошо построенные дома обрушаются.

MMI: рушатся большинство зданий, каркасных сооружений и фундаментов; серьезные повреждения плотин и насыпей; рушатся мосты; мощные оползни.

Землетрясение в 11 баллов:

MSK-64: катастрофа. Разрушение зданий хорошей полстройкой, мостов, плотин, железнодорожных путей, шоссейные дороги приходят в негодность. Горные обвалы.

EMS-98: опустошительное. Большинство обычных хорошо построенных домов, даже некоторые с хорошим антисейсмическим проектом, разрушаются.

MMI: разрушение всех зданий, серьезная деформация железнодорожных путей; полностью выходят из строя подземные трубопроводы, разрушаются плотины.

Землетрясение в 12 баллов:

MSK-64: изменение рельефа. Сильные повреждения, разрушения всех типов наземных и подземных сооружений, радикальные изменения земной

поверхности.

EMS-98: Полностью опустошительное. Почти все здания полностью разрушаются.

MMI: практически полное разрушение; нарушение рельефа местности, взлетают в воздух отдельные предметы.

Как уже отмечалось выше, другой важной характеристикой сейсмических событий является магнитуда (magnitude), которую принято обозначать буквой M [30, 37, 40, 52, 53, 65].

Магнитуда является мерой энергии высвобождающейся во время землетрясений, которую иногда называют оценкой силы землетрясения в **эпицентре**. Магнитуда измеряется шкалой, разработанной Чарлзом Рихтером (США) в 1935 г. Поэтому шкала называется шкалой Рихтера и имеет мерные единицы от 1 до 9,5. Магнитуда измеряется сейсмографами Вуда – Андерсона, расположенными на расстоянии от 100 км до 600 км от эпицентра землетрясения. Для оценки силы землетрясения пользуются десятичным логарифмом, максимального перемещения иглы сейсмографа Вуда – Андерсона. Магнитуда рассчитывается по формуле $M_L = \lg A + f$, где f поправка, величина которой зависит от пункта наблюдения до эпицентра и определяется по табличным значениям. Увеличение колебания в 10 раз, приводит к увеличению значения магнитуды на единицу, или увеличение магнитуды на единицу указывает на землетрясение, в десять раз большее по мощности, чем предыдущее. В настоящее время разработаны формулы расчета магнитуды с использованием объёмных и поверхностных волн. Магнитуда объёмных волн рассчитывается по формуле

$$m_b = \lg (A/T) + Q(D,h),$$

где A — амплитуда колебания земли (в микрометрах), T — период волны (в секундах) и Q — поправка, зависящая от расстояния до эпицентра D и глубины очага землетрясения h .

Магнитуда поверхностных волн определяется

$$M_s = \lg(A/T) + 1,66 \lg D + 3,30.$$

Эти шкалы плохо работают для самых крупных землетрясений — при $M \sim 8$, так как при дальнейшем увеличении магнитуды землетрясения, рассчитанные

величины мало отличаются друг от друга (рис.1.8), значения стремятся к асимптотическим значениям.

Сейсмический момент и шкала Канамори. В 1977 году сейсмолог Хиро Канамори из Калифорнийского технологического института предложил новую оценку интенсивности землетрясений, основанную на понятии сейсмического момента [65].

Согласно Канамори, сейсмический момент землетрясения определяется как $M_0 = \mu Su$, где μ - модуль сдвига горных пород, порядка 30 ГПа; S - площадь, на которой замечены геологические разломы; u - среднее смещение вдоль разломов. Таким образом, в единицах СИ сейсмический момент имеет размерность $\text{Па} \times \text{м}^2 \times \text{м} = \text{Н} \times \text{м}$.

Магнитуда по Канамори определяется как $M_w = 2/3(\lg M_0 - 16.1)$, где M_0 — сейсмический момент, выраженный в $\text{дин} \times \text{см}$. Согласно имеющимся мнениям шкала Канамори хорошо согласуется с более ранними шкалами, при $3 < M < 7$ лучше подходит для оценки крупных землетрясений. Так, магнитуда сильнейшего зарегистрированного землетрясения, произошедшего в Чили в 1960 году, по шкале Рихтера равна 9, по шкале Канамори 9,5. Отметим, что шкала Канамори не может быть применена к трем сильным Газлийским землетрясениям, произошедшим одно за другим на Туранской плите, весной 1976 г. и весной 1984 г. Они не оставили на поверхности первичных сейсмодислокаций - протяженных сейсморазрывов [72]: следовательно, нельзя рассчитывать площадь, на которой замечены геологические разломы и среднее смещение вдоль разломов. Соотношения значений магнитуд различных волн, момент Канамории и Шиндо приведены на рис. 1.8.

Энергия (E) и магнитуда (M) землетрясения связаны между собой уравнением

$$M = 2/3(\lg E - 4,8),$$

где E- энергия землетрясения в джоулях. Из последнего уравнения получается

$$\lg E = 3/2M - 1,2.$$

Из последних уравнений вытекает, что увеличение магнитуды на 1,0 соответствует и увеличению энергии примерно в 32 раза. Энергия, выделяемая при ядерном взрыве мощностью в 1 мегатонну ($1 \text{ мегатонна} = 4,184 \cdot 10^{15} \text{ Дж}$),

эквивалентна землетрясению магнитудой около 7. Стоит заметить, что только небольшая часть энергии взрыва преобразуется в сейсмические колебания.

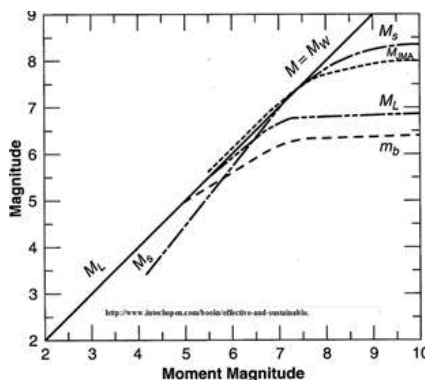


Рис. 1.8. График соотношения значений магнитуд различных волн момент Канамории и Шиндо.

Выделяемая энергия некоторых сильнейших землетрясений к эквивалентному количеству килограмм аммонита (ВВ), шкала магнитуд и частота землетрясений в году приведены на рис. 1.9 [23,142].

Сейсмическое воздействие - понятие используемое в практических расчётах в сейсмостойком строительстве, характеризует колебательное движение грунта при землетрясении, создающее кинематическое возбуждение колебаний исследуемого объекта. Показателем уровня воздействия является зарегистрированное на земной поверхности значение максимального горизонтального ускорения (A_{max}), выраженное в долях g и дополненное V/H соотношением. Примеры записи пиковых ускорений различной величины и соответствующие величины магнитуд приведены на рис. 1.10.

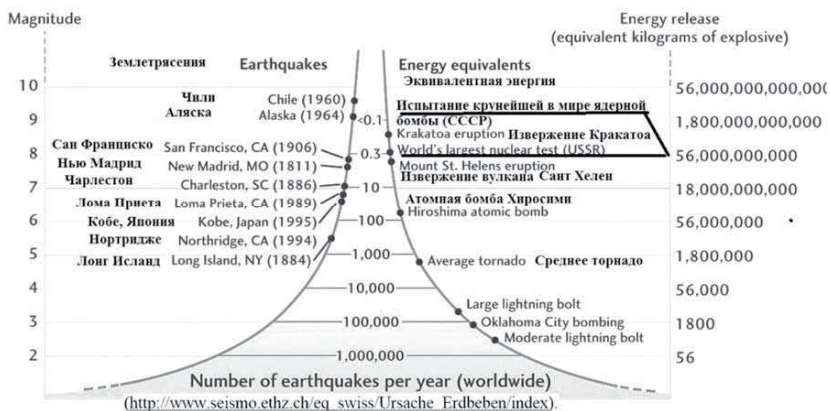


Рис. 1.9. Выделяемая энергия некоторых сильнейших землетрясений к эквивалентному количеству килограмм- аммонита (ВВ), шкала магнитуд и частота землетрясений в году [23, 141]. Русский текст добавлен Д. Хачатряном.

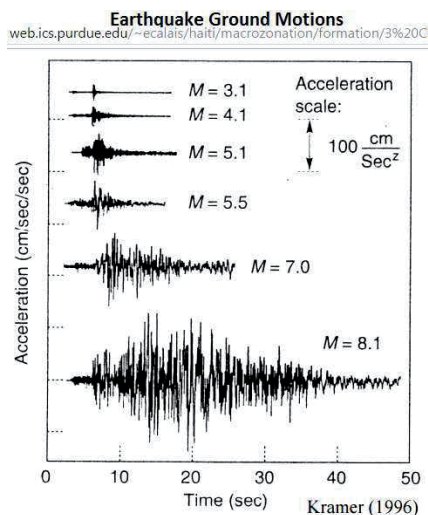


Рис. 1.10. Записи пиковых ускорений различной величины и соответствующие величины магнитуд [20].

Именно ускорение по законам механики создает инерционную нагрузку, разрушающую объекты при землетрясении. Поскольку землетрясение сопровождается колебаниями разных параметров, используется понятие максимальное ускорение грунта (A_{max} , или

МГУГ), соответствующее наибольшему значению ускорения. Его принято измерять в стандартизованных единицах ускорения свободного падения ($g \approx 9,807$ метров в секунду за секунду - m / c^2), либо в Галилео (Гал). Один Гал равен $1 \text{ cm} / c^2$, соответственно, $1g \approx 980,7 \text{ Гал}$ [135].

Кроме регистрации компонентов максимального ускорения (в англоязычной литературе-PGA), регистрируется также максимальная скорость (PGV) и максимальное смещение (PGD) грунтов. Форма записи данных параметров в зависимости от времени приведены на рис. 1.11.

Геологическая служба США разработала таблицы связи между интенсивностью (I), максимального ускорения грунтов (g), инструментальной шкалой интенсивности, скоростью движения грунта, восприятием колебания и возможным ущербу (табл. 1.1). Эти значения используют для описания характер сейсмических событий во всем мире [136].

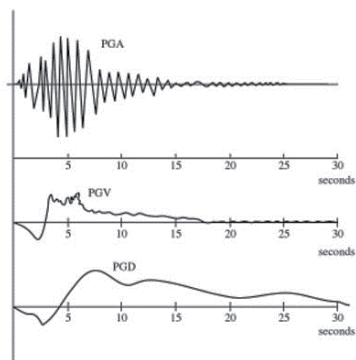


Рис.1.11. Форма записи (PGA), (PGV) и (PGD) в зависимости от времени [113].

Таблица 1.1. Связь между интенсивностью, максимальным ускорением грунта, восприятием и потенциальным ущербом.

Инструментальная интенсивность (по MMI)	Ускорение (g)	Скорость (см / с)	Ощущение	Потенциальный ущерб
I	<0,0017	<0,1	Не ощущается	Нет
II-III	0,0017 - 0,014	0,1 - 1,1	От едва ощутимого до слабого.	Нет
IV	0,014 - 0,039	1.1 - 3.4	Легкий	Нет
V	0,039 - 0,092	3.4 - 8.1	Умеренный	Очень легкий
VI	0,092 - 0,18	8.1 - 16	Сильный	Легкий
VII	0.18 - 0.34	16 - 31	Очень сильный	Умеренный
VIII	0.34 - 0.65	31 - 60	Серьезный	От умеренного до тяжелого
IX	0,65 - 1,24	60 - 116	Тяжелый	Тяжелый
X +	> 1.24	> 116	Крайне тяжелый	Очень тяжелый, катастрофический

Приведенное в таблице сжатое описание и формальный перевод, не вполне соответствуют описанию приведенных выше шкал MSK 64 и др., где более подробно рассматриваются данные характеристики.

Между магнитудой, интенсивностью (балльностью) и глубиной очага землетрясения существует эмпирическая зависимость. Интенсивность тем больше, чем ближе очаг расположен к поверхности: так, например, если очаг землетрясения магнитудой 8 находится на глубине 10 км, то на поверхности в эпицентре интенсивность составит 11-12 баллов; при той же магнитуде, но на глубине 40-50 км воздействие на поверхности уменьшается до 9-10 баллов [65].

Поскольку ощутимый ущерб причиняют землетрясения с магнитудой больше 5.5, а в США больше 6, представляет интерес сопоставление различных классификаций начиная с М5,0.

Таблица 1. 2. Соотношение различных шкал классификаций землетрясений.

MSK 64 и EMS-98, интенсивность (I) в баллах	5	6	7	8	9	10	11	12
Рихтер, магнитуда (M).	2,8-4,3	2,8--4,8	4,3-4,8		6,02-7,3	6,2-7,3	7,3-9	
JMA шкала, JMA Seismic Intensity ¹ .	3	4	5-	5+	6-	6+	7	
Amax(g), JMA ¹	0,008-0,025	0,025-0,08	0,08-0,14	0,14-0,25	0,25-0,315	0,315-0,4	>0,4	
Меркалли модифицированная ²	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Рихтер магнитуда (M), Rixter (M) ³ .	4,4 – 4,8	4,9 – 5,4	5,5 – 6,1	6,2 -6,5	6,6 – 6,9	7,0-7,3	7,4-7,3	>8,1
Рихтер магнитуда (M), Rixter (M) ⁴ .	4,0 – 4,9		6,0 - 6,9					
	4,0-4,9	5,0 -5,9			6,0 – 6,9			
		5,0 – 5,9		7,0 – 7,9				8,0-9,0
Аmax (g) США, US (pga) ⁵ .	0,039-0,092	0,092-0,18	0,18-0,34	0,34-0,65	0,65-1,24	>1,24		
Скорость перемещения грунта, см/с. ⁵ .	3,4-8,1	8,1-16	16-31	31-60	60-116	>116		

¹Японская шкала интенсивности землетрясений (JMA ...earth-intumesces.netnotebook.net/.../jma_seismic_intensity_unit_12point.
² https://ebhsearthscience.wikispaces.com/Earthquake+Survivor
³www.thegeosphere.pbworks.com/w/page/22058920/Earthquakes

⁴https://simple.wikipedia.org/wiki/Richter_scale

⁵ https://en.wikipedia.org/wiki/Peak_ground_acceleration

В науке о землетрясении повсеместно используется понятия форшок, афтершок [23]. Форшок, это землетрясение, произошедшее до более сильного землетрясения и связанное с ним примерно общим временем и местом [101]. Форшок происходит за минуты, дни или большие промежутки времени до основного толчка. Форшоковая активность замечена примерно у 40 % всех средних и у 70 % всех больших ($M > 7.0$) землетрясений. Но некоторые мега-землетрясения (> 8.0) показывают полное отсутствие форшоковой активности, как, например, Ассамское землетрясение (1950) с $M 8.7$ [101]. С этой точки зрения, землетрясение на Суматре 2002 г. с $M 7.3$, произошедшее за 2 года до землетрясения 2004 года с $M 9.1$, необходимо рассматривать как самостоятельное сейсмическое событие.

Сильные землетрясения всегда сопровождаются многочисленными сейсмическими событиями (землетрясениями)- афтершоками [23]. Их количество и интенсивность со временем уменьшаются, а продолжительность проявления может длиться месяцами. Особенно велика вероятность сильных афтершоков в первые часы после главного толчка [24]. Установление фактора форшочков и афтершоков возможно после основного землетрясения, после завершения всех этих событий. Известно много случаев, когда повреждённые главным ударом здания рушились именно при повторных, менее сильных толчках. Афтершоки представляют угрозу при проведении спасательных работ. Можно определить следующую зависимость: чем больше интенсивность основного толчка, тем дольше длятся афтершоки. Магнитуда сильнейшего афтершока статистически на 1,2 меньше магнитуды основного толчка. Число последующих толчков быстро убывает с глубиной очага землетрясения (глубокофокусные землетрясения афтершоками практически не сопровождаются) [24].

Другой подход к вопросу афтершоков землетрясений приведен П. Шебалиным [69]. В представленных графиках «Схема очагов землетрясения и графики зависимости числа возникающих афтершоков от времени» (рис. 1.12), число афтершоков увеличивается и после основного толчка, примерно 6000 дней (16,43 года?) достигает 10×10^4 афтершоков в день, что вызывает сомнение. Правда, с 25

июля по 01 сентября 2004 г. 12 цифровых сейсмических станций, размещенных Лабораторией сильных землетрясений ИФЗ РАН в очаговой зоне Алтайского землетрясения, зарегистрировали более 1.5 тыс. афтершоков (Омар, Арефьев, Ребецкий; 2012) [64], но не в таком количестве за день и таком временном отрезке, как утверждает ученый.

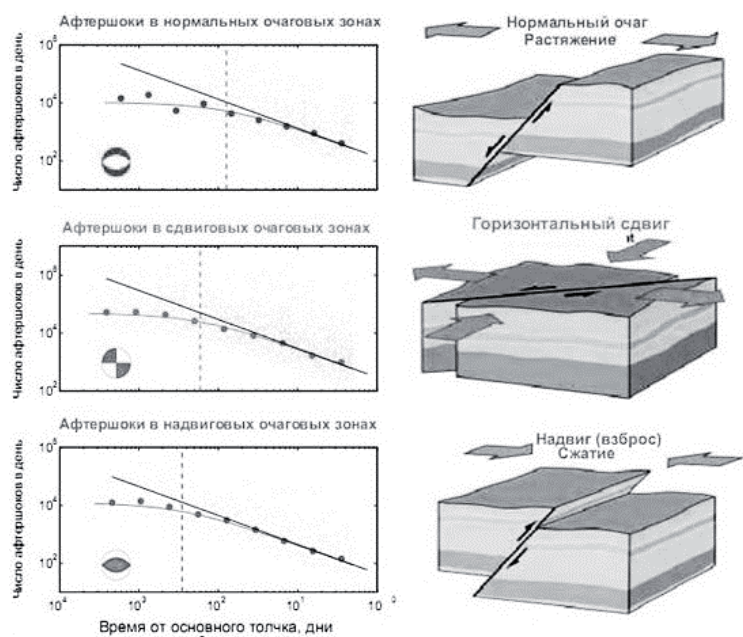


Рис. 1.12. Схема очагов землетрясения и графики зависимости числа возникающих афтершоков от времени по П. Шебалину [69].

Группу сильных и слабых толчков без главного толчка, локализованных в небольшом пространственно-временном объеме, называют рой землетрясений [40].

Согласно другому определению, рой землетрясений — это группа (иногда очень многочисленная) мелкофокусных толчков, частота и магнитуда которых в течение определенного срока слабо меняются. Самые сильные толчки распределены внутри роя случайным образом [24]. Пример редкого явления роя землетрясений зарегистрирован в октябре 2006 г. в заливе ФONSEКА, воды

которого омывают Гондурас, Никарагуа и Сальвадор. За сутки произошло 691 землетрясение [88].

По другому определению рой землетрясений – происходящая в ограниченном пространстве последовательность множеств слабых землетрясений в относительно короткий период времени. Длина времени, используемая для определения роя изменчива, но Геологическая служба США указывает, что событие может быть порядка нескольких дней, недель или месяцев [123].

Определение роя приведено и в работе Академии ГПС МЧС России [67]. Согласно данному источнику “роем называют группу землетрясений, незначительно отличающихся по магнитуде, вероятность появления которых в определенной пространственной ячейке за фиксированный интервал времени существенно превышает вероятность, следующую из закона случайного распределения. В качестве последнего принимается закон Пуассона. Чтобы отличать рой от последовательности афтершоков сильного землетрясения, принято следующее правило: если в группе землетрясений магнитуда главного толчка M_p превышает магнитуду следующего по силе M_{p-1} на небольшую величину ($M_p - M_{p-1} = 0,3$), то данная группа может идентифицироваться, как рой и следует ожидать главного землетрясения с магнитудой в два раза превышающей M_p .

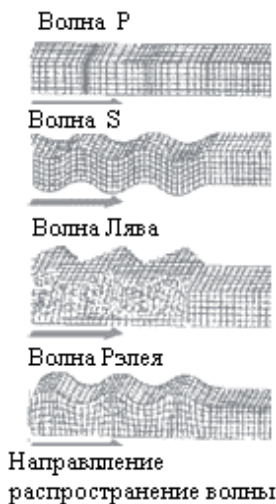
На земле частота землетрясений разной магнитуды имеет следующий характер:

За год на Земле происходит примерно от 0.3 до 1- 3 землетрясений с магнитудой 8,0 и выше; 10 - с магнитудой 7,0-7,9; 100 - с магнитудой 6,0-6,9; 1000 - с магнитудой 5,0-5,9

Сильнейшее зарегистрированное землетрясение произошло в Чили в 1960г. - по более поздним оценкам, магнитуда Канамори составляла 9,5. Считается, что землетрясения на Земле не могут иметь магнитуду существенно выше 9,5, поскольку горные породы не могут накопить больше энергии без разрушения.

1. 2. Сейсмические волны.

При землетрясении возникают объемные и поверхностные волны. Объемные волны распространяются внутри земли, а поверхностные волны образуются и распространяются на дневной поверхности.



Объемные волны подразделяются на продольные (Р – primary, первичные) и поперечные (S – secondary, вторичные) волны. Свое название они получили по очереди регистрации сейсмографами (рис. 1.13). Соответственно скорость Р волны больше, чем S волны. Скорости волн соответственно принято обозначать V_p и V_s . Поверхностные волны возникают в результате взаимодействия объемных волн с поверхностью

Рис.1.13. Типы сейсмических волн.

Земли или сейсмическими границами (типа слой - полупространство и т.п.), к поверхностным относятся волны Рэлея и волны Лява (рис. 1.13).

Сейсмограммы с записью Р и S волн приведены на рис.1.14. Первые две записи соответствуют горизонтальным компонентам, а третья - вертикальному компоненту сейсмических волн [81].

Объемные волны, при прохождении границ с различной плотностью и упругих параметров горных пород отражаются и преломляются. При прохождении волны, происходит также процесс дифракции и рассеяния.

Скорость объемных волн как уже сказано, зависит от плотности и упругих параметров пород, и сред, в которых они распространяются. Для скорости продольных волн [106] зависимость представлена ниже.

$$V_p = [(\lambda + 2\mu)\rho]^{1/2} = [E(1-\sigma)/\rho(1-2\sigma)(1+\sigma)]^{1/2},$$

где λ - модуль сжатия; μ - модуль сдвига; E - модуль Юнга, ρ - плотность среды.

При прохождении продольной волны, частицы среды колеблются по направлению движения волны и в среде происходят объемные деформации. Объемные волны не распространяются в жидких средах. Они проходят по всей

толще Земли за исключением ядра, не пропускающего поперечные волны, поэтому считают, что ядро Земли находится в жидком состоянии. Отметим V_p с в воздухе равняется 330 м/с, а в воде, в среднем - 1450 м/с.

Скорость поперечных волн [106], не связанна с изменением объема и равна:

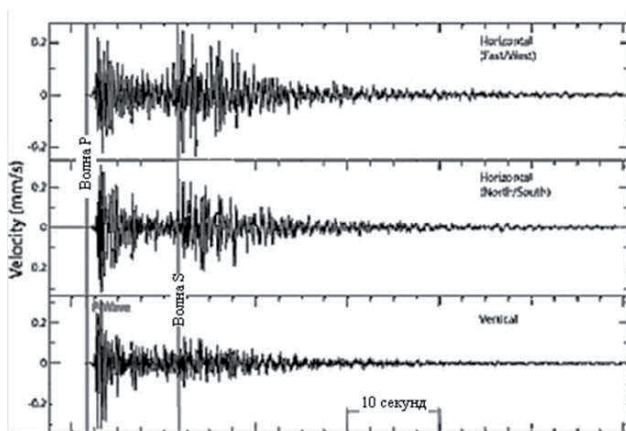


Рис. 1.14. Сейсмограммы с записью Р и S волн. Первые две записи соответствуют горизонтальным компонентам, а третья (нижняя) - вертикальному компоненту сейсмических волн [81].

$$V_s = (\mu/\rho)^{1/2} = [E/2\rho(1+\sigma)]^{1/2}.$$

Движение частиц в S - волне происходит в плоскости, перпендикулярной направлению распространения волны. При смещении частиц в среде, при прохождении поперечных волн происходит поляризация по вертикальной и по горизонтальной плоскостям, поэтому они имеют вертикальные - SV и горизонтальные - SH составляющие. Траектория частиц в волне Рэлея обусловлена SV поляризацией, а в волн Лява SH. Поверхностные волны часто обозначаются сокращенно как L-волны. Скорость их распространения составляет 3,2 - 4,4 км/с.

Поверхность, соответствующая максимальному продвижению волн определенного типа в данный момент, называется фронтом этих волн.

На рис. 1.15 приведен фронт волны (earthquake wave-fronts) и сейсмических Р волн землетрясения по Гуттенбергу [106]. Для наглядности представим прохождение сейсмических волн в упрощенном виде рис.1.16 [81].

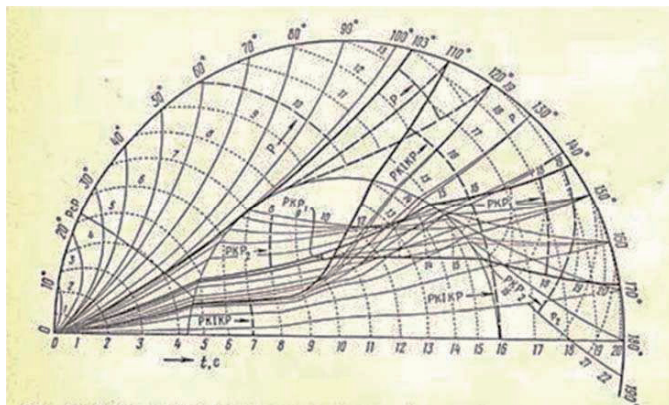


Рис. 1.15 фронт волны (earthquake wave-fronts) и сейсмических Р волн землетрясения по Гуттенбергу [106].

Сейсмические станции, находящиеся вдали от эпицентра землетрясения, регистрируют не только прямые волны Р и S, но также волны этих типов, уже отраженные один раз от поверхности Земли - PP и SS (или PR1 и SR1), а иногда - отраженные дважды - PPP и SSS (или PR2 и SR2). Существуют также отраженные волны, которые проходят один отрезок пути как Р-волна, а второй, после отражения, - как S-волна образуя обменные волны PS и SP. Поскольку модуль упругости среды возрастает с глубиной (до 2900 км) быстрее, чем ее плотность, скорость распространения тоже возрастает с глубиной. Поэтому фронт волны оказывается более вытянутым вглубь, чем в горизонтальном направлении. Дальние от эпицентра сейсмические станции, регистрируют прямые волны Р и S и волны этих типов, уже отраженные от поверхности Земли - PP и SS (или PR1 и SR1), а иногда - отраженные дважды - PPP и SSS. Отраженные волны, которые проходят один отрезок пути как Р-волна, а второй, после отражения, - как S-волна, образуют обменные волны PS или SP. Из глубокофокусных землетрясений наблюдаются также волны, отраженные от поверхности Земли. Их принято обозначать маленькой буквой, например, рР или рS. Эти волны используют для определения глубины очага землетрясения. На глубине 2900 км (граница земного ядра и мантии) скорость Р- волн резко



Рис. 1.16. Упрощённая схема распространения сейсмических волн в Земле [81].



Внутреннее ядро
Внешнее ядро
Мантия

<http://enc-dic.com/colier/Zemletrjasenija-2976.html>

Схема распространения объёмных волн землетрясений по Буллену (Bullen) приведена в монографии Р.Д. Шериффа [106]. Изменение скорости распространения сейсмических Р и S волн по глубине, а также строение модели земли по Гуттенбергу приведены на рис. 1.17.

В земной коре, где распространяются первичные объемные волны, их скорость зависит от типа пород, их сохранныости и изменяется в широких пределах. Некоторые общепринятые скорости упругих волн для горных пород приведены в таблице 1.3.

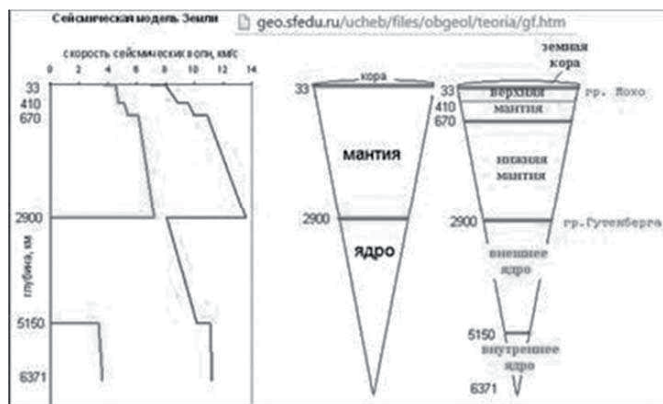


Рис. 1.17. Изменение скорости распространения сейсмических Р и S волн по глубине, а также строение модели земли по Гуттенбергу.

Табл.1.3. Значения V_p , V_s для горных пород.

Горные породы или среды	V_p , км/с.	V_s , км/с.
Почвенный слой	0,1-0,5	0,5-0,6
Сухие пески, щебень, гравий	0,1-0,6	0,3-0,7
Сухой суглинок	0,25-0,9	0,5-0,6
Сухая глина	0,9-1,5	0,5-0,6
Песок влажный	0,6-2,8	0,1-0,3
Вода	1,4-1,6	—
Лед	4,2-5,5	0,5-0,6
Песчаник	1,8-4,0	0,35-0,6
Глина, песок водонасыщенный, мерзлый	3,2-4,2	0,5
Мель	1,8-3,7	0,4-0,5
Известняк, доломит	2,1-6,5	0,5-0,6
Гранит	4-5,8	0,5-0,6
Габбро	6,0-7,0	0,5-0,6
Метаморфические породы	3,0-7,0	0,5-0,6

Частотный спектр сейсмических колебаний лежит в диапазоне от сотен до $\sim 3 \times 10^{-4}$ Гц. Высокочастотные - порядка сотен Гц регистрируются только на малых расстояниях от очага. Колебания низкочастотной области (с периодами порядка сотен секунд и более) близки к колебаниям Земли. Эти колебания делятся на сфероидальные, имеющие поляризацию волн Рэлея и крутильные, с поляризацией волн Лява. Известный к настоящему времени спектр сфероидальных и крутильных колебаний Земли насчитывает несколько тысяч собственных частот.

По характеру распространений, поверхностные волны близки волнам на воде, но в отличие от них они распространяются по земной поверхности. Из-за своей низкой частоты, времени действия и большой амплитуды они являются самыми разрушительными из всех типов сейсмических волн.

Длительность сильных толчков – при средних землетрясениях составляет от 2 до 5 секунд, при сильных 20-90 секунд. Радиус района землетрясения – при средних землетрясениях от 5 до 15 км, при сильных от 50 до 160 км.

1.3. Сейсмические катастрофы

Землетрясения относятся к одним из самых катастрофических природных явлений. По нанесенному ущербу землетрясения, после тропических штормов и наводнений занимают третье место. Данные природные беды составляют соответственно 33%, 30%, 15% от общего числа катастроф в мире. На остальные виды катастроф приходится 22%. Интерес представляет сравнение ущерба нанесенного землетрясениями на территории Армении за 2003 - 2006 гг. и за 20 лет после Спитакского землетрясения, в среднем с ущербом причиненным другими чрезвычайными ситуациями за тот же период.

Анализ показывает, что ежегодный ущерб от землетрясений мал, по сравнению с другими природными стихиями, такими как гидрометеорологические явления, оползни. Однако ущерб от одного сильнейшего сейсмического события тысячекратно превосходит весь ущерб вместе взятый, как случилось при Спитакском 1988 г. землетрясении. Согласно данным А. Авагяна ущерб от Спитакского землетрясения за 20 лет составляет 82,65% от общего ущерба природных бедствий Армении [112].

Табл.1.4. Чрезвычайные ситуации на территории Армении за 2003 - 2006 гг. по В. Степаняну [90]. Укрупнение выполнены Д. Хачатряном.

П/п	Вид чрезвычайной ситуации, ранжированный по степени причиненного ущерба	%, ущерба от общего за 2003г.	%, ущерба от общего за 2006 г.
1	Пожары бытового характера	51,2	46,0
2	Автоаварии на транспортных коммуникациях	34,0	30,4
3	Гидрометеорологические явление: наводнение, снежные обвалы и завалы, ледяные заторы на реках, лавины, грозы, град, сильный ветер, сели, подтопление, эрозия, частично: оползни, камнепады, осыпи	9,0	16,5
4	Санитарно-эпидемиологическое и биологическое отравления	1,5	1,5
5	Взрывы	1,1	1,2
6	Оползни	1,5	2,7
9	Разрушение и повреждение зданий и сооружений	1,0	1,0
12	Землетрясения	0,7	0,7

О сильнейших землетрясениях написано много. В интернете можно найти десяток описаний. В основу квалификации землетрясений заложены: магнитуда, интенсивность, количество гибели людей, площадь охвата поражения с населенными пунктами и разрушениями, геоморфологические последствия. За основу квалификации землетрясения заложены также связанные друг с другом природные, а в последние время все более возрастающие техногенные катастрофы, их ущерб и др. Землетрясения порождают природные беды - цунами, извержения вулканов, лахоры, сели, оползни, лавины, наводнения, пожары и др. «Снежная лавина» природных бед от землетрясений и его последствий, вызывает техногенные катастрофы. Нельзя не отметить аварии атомных электростанций, пожары (техногенные), взрывы, разрушения дамб и плотин (наводнения), перекрытые русла рек, выбросы и разливы химических веществ и др. В большинстве случаев ущерб от цепной реакции последствий

землетрясения, может тысячекратно и больше превзойти ущерб самого землетрясения. Например, от землетрясения 11 марта 2011 г. Фукусима [38], никто не пострадал, а от цунами порожденного названным событием, погибли 15 тысяч 892 человек, пропавшими без вести до сих пор числятся 2584 человека, полностью или частично было разрушено около 400 тысяч домов [10, 39]. Общий ущерб оценивается от 210 до 310 миллиардов долларов. В подсчеты властей не вошел ущерб от аварии на АЭС «Фукусима-1», ущерб от остановок атомных реакторов. Последствия аварии могут носить и генетический характер, так как время действия радиоактивных веществ исчисляется их кратному периоду полураспада – от доли секунд до $7,04 \times 10^8$ год (Уран 235).

Ущерб и гибель людей увеличивается с ростом увеличения населения в мире в среднем на 1,7%, а в городах - 4% в год. Величина ущерба пропорциональна уровню развития страны. Чем больше развита страна, тем больше сумма ущерба от катастроф. Все страны и мировое сообщество выделяют огромные средства для устранения последствий катастроф. Иногда средства, потраченные на устранение последствий катастроф на порядок, а то и больше, превосходят средства, потраченные на мероприятия по их предупреждению. Например, в Китае ежегодный ущерб от природных катастроф составляет в среднем 3-6% от валового национального продукта. Поэтому, такие развитые страны, как Япония, тратят на борьбу с природными катастрофами не менее 5-8% своего годового бюджета (0,8 -1% валового национального продукта). Отметим также, что величина ущерба в мире от разрушительных природных явлений увеличивается ежегодно на 6% и имеет тенденцию к возрастанию.

На рис. 1.18 приведены крупнейшие землетрясения [70], начиная с 1900 до 2011 гг. Несмотря на некоторые приблизительные или спорные данные, рисунок дает представление об ужасных последствиях землетрясения.

Ущерб от самого землетрясения в поселениях, в основном выражается в разрушении домов, сооружений, предприятий, социально бытовых построек, городов, инфраструктуры и др. Во всех государствах предпринимаются меры, с целью уменьшения ущерба, гибели людей не только от землетрясения, но и от других природно-техногенных катастроф. В этой связи огромная роль отводится отраслям науки, объединённым под общим названием - Наука о Земле. Разделы геологии - тектоника, стратиграфия, инженерная геология, геофизика, в том числе и сейсмология являются теоретической основой изучения возникновения

землетрясения и сейсмостойкого строительства. Сейсмология в данном случае в законодательном порядке определяет основные параметры сейсмостойкого строительства: значение сейсмичности территорий, населённых пунктов, городов, регионов.



Рис. 1.18. Крупнейшие землетрясения в мире, начиная с 1900 до 2011 гг. [70]. Ущерб Спитакского землетрясения оценивается от 12 до 16,5 млрд. долларов по состоянию 1989г. Минимальные потери Спитакского землетрясения, нами оцениваются от 100 до 150 млрд. долларов. Прямые потери от землетрясения в Японии, по состоянию 2015 г. оцениваются в 198—309 млрд. долларов. Данные ущерба от землетрясения и цунами 2011 г. Фукусима-Япония и Спитакского 1988 г. землетрясения (Армения) приведены в тексте.

1.4 Рекомендации по поведению людей в сейсмических районах.

Число жертв, пострадавших от землетрясений зависит и от поведения людей до, во время и после землетрясения. Поэтому рассмотрим рекомендации МЧС РФ и командира американской международной спасательной бригады, участвовавшего в спасательных операциях в 60 странах мира.

Ниже приводим размещенные в интернете рекомендации МЧС РФ касающиеся поведения людей при землетрясениях. [41].

Как подготовиться к землетрясению.

При землетрясениях лопаются и вылетают стекла, с полок падают лежащие на них предметы, шатаются книжные шкафы, качаются люстры, с потолка осыпается побелка, а в стенах и потолках появляются трещины. Все это сопровождается оглушительным шумом. После 10-20 секунд тряски подземные толчки усиливаются, в результате чего происходят разрушения зданий и сооружений. Всего десяток сильных сотрясений разрушает все здание. В среднем землетрясение длится 5-20с. Чем дольше длится сотрясения, тем тяжелее повреждения.

Заранее продумайте план действий во время землетрясения при нахождении дома, на работе, в кино, театре, на транспорте и на улице. Разъясните членам своей семьи, что они должны делать во время землетрясения и обучите их правилам оказания первой медицинской помощи.

Держите в удобном месте документы, деньги, карманный фонарик и запасные батарейки.

Имейте дома запас питьевой воды и консервов в расчете на несколько дней.

Уберите кровати от окон и наружных стен. Закрепите шкафы, полки и стеллажи в квартирах, а с верхних полок и антресолей снимите тяжелые предметы.

Опасные вещества (ядохимикаты, легковоспламеняющиеся жидкости) храните в надежном, хорошо изолированном месте.

Все жильцы должны знать, где находится рубильник, магистральные газовые и водопроводные краны, чтобы в случае необходимости отключить электричество, газ и воду.

Как действовать во время землетрясения

Ощувив колебания здания, увидев качание светильников, падение предметов, услышав нарастающий гул и звон бьющегося стекла, не поддавайтесь панике (от момента, когда Вы почувствовали первые толчки до опасных для здания

колебаний у Вас есть 15 – 20 секунд). Быстро выйдите из здания, взяв документы, деньги и предметы первой необходимости. Покидая помещение спускайтесь по лестнице, а не на лифте. Оказавшись на улице –перейдите на открытое пространство.

Сохраняйте спокойствие и постарайтесь успокоить других! Если Вы вынужденно остались в помещении, то встаньте в безопасном месте: у внутренней стены, в углу, во внутреннем стенном проеме или у несущей опоры. Если возможно, спрячьтесь под стол – он защитит вас от падающих предметов и обломков. Держитесь подальше от окон и тяжелой мебели. Если с Вами дети – укройте их собой.

Не пользуйтесь свечами, спичками, зажигалками – при утечке газа возможен пожар. Держитесь в стороне от нависающих балконов, карнизов, парапетов, опасайтесь оборванных проводов. Если Вы находитесь в автомобиле, оставайтесь на открытом месте, но не покидайте автомобиль, пока толчки не прекратятся. Будьте в готовности к оказанию помощи при спасении других людей.

Как действовать после землетрясения

Окажите первую медицинскую помощь нуждающимся. Освободите попавших в легкоустраиваемые завалы.

Будьте осторожны! Обеспечьте безопасность детей, больных, стариков. Успокойте их. Без крайней нужды не занимайте телефон. Включите радиотрансляцию. Подчиняйтесь указаниям местных властей, штаба по ликвидации последствий стихийного бедствия.

Проверьте, нет ли повреждений электропроводки. Устраните неисправность или отключите электричество в квартире. Помните, что при сильном землетрясении электричество в городе отключается автоматически.

Проверьте, нет ли повреждений газо- и водопроводных сетей. Устраните неисправность или отключите сети. Не пользуйтесь открытым огнем. Спускаясь по лестнице, будьте осторожны, убедитесь в ее прочности.

Не подходите к явно поврежденным зданиям, не входите в них. Будьте готовы к сильным повторным толчкам, так как наиболее опасны первые 2 – 3 часа после землетрясения. Не входите в здания без крайней нужды. Не выдумывайте и не передавайте никаких слухов о возможных повторных толчках. Пользуйтесь официальными сведениями. Если Вы оказались в завале, спокойно оцените обстановку, по возможности окажите себе медицинскую помощь. Постарайтесь установить связь с людьми, находящимися вне завала (голосом, стуком). Помните, что зажигать огонь нельзя, воду из бачка унитаза можно пить, а трубы и батареи можно использовать для подачи сигнала. Экономьте силы. Человек может обходиться без пищи более полумесяца.

Анализ причин травм при землетрясениях показывает, что в 10% случаев травмы были получены в результате обвалов, обрушения стен и крыш зданий, в 35% - от падающих конструкций, обломков зданий и в 55% - от неправильного поведения самих пораженных, необоснованных действий, обусловленных страхом и паникой [101].

Рекомендация по мерам безопасности при землетрясении

командира американской международной спасательной бригады Rescue Chief and Disaster Manager of the American Rescue Team International (ARTI) Дуг Копа [37].

Командир американской международной спасательной бригады, участвовавший в спасательных операциях в 60 странах мира, подвергает критике распространенные правила поведения во время землетрясения.

На основании своих наблюдений он составил правила поведения, увеличивающие шансы на выживание.

Он проникал внутрь 875 разрушенных землетрясением зданий, работал в спасательных командах в 60 странах, в течение 20 лет был экспертом ООН по изучению последствий катастроф, и с 1985 года ни одна из серьезных катастроф не осталась без его внимания.

«Первое здание, куда мне удалось проникнуть была школа в Мехико во время землетрясения 1985 года. Все дети находились под партами. Все они были расплюснуты на толщину собственных костей.

Они могли быть спасены, если бы лежали рядом с партами в проходах. Немыслимо, с моей точки зрения, но детям было предписано во время землетрясения прятаться под столы и парты.

Я был удивлен, но в мексиканских школах, до сих пор действует такая инструкция Duck and Cover, согнуться, покрыть голову руками и спрятаться под столом», говорит Коп.

Когда здание рушится, тяжелый потолок падает на объект или мебель, разрушая их, рядом образуется полость или свободное пространство.

Коп называет его «треугольник жизни». Чем больше и прочнее объект, тем больше полость, где человек может избежать ранения и спастись. Это можно наблюдать по ТВ, когда мы видим работу спасательных команд.

10 правил выживания при землетрясении:

1) Каждый, кто пригнулся и укрылся в разрушающемся здании или машине будет ранен или погибнет.

2) Кошки, собаки и младенцы часто принимают естественную утробную позу. Это то, что нужно сделать при землетрясении. Это инстинкт. Это положение помогает поместиться в маленькой полости.

Придвиньтесь ближе к крупному, громоздкому объекту, который, будучи раздавлен, сплюснен, все же оставит некоторое пространство для выживания.

3) Деревянные здания самые безопасные во время землетрясений. Дерево хорошо работает на изгиб и кручение под действием сейсмической волны.

Если деревянное здание все же рушится, оно образует большие полости спасения и не причиняет больших ранений. Кирпичные здания разрушаются на отдельные кирпичи.

Кирпичи причиняют значительные ранения, но все же меньше, чем бетонные. Бетонные панельные здания самые опасные во время землетрясений.

4) Если землетрясение застало вас ночью в постели, просто скатитесь с кровати. Самое безопасное место будет вокруг кровати. В отелях многие жизни могут быть спасены, если на двери каждого номера будет висеть инструкция,

предписывающая посетителям лечь на пол рядом с днищем кровати во время землетрясения.

5) Если землетрясение случилось, и вы не можете выбежать ни через дверь, ни через окно, лягте на пол в позе утробного младенца рядом с кроватью или большим креслом.

6) Почти каждый, кто стоял в дверном проеме в падающем здании, погиб. Как? Если стоять под дверной перемычкой, то когда обрушится дверной косяк, вы будете разрушены вместе с ним.

7) Никогда не стойте во время землетрясения на ступенях. Ступени имеют отдельный момент кручения, отличный от каркаса здания.

Ступени и остальные обломки здания, постоянно сталкиваясь, просто перемалывают человека, находящегося внутри этой бойни.

Даже если здание не разрушается, не оставайтесь на ступенях. Даже если ступени целы, они могут быть разрушены под наплывом множества людей и должны быть сначала проверены.

Если это возможно, лучше находиться возле наружных стен внутри или снаружи здания. Лучше снаружи, чем внутри. Чем дальше от наружной стены вы будете находиться внутри здания, тем меньше у вас шансов выскочить наружу.

9) Люди внутри транспортных средств погибают, если на них обрушиваются дороги верхнего уровня. Почти все жертвы землетрясения в Сан-Франциско, находились внутри транспортных средств.

Если бы они сидели или лежали рядом с транспортными средствами они были бы спасены. Каждая разрушенная машина имеет рядом с собой полость безопасности 3 фута высотой, за исключением случаев, когда прямо на машину падала колонна.

10) По опыту проникновения в газетный офис стало ясно, что кипы бумаги образуют наибольшие полости безопасности [37].

Аварийно- спасательные работы и оказание первой медицинской помощи

Число человеческих жертв и тяжелые последствия землетрясений во многом зависят от своевременной организации спасательных работ и оказания первой

медицинской помощи и последующих медицинских услуг [101]. При землетрясении в Нефтегорске аварийно-спасательные мероприятия проводились более оперативно, чем в Армении. Если в Армении в 1-е сутки было извлечено из-под завалов всего 9% живых людей, то в Нефтегорске — более 31%, а в первые 3 суток - соответственно 51 и 85%. При землетрясении в Армении из-под завалов живыми было извлечено 15457 пораженных: извлеченных, 1-е сутки — 1383 чел.; 2-е — 1660; 3-е — 4825; 4-е — 5682, 5-е — 1757; 6 — 12-е сутки — 150; в остальные дни — 1 чел. [101].

Согласно международной статистике, если спасатели войдут в зону землетрясения в течение первых 3 ч, то они могут спасти от гибели 90% оставшихся в живых, через 6 ч - число спасенных может составлять 50%. В дальнейшем шансы на спасение уменьшаются, и через 10 дней проводить спасательные работы нет смысла. Как известно, землетрясение в Армении произошло 7 декабря 1988 г. Первые группы спасателей смогли добраться в зону бедствия лишь вечером 10 декабря. До этого спасательные работы проводили только воинские подразделения и милиция, а плановая работа спасателей началась утром 12 декабря [101].

Оказание медицинской помощи осложняется еще и тем, что выходят из строя медицинские учреждения и имеются потери среди медицинского персонала. Так, при землетрясении в Ташкенте из 140 медицинских учреждений 118 получили повреждения, при этом 22 полностью вышли из строя. Из 51 амбулаторно-поликлинического учреждения города, 37 полностью или частично прекратили работу в своих зданиях. При землетрясении в Армении полностью было разрушено 250 медицинских учреждений, из 36 больниц полностью разрушено 24 и частично 8; в аварийном состоянии находилось 97 поликлиник. Потери медицинского персонала в некоторых разрушенных городах составили около 70% [101].

В результате землетрясения у большого числа людей возникали различные психические расстройства. Острые реактивные состояния в г. Скопле (1963) отмечались почти у половины населения. У 20% жителей эти реакции длились до 2–3 ч, у 70% — от 2–3 ч до 1–5 суток и у 5% — от 5 суток до нескольких месяцев.

Кроме того, значительная часть населения будет нуждаться в седативных и других успокаивающих средствах, а также в медицинской помощи в связи с

другими заболеваниями (сердечная недостаточность, стенокардия, инфаркт миокарда, гипертонический криз и т.п.).

В ходе ликвидации последствий землетрясения в обязательном порядке должны быть выполнены следующие работы:

Извлечение людей из-под завалов, полуразрушенных и охваченных пожарами зданий;

Локализация и устранение аварий на коммунально-энергетических и технологических линиях, последствия которых угрожают жизни людей;

Обрушение или укрепление конструкций зданий, находящихся в аварийном состоянии и угрожающих обвалом;

Организация водоснабжения и питания населения в зоне землетрясения;

Оказание медицинской помощи пораженным.

Важно знать, какое количество людей необходимо отыскать в каждом районе, квартале, доме.

В районах землетрясения важное значение приобретает профилактика массовых психических реакций и паники.

Важной особенностью условий лечебно-эвакуационного обеспечения при землетрясении является то, что более или менее значительная часть пораженных находится под завалами. Это обстоятельство, с одной стороны, приводит к некоторому рассредоточению потока пораженных и уменьшению потребности в медицинских силах и средствах, а с другой — определяет большую срочность в оказании медицинской помощи после извлечения пораженных из-под завалов. Вместе с тем сразу после землетрясения за медицинской помощью обращается значительная по численности группа пораженных.

Обстановка в очаге землетрясения может привести к потерям среди спасателей, в том числе и медработников. Психологи утверждают, что работать в зоне катастрофы без проведения комплекса соответствующих защитных мероприятий долгое время нельзя. Люди не выдерживают длительного психического напряжения. По опыту работы спасателей в г. Спитаке известно, что уже через 2 суток у спасателей нарушался сон: многие видели одинаковые

сновидения — падающие дома, рыдающих женщин, горы трупов. Очевидно, что таким спасателям тоже необходима медицинская помощь [101].

1.5. О повторяемости и вероятностном подходе к сейсмическим событиям.

В настоящее время в Российской Федерации, основой сейсмостойкого строительства является Свод правил «Строительство в сейсмических районах» (СП 14.13330.2011), введенный в действие с 05-20-2011г [80]. Интенсивность сейсмических воздействий в баллах (сейсмичность) для района строительства принимается на основе комплекта карт (А, Б и С) общего сейсмического районирования территории Российской Федерации (ОСР-97), утвержденных Российской академией наук. Согласно (СП 14.13330.2011), карты ОСР-97А, ОСР-97В и ОСР-97С отражают соответственно 10%-ную, 5%-ную, 1%-ную вероятности возможного превышения в течение 50 лет указанных на картах значений сейсмической интенсивности. Указанным значениям вероятностей соответствуют следующие средние интервалы времени между землетрясениями расчетной интенсивности: 500 лет (карта А), 1000 лет (карта В), 5000 лет (карта С), с указанием расчетной сейсмической интенсивности в баллах шкалы MSK-64 для средних грунтовых условий.

Кроме того, комплекс карт предусматривает осуществление анти сейсмических мероприятий при строительстве объектов различной ответственности: карта ОСР-97А - объекты нормальной (массовое строительство) пониженной ответственности, как во многих странах мира [95] и карты В и С – для объектов повышенной ответственности (особо опасные, технически сложные или уникальные сооружения и др.).

Эти же оценки отражают 90% - ную вероятность не превышения указанных значений сейсмической интенсивности в течение интервалов времени 50; 100 и 500 лет и соответствуют повторяемости таких сотрясений в среднем один раз в 500 (карта А), 1000 (карта В) и 5000 лет (карта С) [80].

По нашему мнению, 10%-ную, 5%-ную, 1%-ную - вероятности возможного превышения в течение 50 лет указанных на картах значений сейсмической интенсивности, допускает такое сейсмическое событие (землетрясение) в течении 50 лет. Если такие события происходили или будут происходить течение 50 лет, тогда возникает противоречие с картами ОСР, где

предполагается, что сейсмические события повторяются в среднем один раз в 500 (карта А), 1000 (карта В) и 5000 лет (карта С)».

В СП14.13330.2011, уточняется понятие максимального расчетного землетрясения (МРЗ): это землетрясение максимальной интенсивности на площадке строительства с повторяемостью один раз в 1000 лет и один раз в 5000 лет - для объектов повышенной ответственности согласно комплектам карт ОСР-97В и ОСР-97С соответственно, а проектное землетрясение (ПЗ) - максимальной интенсивности на площадке строительства с повторяемостью один раз в 500 лет.

Согласно данной СП, после землетрясения интенсивностью не превышающей указанную в карте ОСР-97А величину, землетрясение такой величины на данной территории в течение 500 лет больше не должно произойти. Расчет времени карты ОСР-97А - 50 лет, в течение которого произойдет сейсмическое событие данной величины, соизмерим с проживанием одного поколения, то есть начало отчета определяется не проблемой. А если такое событие не произойдет, необходимо ждать еще 50 лет, отпущенные СП а потом и еще 50 лет. Если произошло сейсмическое событие, можно ли смело ожидать, что в течении последующих 500 лет землетрясение не повторится? Конечно нет. В данных нормативных документах заложена 10% вероятность повторения сейсмического события, возможно с большей интенсивностью.

Сложнее с картами ОСР-97В и ОСР-97С, которые отражают 5%-ную, 1%-ную вероятность возможного превышения в течение 50 лет, указанных на картах, значений сейсмической интенсивности, со средними интервалами времени между землетрясениями расчетной интенсивности 1000 и 5000 лет. Если начало отчета по историческим сведениям известно, вопрос о начале отчета отпадает. А если они не происходили с даты, утверждения нормативного документа, то начало отсчета неопределенно. Это означает, что такое событие возможно произойдет в течение 50 - 500 лет, определенной картой ОСР-97А. В этом случае МРЗ переходит временные границы ПЗ и отпущенный так называемый период затишья, нарушается. Разрушаются города поселки, производственные объекты, инфраструктура, гибнут не одна тысяча людей, психологические стрессы, создаются правительственные комиссии по ликвидации ЧС и. т.д., и. т.п.

Такой вероятностный подход применительно к сейсмическим событиям не вполне характеризует континентальный дрейф, дрейф платформ. Сейсмические события зависят от многочисленных изученных и неизученных факторов,

основанных на различных моделях, схемах, гипотезах и так далее. Вероятностный подход критикует даже его сторонник В. Н. Уломов, указывая, что «в природных условиях нередко наблюдаются пространственно-временные флуктуации сейсмичности, как в региональном, так и в глобальном масштабе» [32]. Однако сейсмические события являются не флуктуациями, а промежуточным результатом геодинамических процессов, не подчиняющихся принятым нормам и нормативным документам.

С целью более полного представления данного исключительно важного вопроса трагических последствий землетрясений, рассмотрим постановки вопросов предыдущих ОСР. Так в ОСР-69 фактическая повторяемость 8 и 9 балльных зон равна 1 раз в 800 и 1200 лет. А.А. Гусев рекомендует в качестве приемлемого периода повторяемости землетрясений 1 раз в 400-1500 лет [21]. Е. А. Рогожином, на территории Спитакского землетрясения период повторяемости увеличен от 6000 до 10 000 лет [72].

Никаких строгих доказательств или хотя бы разумных довод по данному вопросу нет. Еще одно неоправданное допущение, о повторных землетрясениях.

В гидротехническом строительстве, тоже применим вероятностный подход. Но число наблюдений на конкретном створе исчисляется сотнями и более наблюдениями, намного превышающими наблюдения сейсмических событий в данном регионе. Кроме того, в мировой практике при проектировании плотин расчёт ведётся на очень редкие события [55]. Несмотря на это, есть немало примеров разрушения гидроузлов под влиянием паводков крайне редкой обеспеченности. В публикациях С.Ф. Бобкова и др. [6], Л.К. Малика [55], приводятся примеры, когда максимальный расход водосброса превысил 1,75 раз наибольшего измеренного расхода, а зафиксированный паводок превысил 5,5 раз наибольший измеренный расход и 3,14 раза максимальный расход водосброса. И это при повторяемости 1 раз в 200000 лет. Имеются многочисленные примеры паводков, превышающих расчетные данные в два раза, с повторяемостью 1 раз в 5000 лет.

Имеются многочисленные примеры перелива через гребень паводочной волны с максимальным расходом в 2 раза превышающим пропускную способность водосброса [6, 55].

В подтверждение ошибочности вероятности не превышающей указанные значения сейсмической интенсивности в течение интервалов времени 50; 1000 и 5000 лет на картах ОСР 97, приведем не один пример.

В считавшейся до 08/04/1976 г. **слабоактивной сейсмической зоне** Бухарской области Западного Узбекистана, произошло Газлинское землетрясение в Кызылкуме с магнитудой 7.0 и интенсивностью 9 баллов [13, 73]. Повторные сейсмические события произошли на том же месте 17/05/1976 г. с магнитудой 7,3 с интенсивностью 10 баллов по шкале MSK-64. Полностью был разрушен поселок нефтяников Газли, находящийся в 10 км от эпицентра. В том же сейсмическом очаге произошло землетрясение с магнитудой 7.2, 20 марта 1984 г., спустя чуть меньше 8 лет. При землетрясении 1976 г. отмечены характерные особенности: максимальное горизонтальное ускорение грунтов составило до 0,8g, а вертикальное 0,98g, то есть преобладание вертикальных движений, соизмеримых по величине с ускорением свободного падения. Считается, что трёхкратное повторение землетрясений с магнитудой более 7 в течение 8 лет - является редким случаем в мировой сейсмологической практике.

Газлинское землетрясение было прогнозировано и подробно изучено В.И. Уломовым [95].



Рис.1.15. Разрушение школы и дома после Землетрясения Газли 17 мая 1976 г. [96].

Приведем некоторые параметры из работ А. Рагозина [73] землетрясения Газли. «...Афтершоки землетрясения 8 апреля 1976 г. ($M_s=7,0$; $I_0=8-9$) группировались в пределах Шоркудукского грабена Газлинской седловины, афтершоки толчка 17 мая 1976 г. ($M_s=7,3$; $I_0=9$), сконцентрировались в Прикаракырском грабене и под Каракырским выступом, а повторные толчки 1984 г. были сосредоточены на

границе Газлинского поперечного поднятия и сопредельного Тузкойского прогиба.... Очаги охватили кору до больших глубин (более 20 км) и с трех сторон оконтурили грани крупного сейсмогенного блока коры, выраженного на поверхности фундамента треугольным в плане Каракырским выступом. Поскольку все три события представляли собой единый высокомагнитудный рой [Шебалин, 1997], этот блок можно отождествлять с очаговой зоной Газлийских землетрясений». А. Рагозиным все три землетрясения, в данной работе не рассматриваются с точкой зрения форшок-афтершоковой взаимосвязи. Все землетрясения имеют свои афтершоки, с конкретными дислокациями. Высказывание о трех землетрясениях Газли, отождествленных Н.В. Шебалином к высокомагнитудному рою [73], является ошибочным, так как не только магнитуды, но и глубина очагов землетрясений, пространство и время между событиями не соответствуют определению роя землетрясений. Самое главное, слава богу, спустя определенное время, после роя в данном районе должно было произойти сейсмическое событие намного превышающее параметры сейсмических событий роя. Во всяком случае, до 2000 г., спустя 16 лет, и до настоящего времени -2015 г., спустя 31 лет такое событие не произошло. А если бы произошло, то чему бы равнялась магнитуда основного толчка по Н.В. Шебалину? Вопрос остается открытым.

Но самое главное: как не называли все три Газлинские землетрясения в Западном Узбекистане, события не соответствуют средним интервалам времени между землетрясениями расчетной интенсивности с периодичностью 500, 1000 и 5000 лет.

Другой пример: землетрясение в г. Бам, в провинции Керман, Ирана [26]. 26 декабря 2003 года, древний город Бам в провинции Керман, на юго-востоке Ирана, пережил землетрясение магнитудой 6.3-6.7 (рис. 1.16). Интенсивность землетрясения составила 7-9 баллов по шкале EMS-98 (рис. 1.17). Сейсмическое событие г. Бама 26 декабря 2003 г характеризуются вертикальной - взбросовой, с последующим горизонтальным — сдвигом подвижкой в очаге - смещение тектонических блоков разлома Бама. После главного толчка в зоне разлома Бам возникли поверхностные разрывы, обвалы каменных глыб на вертикальных уступах рельефа, оползни на крутых склонах, разжижение грунта и провалы грунта над древними подземными водосборными галереями - канадами. Из 200 тысяч жителей погибли почти 40 тысяч, более 22 тысяч получили ранения.

Землетрясение разрушило 90 процентов глиняных зданий в историческом центре крепости Арги-Бам, существовавших 2000 лет на шелковом пути (рис. 1.18).



Рис. 1.16. Параметры землетрясения Бам, провинции Керман, Иран, произошедшие 28 июля 1981г. и 12 декабря 2003 г. Разломы и модификация карт приведены Д.А. Хачатряном.

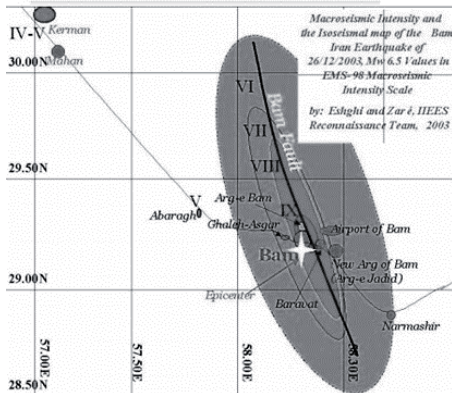


Рис. 1.17. Изосейсти Бамской 2003 года землетрясения [133]

После землетрясения разрушилась крепость, самый большой саманный архитектурный комплекс в мире.

Многие исследователи утверждают о 2000 - летнем сейсмическом затишье г. Бама. Такое утверждение не имеет под собой никакого основания. Так,

22 июля 1981 г. в 17:22 по UTC, на том же месте произошло землетрясение, с магнитудой 5.9 (интенсивность примерно 8,0 баллов по шкале EMS-98 и MSK-64). Очаг землетрясения находился на глубине 11 км (рис. 1.16). Землетрясение между городами Керман и Бам были и раньше, однако, не такой силы, и не с такими разрушениями.

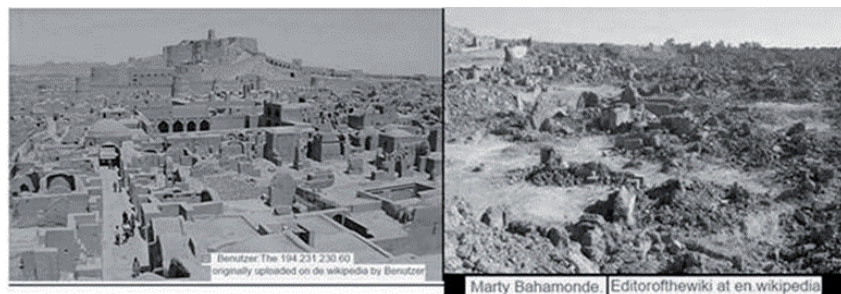


Рис. 1.18. Город Бам, с исторический центр крепости Арг и-Бам, до и после землетрясения 26 декабря 2003г.

Причиной разрушения стали и пустынная высыхающая жара и ветер, а также время, приводящие к нарушению функциональной сопротивляемости глиняных кирпичей и строений. После опустошительного землетрясения 26 декабря 2003 г., название г. Бам постепенно забудется. В сейсмических сводках будут фигурировать разрушения городов Голбах, Керман, Заранд, Шехдад, Папдана, Равар и др. на тех же очагах землетрясений. О сейсмической активности данной зоны свидетельствуют и приведенные ниже описания.

21 декабря 1977 года в г. Зеренде (Заранд) [28], в провинции Керман произошло землетрясение магнитудой 6,2 по шкале Рихтера, 8-9 баллов по шкале EMS-98 (MSK-64), погибли 521 человек. Город Заранд виден на карте рис. 1.16.

В 4:51 утра - 14 октября 2004 года в том же Зеренде, иранской провинции Керман зафиксировано землетрясение с магнитудой 4.2, по шкале Рихтера, 6 баллов по шкале EMS-98, согласно Геофизическому институту Тегеранского университета.

2 февраля 2005 года под городом Зеренд в провинции Керман случилось землетрясение магнитудой 6,4 по шкале Рихтера, 8-9 баллов по шкале MSK-64 погибли более 600 человек, около 1 тысяч получили ранения [28]. Согласно карте сейсмического риска Ирана, составленной Б. Таваколи и М. Джафари-Аштиани [117], г. Бам и Зеранд находятся в сейсмоактивной зоне провинции Керман, с максимальным горизонтальным ускорением грунтов (МГУГ) 0.35g (рис.1.19), с периодичностью повторения землетрясений 75 (0.2g) и 475 (0.35g) лет, или при 50% вероятности происхождения сейсмического события за 50 лет, с периодичностью 500 лет [117]. При сравнении карты районирования сейсмического риска Ирана с картой Глобального сейсмического риска [121, 125,

126], становится очевидным сходство контуров данного района, свидетельствующих об их общем источнике.

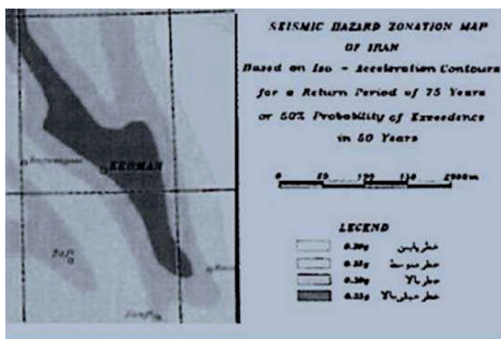


Рис. 1.19. Фрагмент из карты районирования сейсмического риска Ирана [117].

Карта Глобального сейсмического риска построена на базе 10% вероятности

превышения указанных значений максимальных горизонтальных ускорений грунтов в течение 50-и лет, с периодичностью 475 лет.

В данной сейсмоактивной зоне с МГУГ 0.2 g соответствует VII балльной зоне по шкале Меркалли (MMI) с магнитудой 7-7.9 и 8 балльной зоне по шкале EMS-98 (MSK-64) с магнитудой 4,8-6,2 (табл. 1.2).

На той же карте, значения максимального ускорения грунтов в зонах со значением 0,35 g, ожидаемые землетрясения характеризуются магнитудой 6.2-7.3 и интенсивностью 10 баллов по шкале MSK-64, и VIII баллов по шкале Меркалли (MMI). В последнем случае магнитуда составляла 6,2-6,9 (табл. 1.2).

Анализ данных для г. Бам (Ирана) показывает, что землетрясение с 75-и летним повторением не соответствует действительности, так как землетрясения порядка 0,2g происходили спустя чуть больше 5 месяцев 21год. Значения Амах равным 0,35 g, землетрясения г. Бама характеризуется интенсивностью 10 баллов по шкале MSK-64 магнитудой 6,2-7,3 периодичностью 475 лет. Данное землетрясение не надо относить к допуску 10% вероятности превышения значения отмеченной на карте. Следовательно, начало 475 летной периодичности следует считать 26 декабря 2003г. Это относится и карте Глобального сейсмического риска [121,125, 126].

Анализ данных для г. Зеранд (Ирана), показывает повторяемость землетрясений соответствующий Амах. равным 0,2g, чуть больше 27 лет, что не соответствует 475 (или 500) летнему циклу.

Еще один пример, на о. Суматра в 2002 г произошло землетрясение с магнитудой 7.3 и интенсивностью 10 баллов. После, в 2004 г. произошло сейсмическое событие с магнитудой 9.1.

Данное Суматра-Андаманское землетрясение характеризуется как 12 баллов по шкале MSK-64. (рис. 1.20), стало не только одним из самых разрушительных, но и одним из самых затянувшихся природных катаклизмов - Суматру трясло по 500-600 секунд [82]. Профессор Университета Колорадо, Роджер Билхам полагает, что "сила землетрясения была эквивалентна 100 гигатоннам взрывчатки!" Он также отмечает аномальную длительность подземных толчков. Землетрясение, очаг которого находился в центре Индийского Океана, оставил в Земле гигантскую воронку диаметром почти 3 тыс. километров. Во многих местах острова грунт поднялся от 5 до 20 метров [82].

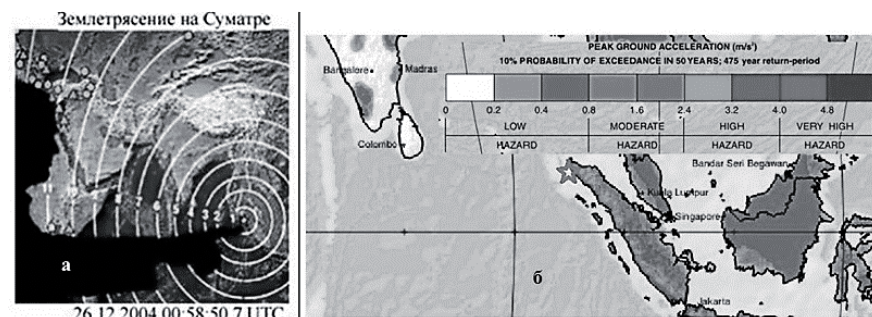


Рис. 1.20. Изосейсти землетрясение на острове Суматра 26.12.2004 г - а [82] и фрагмент карты Глобального сейсмического риска [121, 125, 126], - б. Красной звездочкой Д.Хачатряном указан эпицентр землетрясения на рис. 1.20 б.

Землетрясение на Суматре указало отклонение от карты Глобального сейсмического риска [121, 125, 126], где данная зона характеризуется максимальным горизонтальным ускорением грунтов 0.24-0.32g. Согласно табл. 1.2 таким значениям МГУГ соответствуют магнитуды 5.0-5.9, VII максимум VIII балльные зоны по модифицированной шкале Меркалли и 9 балльные зоны по шкале MSK-64, EMS-98. Таким образом землетрясение на Суматре не только доказало несостоятельность 475 летней периодичности, но и величину ожидаемых землетрясений.

С интервалом в два года на территории Казахстана, в районе г. Верный, произошли 2 сильнейшие землетрясения. Первое землетрясение 1887 году [8, 9],

эпицентр - 15 км южнее города Верный, магнитуда – 7,3 (9-10 баллов). Город был полностью разрушен, погибло 320 человек. Ущерб - 2,6 млн. рублей. 12 июля 1889 года в 3 часа 14 минут, жители г. Верного испытали еще одно сильное землетрясение интенсивностью 7-8 баллов. В эпицентре - 150 км от г. Верного оно достигло 10 баллов. Это было третье из группы сильнейших Северо - Тяньшаньских землетрясений конца XIX - начала XX веков, вошедшее в историю под названием Чиликское [8, 9, 23, 60, 61, 62,104]. Первая программа наблюдений за землетрясениями в России была разработана после Верненского землетрясения в 1890 г. особой комиссией при Императорском Русском Географическом обществе.

Сан-Франциско, США. Город Сан-Франциско, находится в штате Калифорния, США. Город расположен на трансформной зоне разлома Сан Андреас, на тихоокеанском огненном кольце (рис. 1.21).



Рис.1.21. Тихоокеанское огненное кольцо, с глубоководными желобами, зонами повышенной сейсмичности и вулканами [93].

На карте 10% вероятности за 50 лет происхождения землетрясения с периодом повторения 475 лет США, наиболее опасная зона сейсмических событий - зона Сан Андреас, расположенная на западном побережье материка (рис. 1.22).

Город Сан -Франциско называют и городом землетрясений. Более детальная картина землетрясений в данном районе, на основании колоссальных по объему исследовательских работ, представлены на картах Mark D. Petersen, William A. Bryant, Chris H. Cramer, et al, составленных в рамках программы “Program> PSHA > Of9608” [132] (рис. 1.23-1.25).

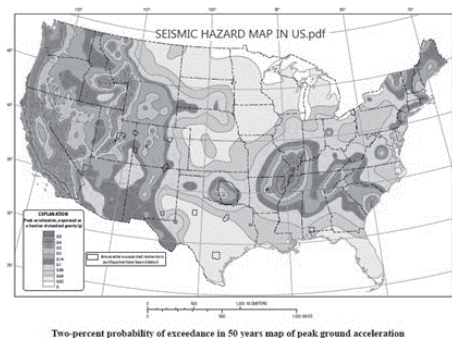


Рис. 1.22. Карта 10% вероятности за 50 лет происхождения землетрясения с периодом повторения 475 лет США.

На основе анализа и расчетов данных, приведенных на рис. 1.23, авторами указана повторяемость с магнитудой 7 и более баллов 69, 38, 151, 121, 83 лет, а землетрясений с М 9, в зоне Каскадной субдукции 335 лет и составлена карта сейсмического риска, при максимальных горизонтальных ускорениях твердых (скальных, валуна - галечных) грунтов и 10 % вероятности происхождения сейсмического события в течение 50 лет, с повторяемостью 475 лет (рис. 1.24).

При обсуждение карты сейсмического риска указывается зоны с максимальными горизонтальными ускорениями грунтов выше 0,4g. Однако на карте выделены

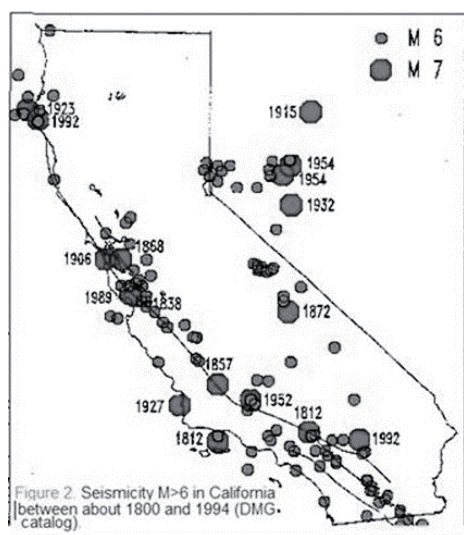
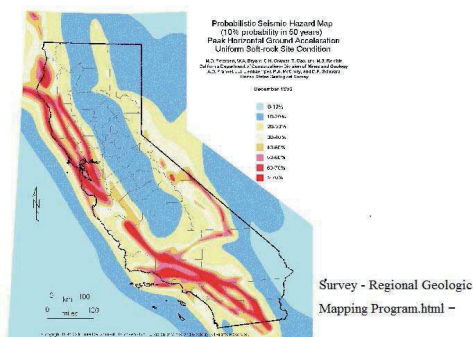


Рис.1.23. Землетрясения с магнитудой больше 6-и в Калифорнии (США) с1800-1994 гг. [132].

Рис. 1.24. Карта сейсмического риска на основании максимального горизонтального ускорения грунтов с вероятностью 10% превышения значений за 50 и с периодом повторения 475 лет [132].



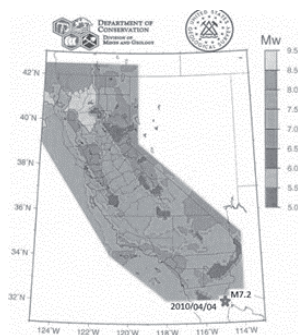


Рис.1.25. Контурная карта доминирующего сейсмического риска по магнитудам, максимального горизонтального ускорения грунтов, с вероятностью 10% превышения значений за 50 и с периодом повторения 475 лет, для аллювиальных отложений [132]. На рисунке Д. Хачатряном звездочкой обозначено место землетрясения 2010 г.

04 апреля 2010 г. 15:40 по местному времени произошло новое сильное землетрясение в Сан-Франциско, около местности Баха Калифорния (США), с магнитудой 7.2, интенсивностью 9 баллов [140]. Глубина гипоцентра 10 км, продолжительность 89 сек. Общее число погибших 4, пострадавших 100 человек в США и Мексике. Место эпицентра - тектонический разлом Лагуна Салада (соленное озеро). Данный разлом стал причиной сейсмического события магнитудой 7,2 в феврале 1892 г. [121], разность во времени 98 лет. В тех местах произошло еще одно сейсмическое событие под названием землетрясение Ландерс, 1992г. с магнитудой 7,2 [132].

17 октября 1989 года в 17:01 (по местному времени), произошло землетрясение с магнитудой 7,1[30]. Гипоцентр находился 18 км, от поверхности, 10 км от горной вершины Лома Приета около Сан-Франциско (Калифорния, США).

В результате этого сотрясения Тихоокеанская плита продвинулась на 2 м к северо-западу и наехала на 1 м поверх Североамериканской. Общее число погибших в г. Санта Круз и Сан-Франциско составило 62 человека, 3757 получили ранения, разрушено 80 мостов.

Для наглядности представим в виде таблицы (табл.1.5) сейсмические события произошедшие вблизи г. Сан – Франциско. Таблица хронологии показывает, что интервал времени сейсмических событий с магнитудой 7,1-7,8 составляет от двух до примерно 60 лет, причем интервал времени последних событий сокращается, что свидетельствует об активной фазе геодинамических процессов земли не только в региона города Сан-Франциско. Независимо от совпадения или не совпадения очагов землетрясений Сан-Франциско, хотя совпадения имеются, число погибших и ущерб городу не уменьшается.

Территория Керн	1952/07/21	7.3	46.3	60.5
Лома Приета	1989/10	7.1	37,2	97.7
Ландерс (Л.С.)	1992	7.2	3,0	100
Сан-Франциско	2010/04/04	7.2	18	118,2

Благодаря применению новейших технологий в строительстве и архитектуре, ущерб нанесений сводится к минимуму. Повторяемость землетрясений, катастрофических сейсмических событий в ближайшие 50 лет в течение 475 лет, не оправдывается.

Севернее штата Калифорния, на продолжение разлома Сан - Андреас находится ещё одна зона природных катастроф: зона платформы Хуан де Фука (рис.1.28). Вся это зона является частью Тихоокеанского вулканического огненного кольца.

По причине субдукции данной платформы под североамериканскую плиту, регулярно происходят землетрясения магнитудой более 6.5 по шкале Рихтера.

Так, сильное землетрясение с магнитудой 9, произошло 26 января 1700 г. вблизи г. Ванкувер, Канада [127]. Огромная волна стерла с лица Земли прибрежные поселки и деревни в устье реки Колумбия, а отголоски этой катастрофы докатились до берегов Японии. В результате землетрясения на поверхности плиты Хуан де Фука образовался разлом длиной около 1000 километров и средней шириной 20 метров. Землетрясение сопровождалось -- цунами с колоссальными жертвами и ущербом. Сильные землетрясения произошли также в 1992 и 2012 г. с магнитудой более 7. В тех регионах происходят и другие сильные землетрясения (рис. 2.18). Вопрос повторяемости землетрясений 50 лет в течение 475 лет, здесь тоже не подтверждается.

Об ошибочном подходе к повторяемости землетрясений отмечает и А.А. Гусев [21], критикуя ОСР-78. Как отмечает А. Гусев, составители мало уделяли внимание эмпирическому закону $p(I)$ (зависимость плотности потока событий). Так например Нахичевань попал в зону 8_2 хотя за 1200 лет отмечено восемь толчков с $I \geq 8$. Аналогична ситуация с пунктом Джавахети. Отметим, что Нахичевань находится на юге, а Джавахети на северо-западе Армении [21] и что

сейсмические события больше 8 баллов повторялись в среднем 1 раз в 150 лет, тогда как по ОСР-97А и ОСР-97В они должны были происходить 1 раз 500 и 1000 лет.

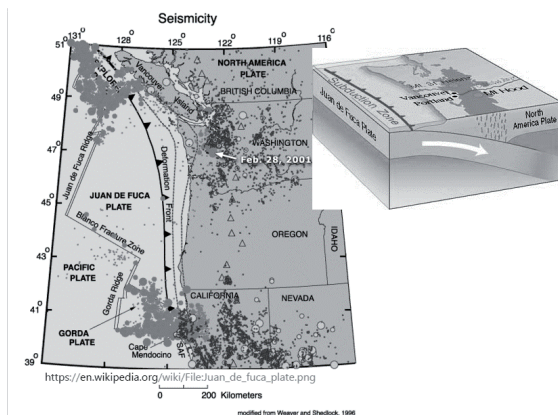


Рис. 1.28. Расположение зон землетрясений Сан Андреас и Хуан де Фука. Побережье Ванкувера, подвергшееся землетрясениям 1700, 1992 и 2012 г.

Многочисленны землетрясения на юго-западе и западе Армении. Заслуживает особого внимания г. Ерзинка в Армянском нагорье (Турция). Хронология сейсмических событий приведена в табл.1.6. Таблица составлена на основе данных карты исторических землетрясений Армянского нагорья из электронной страницы Агентство «Национальная служба сейсмической защиты» РА и Национального Атласа Армении [114,134]. Фрагмент данной карты приведен на рис. 1.29. Отметим, что территория г. Ерзинка согласно Seismic Hazard map of Turkey, Middle East, Iran and the Caucasus [126] характеризуется PGA 0.4g и больше, что по градации USGS соответствует по шкале MMI VIII баллов, по шкале Рихтера 7,0-7,9. По MSK-64 EMS-98 соответствует 10-12 баллов, а по Рихтеру-от 6.2 до 9. Как видно из табл.1.6, интервал времени сильных землетрясений с магнитудой $M=7.5 - 8.0$ и с $I=10 - 11$ баллов по шкале MSK- 64, непосредственно в г. Ерзнка колеблется от 306 до 510 лет. Интервал между землетрясениями, с магнитудой от $M=6.0 - 6.5$, с $I=8 - 9$ и $M=7.5 - 8.0$, с $I=10 - 11$, составляет от 5 до 53 лет. Для данной территории, периодичность землетрясений 475 лет, не соответствует действительности. Разрушительное землетрясение в юго-восточной турецкой провинции Ван магнитудой 7.2, произошло 23 октября 2011 года в 13 часов 41 минуту по местному времени в 16 км к северо-востоку от г. Ван. Гипоцентр землетрясения находился на глубине 16 км (рис. 1.30) [36].

Табл. 1.6. Хронология землетрясений г. Ерзенка (Турция), с параметрами сейсмических событий (В. Хачатрян).

	M=6,5-7;	M=6-6,5;	M=7,5-8,5;	I=10-11		M=6,5-7;	M=6-6,5;	M=7,5-8,5
Годы	1099	1456	1482	1543	1686	1939	1944	1992
1099	0	357	383	444	587	840	845	893
1456	357	0	26	87	230	483	488	536
1482	383	26	0	61	204	457	462	510
1543	444	87	61	0	143	396	401	449
1686	587	230	204	143	0	253	258	306
1939	840	483	457	396	253	0	5	53
1944	845	488	462	401	258	5	0	48
1992	893	536	510	449	306	53	48	0

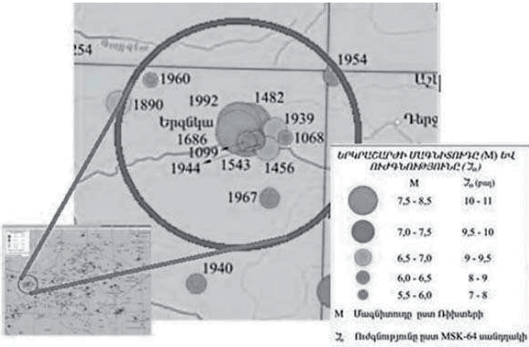


Рис.1.29. Фрагмент территории г. Ерзинка из карты сильных землетрясений Армянского нагорья (М 1:2 500 000). Сильные с М =7.5-8.0 и с I=10-11 землетрясения произошли 1482, 1686, 1992, гг., с М=6.5-7.0, I=9-9,5 - в 1456, 1939 гг. и с М=6.0-6.5 и с I=8-9 в 1099 и 1945 гг.

Самый мощный из афтершоков этого землетрясения, с магнитудой 6.0 произошел в 20:45 по UTC 24 октября 2011 года. 30 октября магнитуа очередного афтершока составила 5.3. Погибли не менее 601, ранены не менее 4152 человек, 231 человек спасены [36].

Согласно историческим данным [128], примерно по тем же координатам в 1111 г. произошло землетрясение с возможным подводным извержением, в 1441 г. землетрясение с лавовым извержением, в 1692 г. землетрясение с магнитудой более 6-и с газовым извержением, а 1881 г. землетрясение с магнитудой 6.3. По данным М. Бербряна [118], перечисленным землетрясениям прибавляются землетрясения Айоц дзор 1648г, с М6.7, Госшав 1715г, с М6.6, Мурадтен-1976 г.

с М7,1. Перечисленные данные ставят под сомнение периодичность землетрясений в 475 лет.

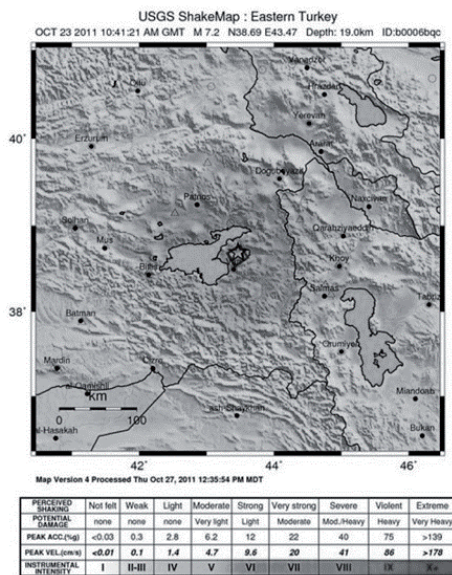


Рис. 1.30. Карта эпицентра землетрясения 2011г. Ван (Турция) и сопредельных районов.

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/67/Van_EQ_inte

Приведем еще один пример из наших дней, не ссылаясь на исторически данные. Разрушительное Сычуаньское землетрясение, произошедшее 12 мая 2008 года в 14:28:01.42 по Пекинскому времени (06:28:01.42 UTC) в китайской провинции Сычуань [34], . Магнитуда землетрясения составила 8 M_w согласно данным Китайского сейсмологического бюро и 7,9 M_w по данным Геологической службы США. Эпицентр зафиксирован в 75 км от столицы провинции Сычуань города Чэнду, гипоцентр — на глубине 19 км.

Согласно официальным источникам, погибло 69 197 человек, пропало без вести порядка 18 тыс., пострадало 288 431 человек, миллионы остались без крыши над головой. Землетрясение произошло в сейсмически активном разломе Лунмэньшань, который проходит по западному краю Сычуаньской котловины, отделяя её от Сино-Тибетских гор. Экономический ущерб превысил триллион юаней (около 150 миллиардов долларов). Сычуаньское землетрясение явилось сильнейшим в Китае в XX веке [34].

Спустя неполных 5 лет, 20 апреля 2013 года в 8:02 по Пекинскому времени (00:02 UTC), в Сычуани произошло еще одно землетрясение с магнитудой 7,0 [35]. Эпицентр находился вблизи административного центра уезда Лушань городского округа Янь провинции Сычуань. Очаг землетрясения залегал на глубине 13 км. Погибли более 200, ранены более 11 000 человек, [35]. На рис.1.31 приведен фрагмент из карты Глобального сейсмического риска [125], с указанием местоположений эпицентров обоих сотрясений. Расстояние между эпицентрами определенное нами с помощью “Гугл Планета” составило 55 км.

Значения МГУГ в эпицентральных зонах колеблются от 0,8 g до 0,4g. Отбросив значения интервалов 0,8 g -1,6 g и 1,6 g-2,4 g, взяв за основу значения от 0.24 g, согласно таблице 1.2, магнитуда обоих землетрясений 7,9-8.0 и 7.0, что и соответствует зарегистрированным значениям. Но, нарушены условия в течение 50 лет и 475-летней период повторяемости.

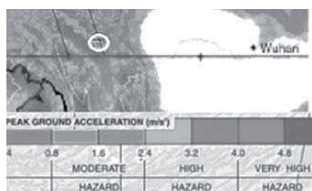


Рис. 1.31 Фрагмент карты Глобального сейсмического риска [125]. Д.А. Хачатрян на карте кружком указаны эпицентральные зоны Сычуанских землетрясений.

Недавний пример, серия землетрясений в Непале 2015 г. Основное землетрясение началось 25 апреля 2015 года в 11:56 по местному времени (06:11:26 по всемирному) в 34 километрах к востоко-юго-востоку от Ламджунга (центральная часть Непала) на глубине около 15 км и длилось около двадцати секунд [31]. По оценке Геологической службы США магнитуда составила 7,8 M_w , через полчаса повторные толчки с 6,6 M_w , гипоцентр на глубине 10 км. Два сильных афтершока (6,6 M_w и 6,7 M_w) произошли утром 26 апреля 2015г. По оценкам китайских специалистов, магнитуда сейсмического сотрясения составила 8,1 M_w . Погибли более 8 тысяч человек, ранены более 14 тысяч, разрушено несколько десятков тысяч домов и повреждено более полумиллиона строений. Толчки также наблюдались на Джомолунгме, спровоцировав сход снежных лавин, в результате чего погибли не менее 19 альпинистов [31].

12 мая в Непале произошло ещё одно сильное землетрясение, магнитуда которого оценивается в 7,3 M_w . Эпицентр землетрясения находился в 80 км к

северо-востоку от Катманду. В результате него в Непале погибли 117 человек, ещё 1 926 пострадали в Индии и погибли 17 человек, ещё один человек погиб на территории Китая. Землетрясение 25 апреля 2015 в Непале стало самым мощным с 1934 года.

15 января 1934 года в 8:43 UTC в Непале произошло землетрясение магнитудой 8.2 M_w , приведшее к крупным разрушениям в стране и в соседней Индии (на территории современного штата Бихар) [141]. Эпицентр располагался в 10 км к югу от горы Эверест на глубине 33 км. Погибли, в общей сложности, от 18 до 20 тыс. человек. **В результате землетрясения сильно пострадал город Катманду - в частности, обрушились две смотровые башни, Бхисмен и Дхарахара, построенные в 1824-1832 годах (башня Дхарахара была восстановлена, снова разрушена в 2015 году), поврежден дворец в Бхактапуре.** Только в Непале полностью были разрушены 80,8 тыс. построек [48].

После землетрясения 15 января 1934г. в Непале прошел 81 год и 4 месяца, и г. Катманду и другие населенные пункты снова подверглись разрушительным, опустошённым силам стихии. Где 475 летний период повторяемости сейсмического событий в г. Катманду?

На основе анализа сейсмичности Курило - Камчатской дуги С.А. Федотов, А.В. Соломатин, С.Д. Чернышев обосновали, что землетрясения магнитуды $M = 7,75$ повторяются в среднем через 140 ± 60 лет. Длительность сейсмического цикла T зависит от энергии землетрясения [99]. Отметим, что землетрясения с $M 7,75$ вызывает сотрясение интенсивностью 11-12 баллов по шкале MSK-64. На картах ОСР -97 Камчатки и о. Сахалин, зоны больше 10 баллов не приведены, а в картах проекта 2014, отмечены зоны больше 9, то есть до 10 баллов. Если утверждение землетрясения магнитуды $M = 7,75$ повторяются в среднем через 140 ± 60 лет верно, то карты ОСР с приведенными вероятностными параметрами становятся непригодными.

Приведенные примеры указывают ошибочность 10%- ной, 5%-ной, 1%-ной - вероятности возможного превышения в течение 50, 100 и 500 лет, указанных на картах значений сейсмической интенсивности, с периодичностью 500 лет (карта А), 1000 лет (карта В), 5000 лет (карта С).

В связи с вышеизложенными фактами, по нашему мнению, вероятностный подход при составление карты Global Seismic Hazard [125,126], возникновения

сейсмического события, с вероятностью 10%, в течение 50 лет, с периодом 475 лет, не всегда верен и требует пересмотра.

Свидетельство об активной фазе геодинамических процессов Земли указывает и рис. 1.32.

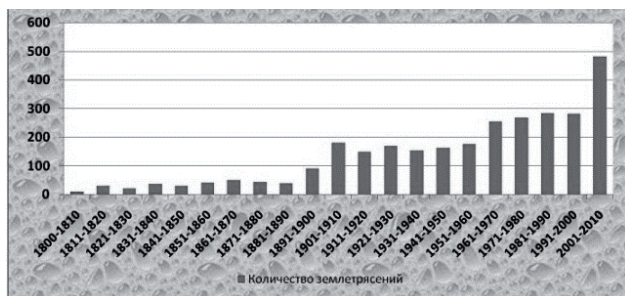


Рис.1.32.
Количество
землетрясений
1800-2000 гг.,
магнитудой
больше 7.5,
повлекших ущерб
более одного млн.
долларов [23].

График указывает на увеличение числа сейсмических событий за последние десятилетия.

Как было отмечено, во время катастрофических землетрясений происходят тотальные разрушения зданий и сооружений массового строительства, становясь причиной гибели и горя тысячи людей, потери имущества. Поэтому в принятом 2015 г. ГОСТ 27751-2014 [57], сооружения массового строительства классифицированы как сооружения уровня нормальной ответственности (КС -2), с минимальным значением коэффициента надежности по ответственности 1.0, взамен 0.95 предусмотренного ГОСТ 2751-88 [56]. Однако данный ГОСТ предусматривает для класса таких сооружений, при обычных условиях эксплуатации, примерный срок службы, включая капитальный ремонт, не менее 50 лет. Короткий примерный срок службы допускает превращение населенных пунктов и городов в зону экологических бедствий со сносом ветхих домов и строительством новых. Такой срок службы оправдывает недоработки и некачественные работы от технического задания, проектирования, строительных материалов, изысканий, строительства, эксплуатации. Одним из путей увеличения примерного срока службы, является пересмотр порядка определяемого "Сводом правил строительства в сейсмических районах - СП 14.13330.2011" [80]. В данном нормативном документе на основе комплекта карт ОСР-97, предусмотрена оценка трех уровней степени сейсмической опасности и осуществление антисейсмических мероприятий при строительстве объектов различной ответственности. Карта А предназначена для

объектов нормальной (массовое строительство) и пониженной ответственности; карты В и С - объекты повышенной ответственности (особо опасные, технически сложные или уникальные сооружения). Нами предлагается за основу сооружений массового строительства зданий использовать ОСР -97В, а карту ОСР-97А для класса сооружений КС-1, пониженной ответственности (временные здания и сооружения) со сроком службы 10 лет и не менее 25 лет для сооружений, эксплуатируемых в условиях сильноагрессивных сред [57].

Медицинские учреждения: больницы, поликлиники, медицинские пункты и др. необходимо вынести из перечня объектов нормального массового строительства КС-2, отнести к объектам повышенной ответственности - КС-3. Такая замена продиктована опытом Спитакского 1988 г (Армения), Нефтегорского 1995г (о. Сахалин, РФ) землетрясений, когда были разрушены все медицинские учреждения, погибли их работники. Многие жизни можно было спасти в случае их нормальной функциональности.

Никогда, ни при каких обстоятельствах, нельзя допустить чтобы контроль строительства объектов массового строительства был осуществлен в соответствии с правилами организации строительства [57]. Имеется десяток примеров занижения качества строительства (не считая другие нарушения), даже при Президентском и Правительственном контроле над качеством строительства. Такие сооружения являются объекты Дальневосточного Федерального Округа РФ, как например, комплекс Космодрома “Восточный”, строительство "Мостового перехода через бухту Золотой Рог во Владивостоке, аэропорта Магадана и др.

ГЛАВА ВТОРАЯ

Спитакское (Армения) землетрясение 11 декабря 1988 г.

2.1. Общие данные о Спитакском 11 декабря 1988 г. землетрясении.

В 1988 г. 7 декабря 7 часов 41 минут по Гринвичу (11 часов 41 минут по местному времени), в Армении (рис. 2.1) произошло Спитакское землетрясение (СПЗ). Магнитуда землетрясения по разным оценкам составила от 6.8 до 7.2, интенсивность в эпицентре 10-11,0 баллов по шкале MSK- 64, с энергией- 10^{16} Дж, глубина гипоцентра по официальным данным составила 10, по другим источникам 10-20 км. По оценке Геологической службы Америки магнитуда СПЗ равнялась 6.8, некоторые исследователи оценивают магнитуду 7,2. По причине СПЗ погибло 25 тысяч человек, 19 тысяч стали инвалидами, 514 тысяч человек остались без крова. Разрушено 35395 домов, 540 общественных зданий, приблизительно 4.7 млн. квадратных метров разрушенных населенных пунктов, выведено из строя 80% промышленных мощностей, землетрясение охватило около 40 % территории Армении [87, 89].

а рис. 2.2 и рис. 2.3 приведены фрагменты разрушений после землетрясения г. Спитака. Разрушение огромного количество домов, строений и других сооружений свидетельствуют о недоброкачественном строительстве зданий. По официальным данным РА ущерб составил 12 млрд. долларов (Распоряжение

Президента РА 140-Н, от 28.08.2010), а по данным В. Г. Шестопова [106] ущерб составил 16.46 млрд. долларов.



Рис. 2.1. Карта Армении с указанием эпицентр Спитакского 11 декабря 1988 г. землетрясения Эпицентр на карте указан знаком X красного цвета. Эпицентрально поле представлено на рис. 2.4.



Рис. 2.2. Кому легче, оставшихся в живых, или мертвым [47]?

Однако, согласно детальным исследованиям В. Степаняна, С. Азаряна, а затем Д. Хачатряна и В. Апикиана ущерб республики оценивается 24.5 млрд. долларов США по подсчетам ценами 1990г. [89,119], не считая экологические, социально-психологические потери. В настоящее время, Д. Хачатряном проведен пересчет ущерба, с сопутствующими прямыми потерями. Полученная сумма огромна: это многомиллиардные потери связанные остановкой двух реакторов Армянской АЭС и восстановление одного из них, остановка других производственных мощностей, аварии югославского гражданского и советского военного самолетов и др. Масштабы ущерба, по упрощенным банковским расчетам, при кредите от 6 до 10%, от 24 млрд. долларов, представлены в табл. 2.1.



Рис.2.3. Руины многоэтажек г. Спитак, после 07/11/1988 Спитакского землетрясения Армения [47].

Анализ таблицы показывает, что в течение 10 лет при 6% вкладе, выручка составила бы 25,98 млрд. долларов, превысив сумму ущерба. Для осмысления масштаба ущерба для Армении, сравним это с госбюджетом Армении на 2015 год, который предполагает наличие доходной статьи в размере 1,191 триллиона драмов (2,744 млрд. долларов по текущему курсу), номинальный объем ВВП 4,867 триллиона драмов или 11,214 млрд. долларов [71].

Приведенные данные показывают, что после первого года чистая выручка вклада составляет половину, а еще через год чистая прибыль превосходит доход бюджета Армении за 2015г. Каждый пятый год, прибыль от суммы ущерба, примерно равнялась бы объёму номинала валового внутреннего продукта (ВВП) Армении. Причина огромного невосстановленного ущерба результат не только катастрофического землетрясения, но и распада СССР, пагубных последствий приватизации, вследствие чего многие передовые предприятия бывшего СССР перестали функционировать, а разрушенные - не восстановлены.

Табл. 2.1. Суммы банковского вклада от ущерба Спитакского землетрясения по Д. Хачатрян.

Год	Банковские вклады, в %				
	6	7	8	9	10
1	25,44	25,44	25,44	25,44	25,44
2	26,97	27,22	27,48	27,73	27,98
3	28,58	29,13	29,67	30,23	30,78
4	30,30	31,17	32,05	32,95	33,86
5	32,12	33,35	34,61	35,91	37,25
10	42,98	46,77	50,85	55,25	59,99
15	54,35	61,39	69,27	78,08	87,91
20	72,74	86,11	101,79	120,14	141,59
25	97,34	120,77	149,56	184,85	228,03
30	130,26	169,39	219,75	284,41	367,24

Для сравнения отметим, что ущерб от землетрясения в Японии, произошедшего 11 марта 2011 г, оценивается в 16-25 триллионов иен (198-309 миллиардов долларов). Оценка учитывает затраты на восстановление социальной инфраструктуры, жилой недвижимости и заводов. Таким образом, в общие убытки не включены падение промышленного роста, ВВП и объёмов торговли, вызванные стихийным бедствием. В конце 2010 года японский ВВП составил 5,474 трлн. долларов США, то есть ущерб составил 5,7 % ВВП Японии, в то время как ущерб от СПЗ соизмерим с ВВП Армении.

Оценка ущерба землетрясения Спитака - 24 млрд. долларов, сильно занижена. Сравнивая ущерб от Спитакского землетрясения с землетрясением и цунами Фукусимы (Япония), с учетом аварии реакторов Фукусима Дайсун, минимальные потери Спитакского землетрясения, по состоянию на 2015 г. нами оцениваются от 130 до 150 млрд. долларов.

2.2. Причины катастрофических последствий Спитакского 1988 г. землетрясения в Армении.

О причинах катастрофических последствий Спитакского 1988 г. землетрясения написано немало. Основная причина трагедии - человеческая деятельность, деятельность десятки тысяч людей, ученых, чиновников, строителей всех рангов и местных жителей. О причинах катастрофы пишут и прямые виновники, с раскаяниями в содеянном, косвенные виновники, умолкающие или стоявшие в стороне и критикующие первых, о причинах говорят многие. Все живые сходятся в одном, слишком занижена (на 1,5-2 балла по MSK – 64) сейсмичность территории Армении, Закавказья, Кавказа и вся территория бывшего СССР по ОСП-78, с учетом плохого качества строительных работ и др.

С целью анализа вопроса занижения интенсивности ожидаемых землетрясений на территории Армении, рассмотрим карты сейсмического районирования разных лет (рис.2.4).

При беглом рассмотрении карт, становится очевидным, что карты с 1957 по 1969 г. г. идентичны. Карта ОСП- 62, ОСП-69 территории Армении скопирована с карты ОСП-57. Карте общего сейсмического районирования ОСП-69 претерпела маленькая изменения, а именно, отсутствует 7 балльная зона Нахичеванской автономной ССР (Аз. ССР), вблизи границы Турции начерченные на картах 1957 и 1962 г. На всех 3-х карт ОСП территория Армении характеризуется зонами сейсмической интенсивности от 7 до 8 баллов. Интенсивность землетрясений территории Армении на карте ОСП-78 особых изменений не претерпела. Но на карте появились индексы повторяемости землетрясений и зоны наиболее вероятного возникновения очагов землетрясения. Согласно карте, северо-восточная, восточная и незначительная часть юго- восточной территории Армении характеризуются 7 балльной зоной, со средней повторяемостью землетрясений один раз в 100 лет или с 0,5 вероятностью в ближайшие 50 лет. Северо- западная, западная и южная часть территории Армении характеризуются 8 балльной зоной, со средней повторяемостью землетрясений один раз за 1000 лет или 0,05 вероятности в ближайшие 50 лет, несмотря на то, что в Армении известны множества землетрясений магнитудой больше 7. Есть упомянутые данные даже об изменении русел рек [119,145].

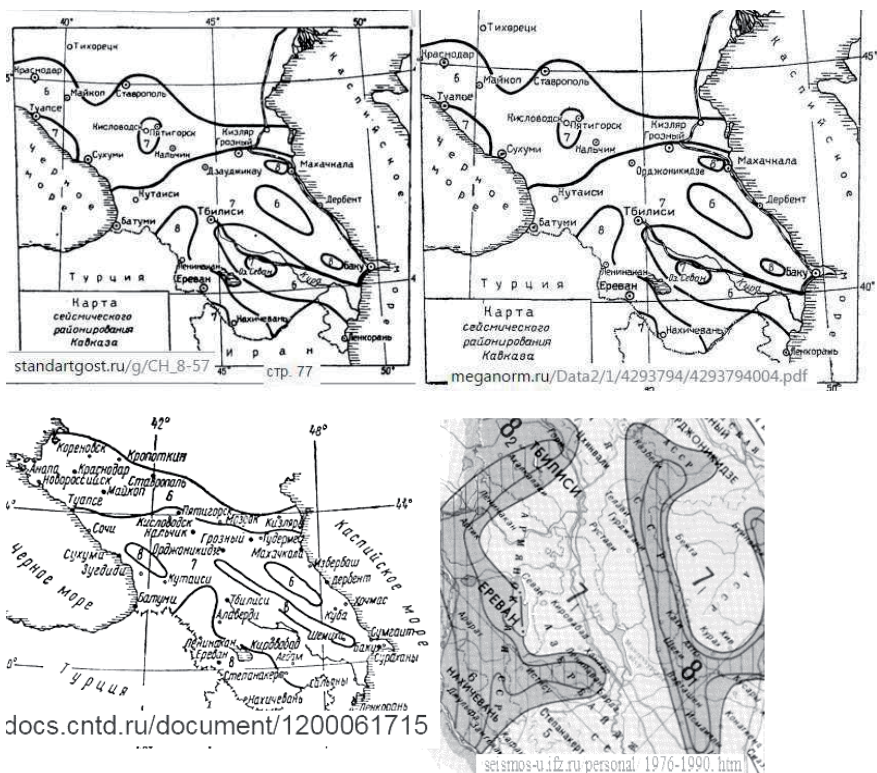


Рис. 2.4. Карты сейсмического районирования Армении 1957, 1962, 1969 и 1978 гг. [84,85,66,95]. Условные обозначения ОСП-78 приведены на рис. 2.4а.



Рис. 2.4 а. Условные обозначения карты ОСП-78 [95].

Согласно карте ОСР-78 и условным обозначениями к ней (рис.2.4 и рис.2.4а) на всей территории Армении, наиболее вероятным является возникновение землетрясений с максимальным магнитудой от 6,1 до 7,0 и с глубиной очагов 10-20 км. Как видно из карты, интенсивность землетрясений на территории Армении остается неизменной, 7-8 баллов по шкале MSK-64. Только на последнем ОСР-78 приведены изменения, которые, однако не влияют на принятие проектировщиками решений при сейсмостойком строительстве. При массовом строительстве, возможно влияние бывшего Госстроя СССР, требующее снижение стоимости строительства и поэтому систематически занижали значения магнитуды и балльность возможных землетрясений.

Следует заметить, что в ОСР-78, в соседних с Арменией странах – Грузии и Азербайджане 7 и 6 балльные зоны преобразовались в 8 балльные зоны, а на территории Армении никаких изменений произведено не было (см. рис. 2.4 и 2.4а). Даже после Спитакского землетрясения оценки сейсмичности территории Армении продолжает оставаться дискуссионным вопросом. Так например, сотрудник Института Физика Земли, А.А. Гусев [21], всячески пытается оправдать карту ОСР-78, приводя официальные параметры СПЗ в плоскость дискуссий, вводя поправочные коэффициенты в строительные нормы для г. Спитака, а также модифицируя данную карту, в карты, где территория Армении характеризуется зонами с интенсивностью 8-9 или 8.0-8,5 баллов. Так, что прав Н.В. Шебалин «Свой крест, свою вину будем нести и мы, члены редакционной коллегии карты сейсмического районирования СССР (ОСР-78), допустившие то, что на Кавказе были приняты заниженные оценки сейсмической опасности» [44].

Рассмотрим эпицентрально поле Спитакского землетрясения (эпицентр указан крестом) и его афтершоков с тектоническими разломами и с изосейстами 10, 9 и 8 баллов, которые приведены на рис. 2.5.

Согласно рис. 2.5, десятибалльная зона имеет вытянутую форму и размеры примерно 16 x 6 км. Овальная 9-балльная изосейста (граница девятибалльной зоны) охватывает район размером 40 x 21 километр. Начиная с 7 баллов, изосейсты имеют округлую форму.

Результатом вспарывания трех фаз на дневной поверхности эпицентральной зоны СПЗ образовалась разрывное нарушение в виде взброса с вертикальной амплитудой до 2,0, а горизонтальной 0,7-1,0 м, сейсмогенное понижение амплитуды свыше 5 м, протяженностью 37 км (рис. 2.7).

Приведенные данные доказывают правильность оценки интенсивности СПЗ 10 или выше 10 баллов по шкале MSK-64.

Реальной ситуации сейсмичности территории Армении соответствовала временная схема сейсмического районирования территории Армении, утвержденная после Спитакского землетрясения межведомственной экспертной комиссией Совета Министров СССР и АН СССР в 10.01.1989г. со сроком



Рис. 2.5. Эпицентральное поле Спитакского землетрясения и его афтершоков с 7,12,88 по 24,01,89 гг. [17].

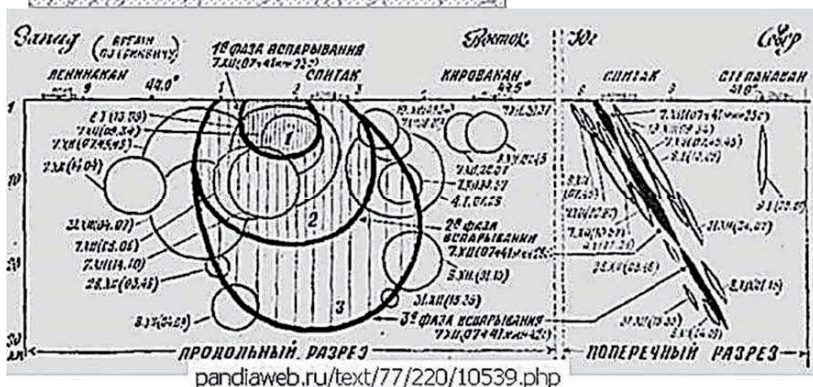


Рис. 2.6. Продольный и поперечные разрезы вспаривания главного толчка (07.41.23) и последующих (07.41.28 и 07.41.42) фаз Спитакского 07/ 12/ 1988 г. землетрясения с разрезами афтершоков по Н.В. Шебалину (время указана по Гринвичу).

действия до 31 декабря 1991 г. Согласно данной схеме вся территория Армении была отнесена к 9 балльной зоне, за исключением небольшой 8 балльной территории севера восточной части республики. К сожалению, данная схема была заменена другими необоснованными картами сейсмического районирования Армении, об ошибках которых остановимся ниже.



Рис. 2.7. Проявление разрывного нарушения в виде взброса на поверхности земли и сейсмогенное понижение (внизу справа), на эпицентральной части СПЗ 1988 г[143].

2.3. О карте сейсмического районирования Республики Армения.

Вопрос сейсмического районирования территории Армении актуален и сейчас, спустя 27 лет после страшной трагедии СПЗ. На официальном сайте Агентства «Национальной службы сейсмической защиты» приведена карта сейсмического районирования территории РА (рис. 2.8). На карте сейсмического районирования РА выделены зоны со значениями максимальных горизонтальных ускорений грунтов (в долях g): 0,2 g; 0,3 g; 0,4 g и 0,5 g [114]. Причем зона со значением 0,2 g на карте выделена двумя цветами, а на условных обозначениях присутствует только одна. Сравнивая карту сейсмического районирования Армении приведенную на рис.2.8, с картой С. Баласаняна, и др. [116] (рис. 2.9), становится очевидным, что на первой карте на юго-западном участке г. Армавира, южнее г. Арарат, а так-же на северо- западном участке г. Алаверды и в восточной части г. Иджевана, появились микрозоны с максимальным горизонтальным ускорениям грунтов 0,2 g (скорее должно быть <0,2 g, что

соответствует 7 балльной зоне по шкале MSK - 64, как указано на аналогичной карте в Национальном Атласе РА). Аналогичная зона наблюдается по площади г. Горис - г. Капан. Зона с горизонтальным ускорением грунтов 0,5 g севера, северо- восточной части г. Сисиана преобразовалась в зону с 0,4 g. Зоны с максимальным горизонтальным ускорениям грунтов 0,3 g и 0,4 g на карте сейсмического районирования Армении 1997 г. характеризуются как зоны 9 балльной, а зона с 0,2 g - как зоны 8 балльной интенсивности по шкале MSK - 64. Однако на карте сейсмического районирования Армении 1998 г. микрозоны с 0,2 g на севере республики - в центральной части микрозоны с аналогичными значениями г. Маралик и южнее г. Мартуни на карте 1998 г. разрастались с довольно внушительной шириной, протянувшись с запада на восток, юго-восток, за счет зоны горизонтальным ускорениям грунтов 0,3 g. Анализ двух карт показывает, что за 1997-1998 гг. произошло сокращение площадей с высокими значениями g, сокращение площадей зон больших значений и увеличение площадей меньших значений интенсивности ожидаемых землетрясений в баллах.

Результат таких занижений площадей зон высоких значений горизонтальным ускорениям грунтов, занижение значений горизонтальных ускорений грунтов будет приведет к последствиям, превосходящим Спитакскую 1988 г. трагедию.

На карте сейсмического районирования Армении 1998 г. не приводятся значения интенсивности зон по шкале MSK-64. Зоны со значениями максимального горизонтального ускорения грунтов, понятны узкому кругу специалистов. Даже соавторы данных карт А. Аванесян, А. Аракелян, в работе 2014 г. [143], вновь как в 1995г. [138] и 1998 г. [114], трактуют, зоны 0.2 и 0.5 g, как зоны с интенсивностью от 8 до 10 баллов по шкале MSK – 64. Для выяснение данного вопроса нами [102] проведен анализ шкалы карты “Global Seismic Hazard map” [125], /рис.2.8.b/ с картой сейсмического районирования Армении 1998 г. Установлено, что территория Армении находится в средней, средно-тяжелой, тяжелой и катастрофической зонах бедствий землетрясений. С целью определения интенсивности (балльность) зон карты сейсмического районирования Армении (рис. 2.8), воспользуемся аналогией таблицы, приведенной в работе «Проект сейсмической шкалы РФ» Аптикаева [2]. В результате полученные нами данные представлены в таблице 2.2.

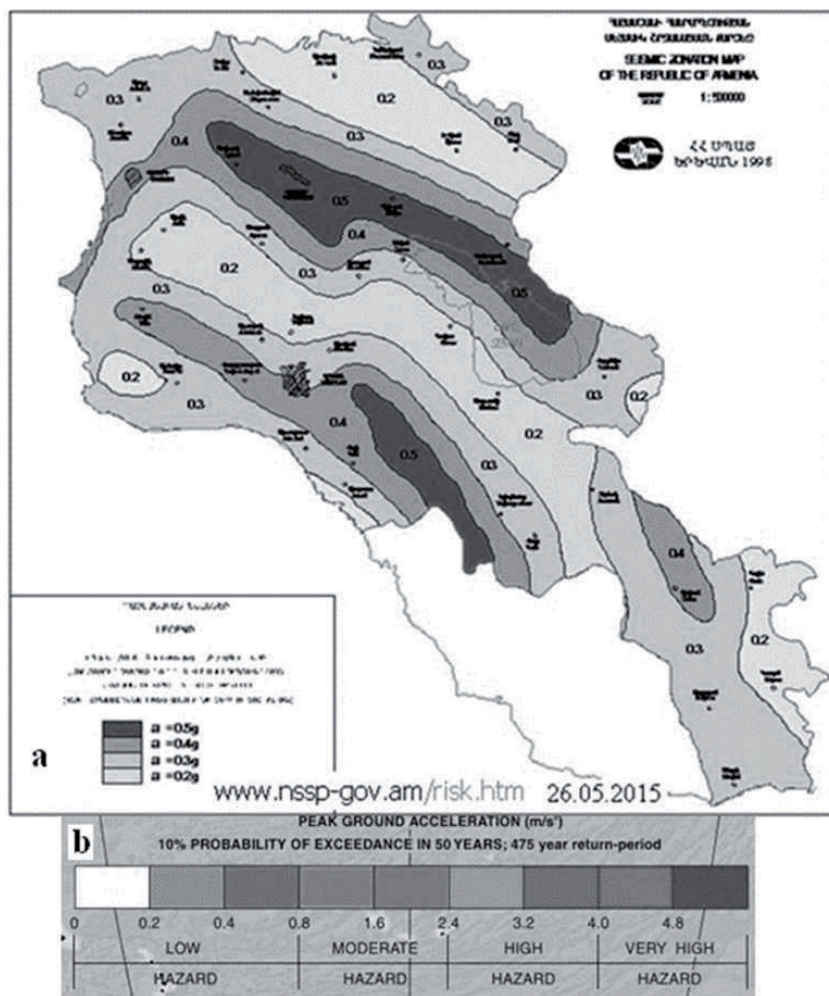


Рис. 2.8. Карта сейсмического районирования РА М 1:500 000 – а [114] и шкала карты “Global Seismic Hazard” map– б [125]. Модифицировано Д. Хачатрян.

Анализ карты сейсмического районирования Армении (НССЗ- 1998) и таблицы 2 показывают, что территория РА характеризуется по шкале MSK-64 и EMS-98 интенсивностью от 8 до 12 баллов. Магнитуда ожидаемых землетрясений будет колебаться от 4,8 до 9. По японской шкале JMA территория характеризуется интенсивностью от шиндо 5+ до шиндо 7. Из этого следует, что на карте сейсмического районирования РА М 1:500 000 существует несоответствие

перехода от зон с максимальным горизонтальным ускорением грунтов к зонам интенсивности землетрясений по шкале MSK – 64. Необходим анализ данного вопроса и серьёзные исследования для дальнейшего уточнения проблемы сейсмического районирования территории Армении [102].

Карта сейсмического районирования территории РА со значениями интенсивностью в баллах по шкале MSK-64, на основе значений максимального горизонтального ускорения грунтов (МГУГ) в долях g, цитируемых авторов, приведены на рис. 2.9 и 2.10. Как видно из данных карт, оценка сейсмичности территории Армении, на основе максимального горизонтального ускорения грунтов в долях g, произведена ошибочно. Зоны со значениями МГУГ 0,5 g, согласно табл. 2.2 соответствуют зонам с интенсивностью 11-12 баллов по шкале MSK -64. В таких зонах массовое строительство не рекомендуется (если не запрещается). Такая же ситуация с зонами со значениями 0,4 g. То есть значение зон выбраны не обосновано. Данные ошибки имеют не только чисто научные значения, или носят научно-дискуссионный характер. Данные карты

Табл. 2.2. Сравнение шкал MSK-64 и JMA, Рихтера и др.

MSK-64	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
JMA	0	1	2	2,5	3	4	5-	5+	6-	6+	7	
а-в долях g, JMA	Max 0,0008	0,008- 0,0025	0,0025- 0,008		0,008 - 0,025	0,025 -0,08	0,08 - 0,14	0,14- 0,25	0,25 - 0,31 5	0,31 5- 0,4	>0,4	
Рихтер			2,8-4,3	2,8- 4,3	2,8- 4,3	2,8- 4,3	4,3- 4,8	4,8- 6,2	6,2- 7,3	6,2- 7,3	7,3-9	
Значения а в долях g по зонам карты Сейсмического районирования РА, 1998.							< 0,2	0,2 < 0,2	0,3	0,4	0,5	

должны были стать основой сейсмостойкого строительства и от их правильности зависит жизнь, благосостояние нашего и будущего поколения, устойчивое развитие Армении. Увеличив срок эксплуатации зданий и сооружений, сохраняя их от природных катаклизмов, сохраняются не только человеческие жизни и экологическая обстановка республики, региона, но и оберегают поколения от физических и психологических травм, обеспечивая поступательное развитие [102].

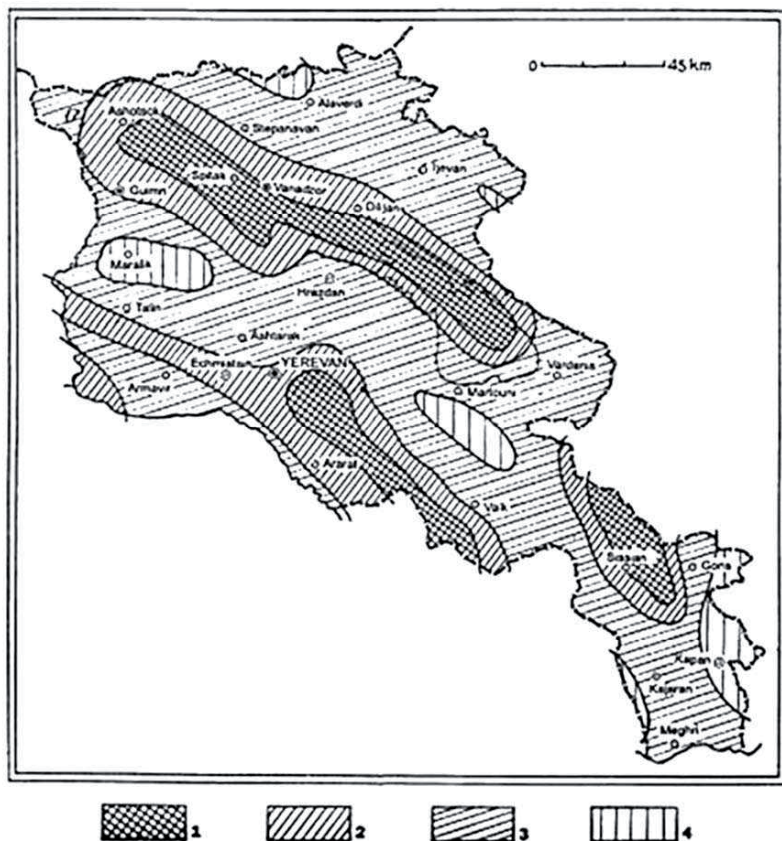


Рис. 2.9. Карта (схема) сейсмического районирования территорий Армении, на основе значений максимальных горизонтальных ускорений грунтов (в долях g), составленная С. Баласаняном, С. Назаретяном, А. Аванесяном и др. [116], (Balassanian, Nazaretian, Avanesian A. al, 1997). Условные обозначения: 1- 0,5 g (интенсивность 10); 2 - 0,4 g (интенсивность IX); 3-0,3 g (интенсивность IX), 4 – 0. 2 g (интенсивность VIII).

В основе строительных норм РА, положена иная схема сейсмического районирования территории Армении, с зонами от 7 до 9 баллов по шкале MSK-64 и с максимальным горизонтальным ускорением грунтов 0,2 - 0,4 g (рис.2.11).



Рис. 2.10. Карта сейсмического районирования территории РА по шкале MSK-64, на основе горизонтального ускорения грунтов в долях g [116].

В

действующих строительных нормах РА (СН РА II - 6.02- 2006) [91], рассматриваются расчеты гражданского строительства от 7 до 9 балльных зон по шкале MSK-64 (с максимальным горизонтальным ускорением грунтов 0,2 - 0,4 g). Для строительства на опасных площадках, как вблизи разломов (до 10 км), на уклонах превышающих 15° , оползневых участках и др., предусматриваются корректирующие коэффициенты.

В строительных нормах Армении РА II - 6.02- 2006, зоны с $A_{max}=0,2g$, рассматриваются как зоны с интенсивностью 7 баллов, $A_{max}=0,3g$ - 8 баллов, $A_{max}=0,4g$ - 9 и более по шкале MSK- 64. Сравнение характеристик зон данной карты с табл. 2, приводит к заключению, что значения максимального горизонтального ускорения грунтов в долях g, не соответствуют значениям интенсивности, по шкале MSK- 64. Зоны со значениям $A_{max}=0,2g$ должны

**СЕЙСМИЧЕСКОГО ЗОНИРОВАНИЯ (РАЙОНИРОВАНИЯ)
ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ**



Рис. 2.11. Действующая карта сейсмического районирования Республики Армения, для сейсмостойкого строительства [91]. Сейсмические зоны, с ожидаемыми максимальными горизонтальными ускорениями – A_{max} (в долях g), скоростями (см/с) грунтов и соответствующими баллами по MSK-64. Условные обозначения:

- ①- $A_{max}=0,2g$; $V=16$ см/с, до 8 баллов; ②- $A_{max}=0,3g$; $V=24$ см/с, 8 – 9 баллов; ③- $A_{max}=0,4g$; $V=32$ см/с, до 9 баллов и выше.

соответствовать не 7, а 8 баллам, $A_{max}=0,3g$, не 8 а 9 баллам и наконец, $A_{max}=0,4g$, не 9 и более, а 10 баллам по шкале MSK– 64. Какое из двух значений - ускорение или интенсивность правильное, остается открытым вопросом. Обобщая можно констатировать, обоснованная карта сейсмического

районирования для территории Армении отсутствует. Следовательно, строительные нормы Армении РА II - 6.02- 2006 [91], в основе которых лежит карта приведенная на рис. 2.11, не соответствует реально существующему положению [102].

О градации действующей карты сейсмического районирования Республики Армения для сейсмостойкого строительства (Строительные нормы РА II - 6.02- 2006) указано выше. Особенно необходимо уделить внимание зоне с максимальным горизонтальным ускорением грунтов со значением 0,2g (7 балльная зона по шкале MSK-64), так как выделение данной зоны не обосновано, и чревато в дальнейшем трагическим последствиям.

На действующей карте сейсмического районирования Республики Армения, для сейсмостойкого строительства (Строительные нормы РА II - 6.02- 2006), зоны с максимальным горизонтальным ускорением грунтов со значением 0,2g (7 балльная зона по шкале MSK-64), почти повторяют конфигурации зон с аналогичным значением карты сейсмического районирования РА Национальной службы сейсмической защиты. Исключение составляет Баграмянская зона Армавирского марза, отмеченная нами выше. Обоснованность занижения значений данных зон, сказанных для карты сейсмического районирования НССЗ, остается в силе и для действующей карты сейсмического районирования Армении для сейсмостойкого строительства [91], то есть, для данных зон значения 0,2g (7 балльная зона по шкале MSK-64) занижены.

В третьей зоне со значением 0,4g (9 и более баллов шкале MSK-64), на карте сейсмического районирования Армении для сейсмостойкого строительства [91] (рис.2.12), находится очаг (эпицентр) Спитакского землетрясения. Согласно официально принятым характеристикам: Спитакское землетрясение СПЗ: $M = 7.0$, интенсивность (балльность) в эпицентре $I=10$ баллов по шкале MSK — 64, глубина гипоцентра — примерно 10 км. Существуют разные версии параметров (СПЗ), так геологическая служба Америки магнитуду оценивает 6.8, некоторые исследователи -7,2. Интенсивность в эпицентре оценивается от 10.0 до 11 баллов. При значениях магнитуды 6,8-7,0 зона характеризуется как 10 балльная зона, так как значения магнитуды для нижней границы 10 балльной зоны принято считать 6,2- а верхней — 7,3. Принятая $A_{max}=0,4g$, с табл. 2, дает полное основание принять зону СПЗ как 10 балльную. Согласно оценкам ведущих специалистов, десятибалльная зона характеризуется размером 16х6 км. С учетом всего этого,

третья зона на карте сейсмического районирования Армении для сейсмостойкого строительства [91] (рис.2.12), со значением $0,4g$ является не 9 и более, а вполне полноценной 10 балльной зоной по шкале MSK-64. Границы данной зоны спорны, требуют уточнения.

Проведение линии разделения зон не обосновано, на всех существующих картах. Функция линии границы раздела разных зон, трактуется, как ограничитель поражения максимальной интенсивности события с площадью поражения десятками квадратными километр, или дозор не позволяющий перемещение, или как говорят ученые, миграцию событий превышающей фиксированное значение зоны.

И наконец, проведенные под руководством В.И. Уломова исследования для **Северной** Евразии (в границах бывшего СССР) [94], по линияментно-доменно-фокальной (ЛДФ) модели зон ВОЗ территорий, Армения (рис. 2.12), характеризуется как 9-10 балльной зоной вероятной ожидаемости землетрясений (карте ОСР-97А, ОСР-97В, ОСР-97С). На карте ОСР-97А, показаны линияментные зоны.

Сейсмическое районирование является основой и для микросейсмического районирования территорий городов, районов, строительных площадок. Поэтому здесь и в дальнейшем в основном будут рассматриваться проблемы сейсмического районирования - ОСР.

grinikkos.com/Donlowd/51/ulomov.pdf

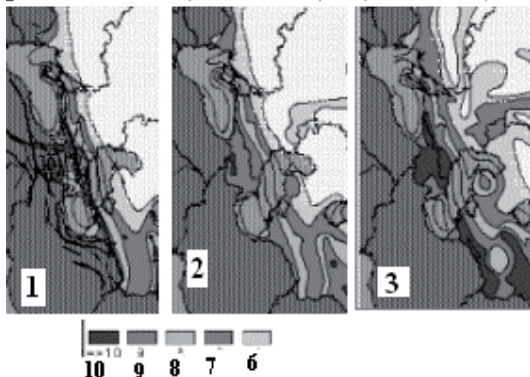


Рис.2.12. Фрагменты из комплекта карт ОСР-97 (А, Б, С) Северной Евразии (в границах бывшего СССР), по линияментно-доменно-фокальная (ЛДФ) модели зон ВОЗ территории Армении с юго-западной территории бывшей СССР.

2.4. О карте сейсмического микрорайонирования г. Еревана, столицы Республики Армения, в масштабе 1:25 000.

После Спитакского 1988 г. землетрясения наряду с картой сейсмического районирования Армении были выполнены научно-исследовательские работы по составлению карт сейсмического микрорайонирования г. Еревана. Для выполнения данных работ были привлечены многочисленные научно-исследовательские и проектно-изыскательские организации Армении [22, 66]. При составлении карт были использованы материалы экспертной группы Совмина СССР во главе Г.Л. Коффа [58]. По поручению заместителя председателя Государственного комитета по архитектуре и градостроительству Республики Армения, экспертная оценка данной карты была возложена на геологический факультет Ереванского государственного университета. Экспертная оценка по разделу «Уточнение инженерно-геологических условий и схемы разломной тектоники территории г. Еревана по геофизическим данным» выполнена Д. Хачатряном [22]. На основе анализа, были отмечены 9 замечаний, главные из которых: из-за редкой сети карт аномалии магнитного поля земли в м-бе 1:25000 и 1:50000, не был выявлен Ереванский глубинный разлом; наличие методических ошибок по гравиметрии и сейсморазведки; проведение поверхностной комплексной интерпретации. Исходя из научно-методических погрешностей выполненных работ, (информативность и детальность предъявляемым к картам сейсмического микрорайонирования в масштабе 1:10000), карта сейсмического микрорайонирования была оценена неудовлетворительной. Существенные замечание были и по другим разделам выполненных работ. Однако, карта сейсмического микрорайонирования г. Еревана осталась без изменений и была принята за основу капитального строительства.

Карта сейсмического районирования Армении лежит в основе уменьшения и управления сейсмического риска Армении и г. Еревана. Согласно детальным исследованиям З. Хлхатяна [130], из 4765 многоквартирных зданий г. Еревана, 4676 построены до 1991г., при 7-8 балльной расчетной проектной сейсмичности. По действующей карте сейсмического районирования Республики Армения [91], г. Ереван находится в третьей сейсмической зоне с максимальным горизонтальным ускорением грунтов 0.4 g, с ожидаемым землетрясением интенсивностью и более 9 баллов, по шкале MSK – 64.

Исследования З. Хлхатяна, с учетом требования строительных норм РА II - 6.02-2006, указывают, что в г. Ереване 31,2% зданий характеризуются высоко, 46,1% - средней степени сейсмически опасными и только 22,7 % являются практически безопасным. Естественно, при уточнении карт сейсмического районирования Армении эти соотношения претерпят изменениям не только для г. Еревана, но и для всей территории Армении.

2.5. О сеймотектонических карт Республики Армения

Одной из основ построения карт сейсмического районирования Армении является тектоническая (сеймотектоническая) карта. Об этом отмечалось неоднократно в первых параграфах данной работы. Именно глубинные тектонические разломные зоны, тектонические нарушения, особенно их пересечения (тектонические узлы) являются возможными, вероятными очагами землетрясений (ВОЗ). Ошибки, недоработки, игнорирование отдельных разломов, тектонических зон, приведут к искажению истинной ситуации и последующему неправильному истолкованию сейсмических процессов территории Армении. Ссылка на активность тектонических разломов с точки зрения сейсмичности, не имеет под собой оснований, о чем сказано неоднократно. Остановимся на данном вопросе еще раз, приводя многие факты.

На рис.2.13 приведена сеймотектоническая схема территории РА и прилегающих районов. Источником данной карты, для нас является электронная страница Агентства «Национальная служба сейсмической защиты» РА (по состоянию 25,05,2015г) [114]. Такое внимание к данному вопросу, продиктовано и неоднократным решением правительства РА о составление карт сейсмического районирования, сеймотектонический карт РА и др., с целью защиты населения от природных катастроф, катаклизм.

На представленной тектонической карте (схеме), отражена только Ереванская зона глубинного взброса, которая протягивается с запада на восток и юго-восток, а также Ахурянская - протягивающая с юга запада на севера восток. В южной части последнего взброса отражен Ахурянский разломом, хотя на схеме ВОЗ (вероятные очаги землетрясения) в работах многих авторов [116]. Установлений глубинный разлом протягивается с начала до конца территории Армении. Такие крупные зоны глубинных взбросов, как Ширак - г. Севан -

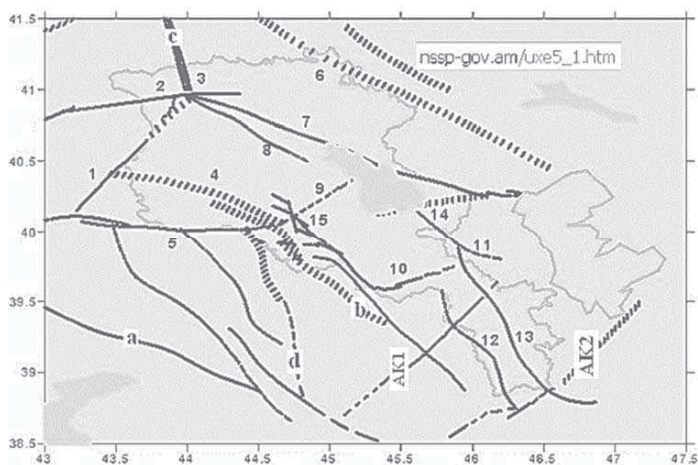


Рис. 2.13. Сеймотектоническая схема территории РА и прилегающих районов Агентство «Национальная служба сейсмической защиты-НССЗ». Изменение форм представления условных обозначений схемы, произведены Хачатряном Д. Условные обозначения тектонических разломов: а - установленные, б-глубинные, с-зоны растяжения и д-предполагаемые. 1- Ахурянский, 2-Сарикамиш-Желторечинский, 3-Джавахский, 4-Ереванская, 5-Араксинский, 6 -Близмалокавказской, 7- Памбакский, 8-Спитакский, 9-Азат-Севанский, 10-Вайкский, 11-Хонарасарский, 12-Ташгунский, 13-Хуступ-Гиратахский, 14.Сотский, 15-Гарни – Елпинский, АК1- Аренис-Сисянский (на территории Армении), АК2 - Маранд (Иран) – Оштабин (Иран)-Минджеван (обозначение с буквами АК добавлен Хачатряном Д.).

Мартуни – Зангезур и Базум – Севанский на данной схеме отсутствуют. Вместо данных зон глубинных нарушений, на карте проведены разломы, Спитакский под номером 8, Памбакский под номером 7 и Хонарасарский под номером 11. При этом, почему-то указанный под названием «Спитакский» в северо - западной части мигрировал к «спитакскому узлу тектонических нарушений». Спитакский разлом -8 от «тектонического узла Спитака», к центру постепенно расходится и западнее озеро Севана, почти совпадает с зонами глубинных взбросов и глубинных разломов определяющих границы Ширак - Севанского синклинория приведенного на рис.2.14 [75,144]. Западнее оз. Севана «Спитакский» затухает, а с восточной части оз. Севана берет начала Хонарасарский разлом, пересекаясь с Хуступ-Гиратахским разломом. Спитакский, Хонарасарский и Хуступ-Гиратахским разломы являются еденной глубинный зоной разлма, под различными названиями как Ширак - Зангезурский или Анкаван –Зангезурский



Рис. 2.14. Сейсмотектоническая схема Армении составленная А. Габриеляном, О. Саркисяном, Г. Симоняном (Саркисян, 1989). На карте нами добавлены надписи АК, акцентируя антикавказскую направленность глубинных разломов. АК1- Джавахский: Катнату (Грузия)-Гарнарич-(Шахик)-Ахурянское водохранилище-Арагацаван, а.Татул-Артени, б.Килитаси (Турция)-Вананд-Геташен. АК2-Айкацзор-Ахурянское водохранилище-Еразговор-Гарибджанян-Гюмри-Арапи-Овуни. АК3-Армавир-Маралик-Азатан-Ширак. АК4 - Ыгдыр (Турция) - Налбандян-Армавир-Артик-Ширакамут-Бавра. АК5- Налбандян-Армавир-Спитак-Степанаван-Сарчапет. АК6- Арарат-Спитак - Привольное. АК7-Артени-Севанский. АК8- Раздан - Севан, АК9-Ыгдыр (Турция)-Ереван- Норадуз-Красносельск. АК10-Азат-Норадуз-Красносельский. АК11- Арарат-Варденис (включая Варденис-Тартарский разлом). АК12-Арпа-Воротан, 13-Севлич-Дастакерт. АК14- Сваранц-Барцраван-Эйвазли. АК15-Вохчи. АК16- Личк - Зангелан.

[144]. Проблема трассирования на данной карте глубинных зон разломов или

глубинных разломов, очень важна с точки зрения сейсмического районирования территории, по следующим причинам.

- Глубинные зоны разломов обуславливают, становятся причиной возникновения глубинных разломов и возможно не одного в то время как глубинные разломы в данном случае, приводят к образованию глубинных зон разломов.
- Глубинные зоны разломов протягиваются 300-400 км, по всей территории Армении и за ее пределами, их ширина 40-50 км, глубина около 40 км (граница Мохо). Такие зоны становятся не возможными, а истинными очагами землетрясений. В то время как ширина глубинных разломов намного меньше. Глубина таких разломов может не доходить до таких глубин и охват объема ВОЗ намного меньше.
- Землетрясения обусловленные глубинными зонами разломов, охватывают большую площадь поражения, чем землетрясения от глубинными разломами.
- Расчленение Ширак – Севан - Зангезурской глубинной зоны разлома приводит к уменьшению пространства ВОЗ, следовательно, к уменьшению территорий сейсмичности на карте сейсмического районирования, в случае, если даже будут скорректированы оценки зон значений максимального ускорения грунтов.

Среди разломов антикавказского направления на карте приведены Азат-Севанский, Вайкский и добавленные нами названия АК1- Аренис - Сисянский (на территории Армении), АК2 - Маранд (Иран) – Оштабин (Иран) - Минджеван. В то время как на сеймотектонической схеме Армении составленной А. Габриеляном, О. Саркисяном, Г. Симоняном [144], нами выделены множество глубинных тектонических нарушений, имеющих антикавказскую направленность (рис. 2.13). Отметим главные из них: АК1- Джавахский : Катнату (Грузия)-Гарнарич-(Шахик)-Ахурянское водохранилище-Арагацаван, а.Татул-Артени, б.Килитаси (Турция)-Вананд-Геташен. АК2-Айкадзор-Ахурянское водохранилище-Еразговор-Гарибджанян-Гюмри-Арапи-Овуни. АК3-Армавир-Маралик-Азатан-Ширак. АК4 -Ыгдыр (Турция) - Налбандян-Армавир-Артик-Ширакамут-Бавра. АК5- Налбандян-Армавир-Спитак-Степанаван-Сарчапет. АК6- Арарат-Спитак – Привольное. АК7-Артени-Севанский. АК8- Раздан –

Севан, АК9-Ыгдыр (Турция)-Ереван- Норадуз -Красносельск. АК10-Азат-Норадуз-Красносельский. АК11-Арабат-Варденис (включая Варденис-Тартарский разлом). АК12 - Арпа-Воротан, 13-Севлич-Дастакерт. АК14-Сваранц-Барцраван-Эйвазли. АК15- Вохчи. АК16- Личк – Зангелан.

Наличие тектонических разломов антикавказского направления косвенно принимает и А.Т. Вегуни [16], который отмечает, что план тектонического развития области (Армении) в неогеновое и четвертичное время заметно отличается от плана палеогенового и более древнего времени- появляются наложенные деформационные зоны и структуры (рис. 2.15)



Рис. 2.15. Схема наложенных неоген – четвертичных прогибов по А.Т. Вегуни [16].

При анализе данной схемы, становится очевидным, что границы данных структур имеют антикавказскую направленность. Граница донеогеновой складчатости с Центральнo-Армянского неогено-четвертичного прогиба проходит и через поселения Налбанд-Аргавад-Джермахбюр, а с Айоцзорским по линии Садарак- Кашетах. Если учесть,

что тектонические прогибы связаны с тектоническими разломами, особых доказательств наличия по данным границам тектонических нарушений антиковказского направления не требуется.

Перечисленные глубинные разломы антикавказского направления, отмечены другими исследователями. Так разлом гора Арарат-Ереван-Раздан-Севан отмечены А.Т. Асланяном [4], а В.Р. Бойнагряном [7], как трансорогенный Агстев Разданский разлом. Данный разлом как достоверный активный разлом отмечены также С. Пирузяном и А. Асланяном, Э. Геодакяном и многими другими [5,14].

Наличие тектонического разлома по руслу реки Раздан (Арарат-Ереван-Раздан-Севан), подтверждает и Цахкадзорское землетрясение 1827 г с магнитудой 7, или с интенсивностью по шкале MSK-64 – от 9 до 10 баллов.

Упрощение сеймотектонической схемы территории РА и прилегающих районов Агентством «Национальная служба сейсмической защиты-НССЗ», вытекает и из публикации С. С. Арефьева (<http://earthquake.usgs.gov/>), где в частности отмечает ...«Спитакское землетрясение произошло в области сложной сеймотектонической обстановки, ... в пределах Севанского синклинория, Севано-Акеринской структурно-формационной зоны, очаг землетрясения оказался расположенным в нескольких разломных зонах, но основные подвижки происходили по вторичным разломам. Детальные исследования афтершоков, полученных из мировой системы сейсмологических наблюдений, позволили предложить ...наиболее реалистичной геодинамической модели очага. Очаг Спитакского землетрясения был образован сочленением, по крайней мере, двух крупнейших разломных зон - широтной Севано-Памбакской и диагональной Алаварской». Севане-Памбакский мы уже отмечали, а Алаварская диагональная разломная зона на официальной карте не отображена.

Отметим, что ни в одном источнике о землетрясениях 1827 г. кроме Цахкадзорского, не отмечено. На схеме ВОЗ рис. 2.17, ни одно землетрясение не оказывается вне зон тектонических нарушений. Поэтому правильное местоположение Цахкадзорское землетрясения 1827 г., с магнитудой 7, (интенсивность по шкале МСК-64 – от 9 до 10 баллов, [128], на вышеупомянутых схемах рис. 2.16 и рис.2.17, определили бы наличие Арарат-Ереван-Севанского антикавказского направления разлома. Эпицентр данного землетрясения, по всей вероятности находился на пересечение р. Раздан и притока Мармарик (рис. 2.18). По руслам рек Мармарик и Анкаван тоже проходят тектонические нарушения контролирующие рудоносность левобережного золоторудного месторождения Меградзор и медно - молибденового месторождения Анкаван. Анкаванский разлом отмечен на карте А. Асланяна и А. Вегуни [16]. Ереван – Раздан – Севанский разлом является важным, определяющим, фактором для сейсмического районирования Армении. Данный разлом в центре г. Еревана пересекает Паракар -Ереванский разлом, тем самым становится одним из опасных очагов возникновения землетрясения, а вблизи Арзакан пересекает разлом Артены-Аштарак-Арзакан - Раздан - Севан (рис. 2.14), вблизи г. Раздана еще и Мармарик Анкаванский разлом. На данном глубинном разломе находятся столица Армении Ереван, курорт Арзни, с одноименным поселком, поселок Бюреган, промышленный центр г. Раздан, г. Севан и десяток селений.

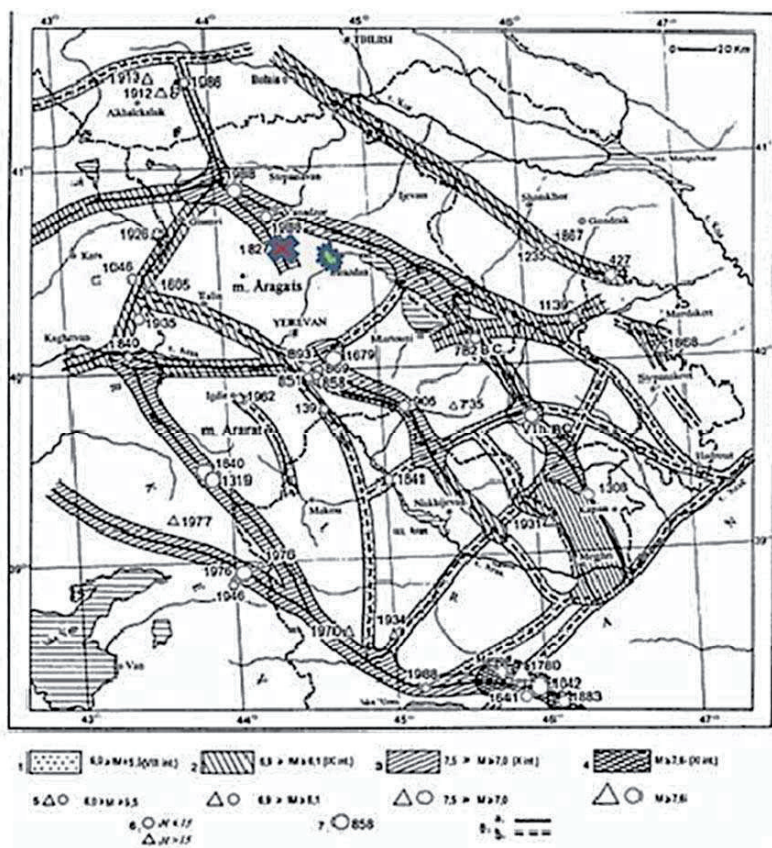


Рис. 2.16. Схема зон источников землетрясения (возможных очагов землетрясений) территории Армении и сопредельных районов [116]. На схеме Д. Хачатряном, со знаком X отмечено неправильное, Цахкадзорского землетрясения, а овалом правильное место. Условные обозначения на русском языке нами не приводятся, так как для дальнейшего изложения текста это не понадобится.

Как видно из анализа на сеймотектонической карте РА, зоны глубинных разломов и глубинные разломы антикавказского простирания, по какой - то причине отсутствуют. Об этом отмечено нами в 2012 г. [119], при анализе карт сейсмического [116,128,134] районирования РА, и карты активных разломов Армении, восточной Турции, севера - запада Ирана [128].

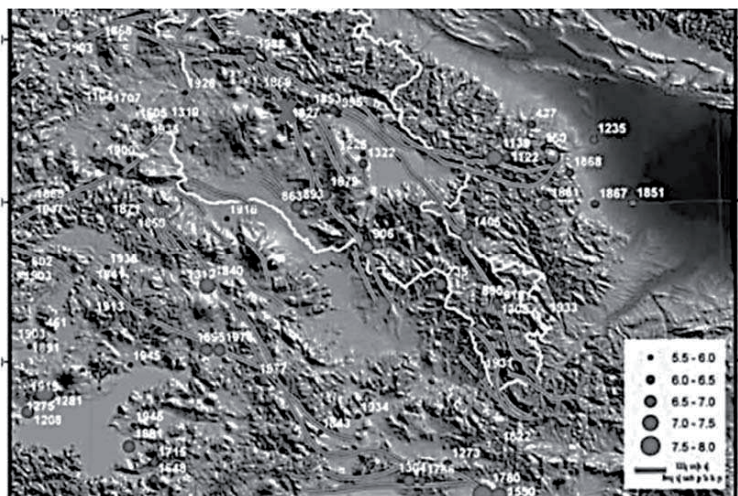


Рис. 2.17. Сеймотектоническая карта Армении и сопредельных районов с историческими землетрясениями (Аванесян, Аветисян МЧС pdf-Foxit Phantom). На схеме Д. Хачатряном со знаком умножения отмечено исправленное место Цахкадзорского землетрясения.



Рис. 2.18. Эпицентр и расположение поселка Цахкадзор. На рисунке ЭЦЗ-эпицентр Цахкадзорского землетрясения, расстояние между кружками 3,10 км соответствует пересечению р. Раздан с ее притоком Мармарик до центра поселения Цахкадзор. Расстояние 4,12 км от моста до восстановленного монастыря Кечарис, который разрушился от 1827 г. Землетрясения. Расстояние от Цахкадзора до неправильно определенного землетрясения (на карте отмечено знаком умножения), составляет 35-40 км. Во время землетрясения разрушился также церков Сурб Григор Лусаворич (1003-1033гг) Цахкадзора.

На рис.2.19 приведена карта активных разломов Армении, восточной Турции, севера - запада Ирана [128], с анализами выполненными Д. Хачатряном В. Апияном [119].

Поведения тектонических сдвигов, на карте рис. 2.19, нами рассматривались, как следствия действий зон глубинных тектонических нарушений. Если это верно, то направление смещения сдвигов, должно отражаться на соседних сдвигах,

находящихся на расстояние. Предположения доказывают приведенные нами трассировки, представленные линиями А, В, С, D, E, G, I, F. Данные трассировки на карте отражены на всех трех – BNТF, MF, SNF сдвигах и тектонических узлах, что свидетельствует о справедливости не только наших предположений, но и верности карты составленной А. Караханяном и др. Разнонаправленность смещений обусловлена современными сложными тектоническими процессами, связанными с горстовым поднятием вулканов Арарат. Из перечисленных глубинных тектонических разломов антикавказского направления трассировки А, В, С, D, E, G проходят через территорию Армении, являются Следует отметить, что данные трассировки соответствуют глубинными зон разломов, различных авторов. Так зона глубинного разлома G совпадает с предполагаемой зоной ВОЗ антикавказского направления (рис. 2.13) проходящей через г. Меранд (Иран) – южнее границы Армении (Мегри) – р. Аракс, а также с разломом проходящим по р. Аракс по границе Мегри - Иран (рис. 2.13).

Глубинная зона разлома кавказского простираия, проходящая с запада на восток, юга восток, по руслу реки Аракс, признана всеми исследователями. Она нами трассирован линией А, на карте рис. 2.19. Зона глубинного разлома В, С согласуется с разломом антикавказского простираия АК, проходящим восточнее г. Еревана и имеющим юга восток-северо-западное направление (рис. 2.14), выделенное А. Габриеляном, О. Саркисяном, Г. Симоняном, на основании линейных расположений вулканических центров, выходами термальных вод, эпицентрами землетрясений и т.д. Как видим, зоны тектонических разломов, тектонические разломы антикавказского простираия являются причинами сильных сейсмических сотрясений регионального масштаба с линейными размерами в тысячи км и более.

Обобщая можно констатировать, официально принятая сейсмотектоническая схема территории РА и прилегающих районов Агентство «Национальная служба сейсмической защиты», которая по всей вероятности станет основой очередной карты сейсмического района Армении имеет некоторые неточности, просчеты, в частности:

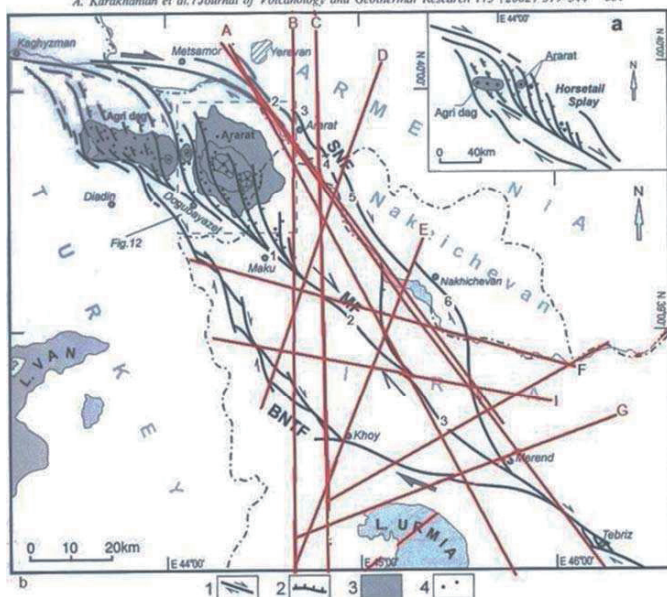


Рис. 2.19. Карта активных разломов Армении, восточной Турции, северо - запада Ирана (Karakhanyan, Trifanov, Philip, and others. 2002), с анализами выполненными нами. Условные обозначения: 1- сдвиги, 2- взброс, 3- вулканы Арарат, 4-паразитные вулканы. Тектонические сдвиги, обусловлены многочисленными глубинными разломами антикавказского направления В, С, D, E, G, I, F, модифицировано Д. Хачатряном.

- Нет сейсмогенных (активные) и несейсмогенных (пассивные) глубинных тектонических зон, глубинных разломов и разломов вообще (после этого тектонические разломы, или разломы).
- Предполагаемые разломы необходимо рассматривать как сейсмогенные.
- При рассмотрении вопроса о зоне возможных очагов землетрясения, все тектонические разломы необходимо принять, как очаги землетрясений, с максимальной обоснованной интенсивностью.
- На официальной принятой сеймотектонической схеме Армении необходимо добавить крупные зоны глубинных взбросов, как Ширак - г. Севан-Мартуни – Зангезур и Базум – Севанский с одноименными глубинными разломами и другие.

Тектонические разломы антикавказского простираения добавить, как сейсмогенные, которые контролируют новейший вулканизм в официально принятой сейсмотектоническую схему Армении,

На официальной принятой сейсмотектонической схеме Армении, необходимо добавить тектонические разломы, проходящие по руслам современных рек и палеорусел, особенно реки Раздан.

Проблема трассирование глубинных зон разломов или глубинных разломов, очень важна с точки зрения сейсмического районирования территории. В частности, остановимся на зонах с максимальными значениями ускорение грунтов меньше 0,2g (7 балльная зона по шкале MSK-64).

Зоны с максимальным значениями ускорение грунтов меньше 0,2g (7 балльная зона по шкале MSK-64), окрашенные светлым цветом, наблюдаются вблизи райцентра Баграмян Армавирского марза, Ноякерт – южнее с. Армаш Араратского марза, городов Горис – Капан, а также на северной части Армении, г. Алаверди (Лорисский марз - Берд (Тавушский марз).

Значения зоны с максимальными значениями ускорение грунтов меньше 0,2g (7 балльная зона по шкале MSK-64), вблизи райцентра Баграмян Армавирского марза, сильно занижена. Сразу отметим, что данная территория, на действующей схеме сейсмического районирования Армении (СН РА II - 6.02- 2006) - определена как третья зона с максимальным горизонтальным ускорением грунтов 0,4 g и ожидаемых землетрясений интенсивностью 9 и более баллов по шкале MSK-64.

- По северной границе данной зоны проходит Ереванская глубинная зона разлома, составленная самими авторами. Внутри зоны проходит глубинный разлом разными названиями: Октемберянский (рис. 2.14) [143] и SNF [128]. По югу проходит Араксинский, а с севера Ереванский (рис.2.13, НССЗ); Ыгдирская, глубинная зона и тектоническим нарушением (рис. 2.14, [144] и разветвление разлома MF (рис. 2.19, [128]. В данной зоне находятся многочисленные вулканические центры [11], а согласно карте новейшего вулканизма Армении [134] свыше десяти одиночных вулканов. Кроме того, переход от зоны 0,3 g сразу <0,2g, минуя зону 0,2 g недопустим. Ошибочность оценки данной зоны обосновано в работе [119].

- Значение территории Ноякерт – южнее с. Армаш Араратского марза, с максимальными значениями ускорение грунтов меньше 0,2g (7 балльная зона по шкале MSK-64) занижена, по следующим причинам:

По зоне проходит Араксинская глубинная зона разлома (рис.2.13, НССЗ); Октемберян-Нахиджеванская и Араксинская глубинные зоны разломов (рис. 2.14, [144]; разлом SNF (рис. 2.19, [128], и трассированная глубинная зона разлома антикавказского простираения по линии D [119]. глубинный разлом антикавказского направления АК 6 - Арарат-Вардавит, (рис. 2.14, [118]).

- Значение максимального горизонтального ускорение грунтов меньше 0,2g (7 балльная зона по шкале MSK-64), территорий между городами Горис – Капан Сюникского марза, тоже занижена. Непосредственно по южной границе зоны проходит Хуступ-Гиратахский разлом (рис.2.13, [114]; рис. 2.14, [144]; с запада по границе зоны проходит АК 7 Аревис – Сисянский разлом антикавказского простираения, а также Каджаран-Капанский разлом антикавказского простираения (рис. 2.14), [144]. О других зонах (зоны с максимальным горизонтальным ускорением грунтов 0,3 g; 0,4 g; 0,5 g) карты сейсмического районирования НССЗ, приведенной на рис. 2.8, не имеет смысла, так как нами уже указано отмечено о необоснованном, произвольном и довольно ошибочном подборе значений зон.

Нет районов неактивных или малоактивных с точки зрения сейсмичности, особенно в Армении, находящиеся в центральной части Альп - Гималайского сейсмического пояса. Территория Армении, а тем более отдельные районы, занимают мизерные проценты всей территории данного пояса. Важно отметить, что Горный Алтай, являющийся частью того же Альп - Гималайского сейсмического пояса, считался до последнего землетрясения (магнитудой 7,3) (2003 г) - слабоактивной сейсмичной зоной. Другой пример, о. Сахалин и многие другие.

2.6. О градации зон карт сейсмического районирования

Проблема сейсмического районирования региона и республики была еще при СССР, остается она и в настоящее время, как мы увидели на примере карты сейсмического районирования Армении. Аналогичная проблема есть и в Российской Федерации. В качестве примера рассмотрим «динамику развития»

карты сейсмического районирования о. Сахалин. Данный пример рассмотрен В.И. Уломовым [95], с точки зрения систематического изменения оценки сейсмической опасности на территории о. Сахалин, в нормативных документах общего сейсмического районирования (ОСР) 1957, 1962, 1968 и 1978 гг. (рис. 2.20).

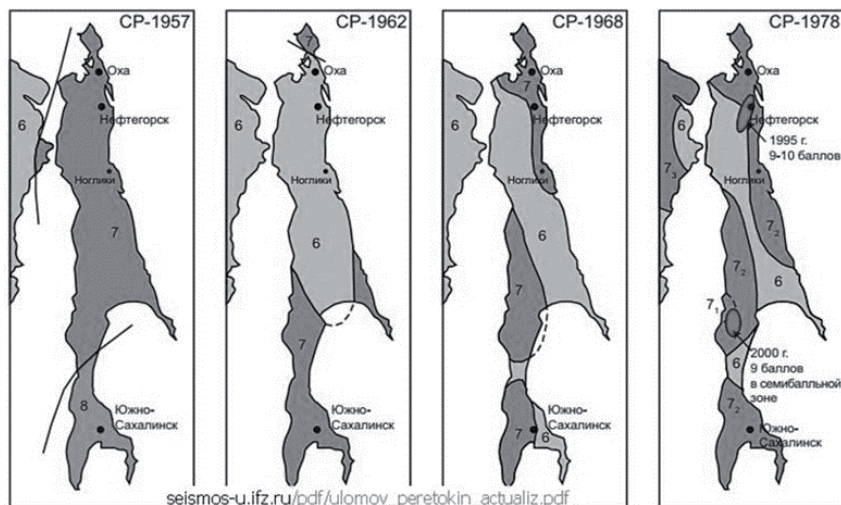


Рис. 2.20. Систематические изменения оценок сейсмической опасности о. Сахалин. Цифрами в сейсмических зонах указана их балльность [95].

Карта ОСР о. Сахалина изменялась неоднократно, вносились поправки в контуры территорий зон с интенсивностью ожидаемых землетрясений. Так, изменялись контуры интенсивности ожидаемых землетрясений - 7-8 (1957г), 6-7 (1968-1978 гг.) баллов по шкале по шкале MSK-64. Однако контуры и значения зон ожидаемых землетрясений от 8 до 10 баллов по шкале MSK-64, не вполне скорректированы даже после Нefтегорского землетрясения. Оно произошло ночью в 01:04 по местному времени, 28 мая 1995г. Магнитуда равнялась 7.6 (а по некоторым данным 7.1-7.2) по шкале Рихтера. Эпицентр находился на расстоянии 20-30 км в Охотском море. Это было самым мощным землетрясением с 1909 г. число жертв составило 2040, а раненых – 720 человек. Заведующий лабораторией института литосферы Георгий Кофф заявил, что удар стихии не выдержали именно те 17 крупноблочных домов, которые не были предназначены

для сейсмоопасных районов. В Нефтегорске дома рассыпались целиком, такого не было даже в Спитаке в 1988 году. Он предположил, что такие дома возводились с целью удешевления строительства [32]. Добавим, что разрушились 17 пятиэтажных 80-квартирных жилых дома, четыре двухэтажных кирпичных и крупноблочных дома, четыре детских сада, школа и другие сооружения. В тоже время 80 деревянных домов в поселке не получили повреждений выше первой степени и ни один из малоэтажных крупноблочных жилых домов практически не был поврежден. Город остался без медицинской помощи - участковая больница Нефтегорска была разрушена, погибли 30 врачей и медсестер [101]. Добавим, что по строительным нормам и правилами в сейсмических районах не запрещено строительство 2-х этажных, 5-и этажных крупноблочных и кирпичных домов.

Согласно нормативным документам, землетрясение интенсивностью 7 баллов в семибалльной зоне по шкале MSK-64 не должно было разрушить ни одно здание в Нефтегорске. Приведем описание шкалы семибалльной зоне в плане угрозой человеческой жизни или здоровья:

а) Большинство людей испуганы и выбегают из помещений. Многие с трудом удерживаются на ногах. Колебания отмечают водители автомашин. Звонят большие колокола. б) Во многих зданиях типа В (каркасные железобетонные здания, деревянные дома хорошей постройки) – повреждения 1-й степени (лёгкие: тонкие трещины в штукатурке и откалывание небольших кусков штукатурки;); **во многих зданиях типа Б (обычные кирпичные, здания крупноблочного и панельного типа, фахверковые строения, здания из естественного тесаного камня) – повреждения 2-й степени (умеренные: небольшие трещины в стенах, откалывание довольно больших кусков штукатурки, падение кровельных черепиц, трещины в дымовых трубах, падение частей дымовых труб);** **Во многих зданиях типа А (здания из рваного камня, сельские постройки, дома из кирпича-сырца, глинобитные дома) – повреждения 3-й степени (тяжелые: большие и глубокие трещины в стенах, падение дымовых труб); в отдельных зданиях этого типа – повреждения 4-й степени (разрушения: сквозные трещины и проломы в стенах, обрушение частей зданий, разрушение связей между отдельными частями зданий, обрушение внутренних стен и стен заполнения каркаса).**

Но уже в нормативном документе заложено, что в семибалльной зоне могут быть разрушения, обрушение частей зданий, разрушение связей между отдельными частями зданий, обрушение внутренних стен и стен заполнения каркаса. Такие разрушения приводят к гибели людей, потери имущества и др. Подчеркиваем в зданиях типа А.



[//www.google.ru/search?q=нефтегорск+землетрясение+фото&newwindow](http://www.google.ru/search?q=нефтегорск+землетрясение+фото&newwindow)

Рис. 2.21. Разрушенные и сохранные дома в Нefтегорске, Сахалин.

Правильное определение значения ожидаемой максимальной интенсивности землетрясения и качественное строительство помогло бы сохранить многие жизни. После землетрясения в Нefтегорске были составлены новые карты сейсмического районирования о. Сахалин (рис. 2.22), где опять фактически 10 - 11 балльная зона действующего ОСР -97 (2011), определена как девятибалльная, для грунтов основания второй (средней) категории. Еще раз напомним, магнитуда землетрясения Нefтегорска по официальным данным составила - 7,6. Более того, В.И. Уловым о. Сахалин отнесен к регионам с крупнейшими внутрикоровыми землетрясениями с магнитудой $M > 8$ [95]. Значение магнитуд 7,6 и больше 8, характеризуют ВОЗ, как 11 и 12 баллов по шкале MSK-64. После стольких аргументов включение зоны Нefтегорска в 9-балльную зону схем действующих ОСР о. Сахалина, даже в карте ОСР – А [80], ошибочно.

Имеются упущения и в проектных картах ОСР-2014 (рис. 2.23). В них контуры сейсмического районирования также не соответствуют тектоническим структурам, элементам. На картах ОСР-2014А и ОСР-2014С, западные участки острова, с относительно пониженными значениями сейсмичности, находятся непосредственно в зоне расхождения Охото-тихоокеанского мегагодинамического региона (рис. 2.24).

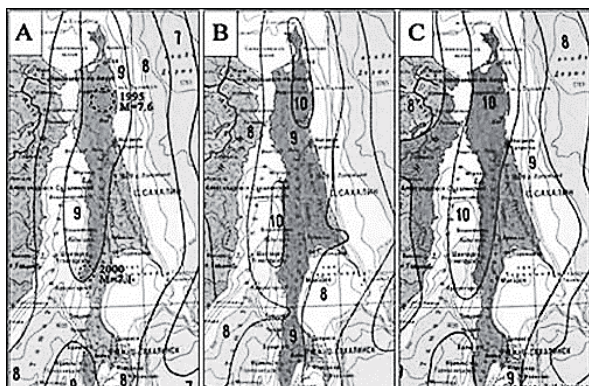


Рис. 2.22. Схемы действующих ОСР о. Сахалина (СНиП 11-7-81 (2011). Кругом на карте А обозначено место землетрясения 1995 г. Нefтегорска, оцененное 9-10 баллов. Цифрами в сейсмических зонах указаны их балльность [95].

Согласно данной схеме, на о. Сахалин действуют силы, обуславливающие перемещение тектонических плит: сжатие (схождение), растяжение (расхождение), трансформация. Не исключается возможность течением времени влияние явления субдукции. Именно силы сжатия и субдукции в процессе геологического развития острова определили господствующее вблизи меридионального направления тектонических структур и тектонических нарушений.

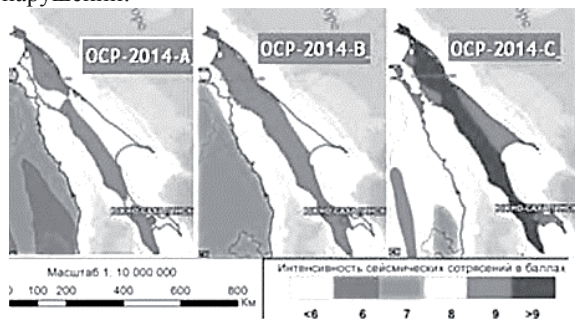


Рис.2.23. Общее сейсмическое районирование территории РФ, ОРС-2014(проект). Максимальная интенсивность сейсмических сотрясений (I, баллы), 10% вероятность (ОРС-2014А), 5% вероятность (ОРС-2014В) и 1% вероятность (ОРС-2014С) возможного превышения за 50 лет с периодом повторяемости 500, 1000 и 5000 лет

соответственно.

Согласно тектонической схеме Сахалина (рис.2.25), западные участки острова, с относительно пониженными значениями сейсмичности, являются частью Западно - Сахалинского антиклинория. Для расчленения антиклинория на различны в зоны нет оснований. На данной схеме, как единая тектоническая структура, выделяется и Центрально – Сахалинский синклиний, который

разграничен с соседними антиклинальными поднятиями установленными разломами. Расчленение Центральнo - Сахалинского синклинария, проведение границ зон различной интенсивности по сейсмичности малоубедительно.

На полуострове Терпимости, горные возвышения Терпимости соседствуют с Лунско-Венгерской и Пограничной депрессией. По полуострову проходят тектонические установленные и предполагаемые разломы. По нашему мнению, значения зон сейсмичности данной территории понижены.



Рис. 2.24. Охототихоокеанский мегадинамический регион [50]. Условные обозначения:

1 - границы сжатия или схождения, 2 - границы растяжения-расхождения, 3 - границы трансформации, 4 - зона субдукции, 5 - скорость перемещения плит, в мм/год, 6 - области горообразования.

Вблизи полуострова Терпимости проходит глубинный разлом. Вывод напрашивается один, вся территория о. Сахалин подвержена сейсмическим воздействиям свыше 9 и 10 баллов, по шкале MSK-64. Занижение значения приведет к трагическим последствиям сильнее Нефтегорска. Если исполнители данных карт исходили из того, что землетрясение в Нефтегорске не повторится в течении 500 лет, то они глубоко ошибаются. Еще больше вопросов возникает при анализе зон ожидаемых землетрясений. Как уже сказано, такие карты или схемы строят на основании анализа сеймотектонических карт. Термин сеймотектонический не вполне характеризует сейсmodинамические процессы регионы, мира. Карту и схему сейсмического районирования необходимо

строить на анализе тектонических карт или схем данного региона. На рис. 2.25 приведена тектоническая схема о. Сахалин, составленная еще 1955г [15]. Спустя более полувека основные черты данной схемы все еще сохранились. При анализе карт ОСР 1957, 1962, 1968, 1978 и 1997 (2011) становится очевидным, что при составлении зон данных карт не учитывались особенности тектонического и геоморфологического строения о. Сахалин. Многочисленные тектонические разломы пересекают весь остров, их ширина изменяется от 15 до 200 км.

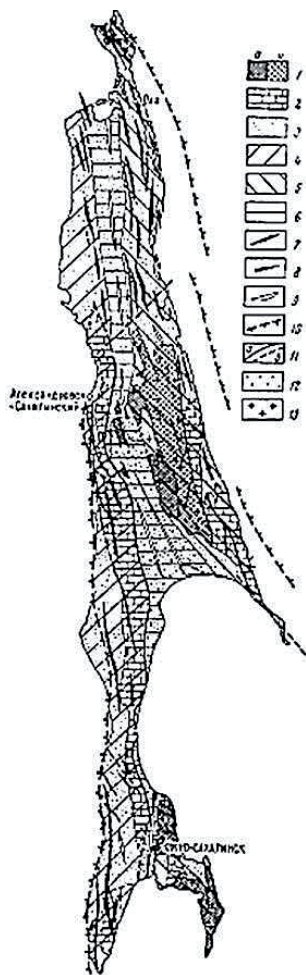


Рис. 2.25. Тектоническая схема Сахалина (по С.Н. Алексейчику, С. Д. Гальцеву-Безюку, В. С. Кавальчуку, А. Я. Табоякову, О. О. Шеремете, 1957 г. [15].

1 - консолидированный комплекс нижнего структурного яруса, переработанный кайнозойской складчатостью; а - преимущественно герциниды, б - преимущественно мезозойды (доверхномеловые); 2-комплекс пород слабо переработанны кайнозойской складчатостью; 3 - кайнозойды (верхний структурный ярус); 4 - Западно-Сахалинский антиклинорий; 5 - Восточно-Сахалинский антиклинорий; 6 - Центрально-Сахалинский синклинорий; 7 - основные антиклинальные зоны; 8 - антиклинальные поднятия типа структурных жосов; 9 - основные синклиналильные зоны; 10 - глубинные разломы; 11 - вторичные разрывы: а - установленные, б - предполагаемые; 12 - наложенные кайнозойские впадины с неглубокими залеганием консолидированных пород; 13 - средние массивы кайнозойской складчатости.

Расстояние между разломами, а также минимальное расстояние от центра острова к ближайшим береговым линиям, соизмеримо с расстояниями от эпицентра сейсмического события до экстремальных точек максимального изосейста. Принимая тектонические нарушения, как ВОЗ, территория о. Сахалин уже характеризуется, минимум как 10 балльная зона для грунтов средней категории.

Подчеркиваем, сейсмичность и тектоническое строение о. Сахалин тесно связано с Охото-тихоокеанским мегадинамическим регионом [50].

Современная революция в строительстве, а так же сохранившиеся до наших дней нерукотворные шедевры зодчества доказывают возможность безопасного строительства в зонах высокой сейсмичности. Примером служат многочисленные здания в высокосейсмичных районах Японии - Кобе и Токио, построены здания в 60 этажей Сан-Франциско США, а в Мехико (Мексика) строят здания по 35-45 этажей, которые сохраняются после землетрясения.

Заключение

Землетрясение – стихийное бедствие. Предотвратить его невозможно, так как оно является причиной глубинных процессов очередного этапа развития Земли. Однако необходимо быть готовыми к землетрясению, для того чтобы свести к минимуму гибель людей и ущерб от бедствия.

1. Составление карт сейсмического риска или общего сейсмического районирования необходимо для сейсмостойкого строительства, но ни в коем случае не следует карты считать нормативным документом, регламентирующим период повторяемости землетрясений какого-либо определенного периода.
2. Необходимо ужесточить требования по сейсмостойкому строительству. Нами предлагается за основу массового строительства зданий и сооружений в РФ, использовать ОСР -97В, а карту ОСР-97А для класса сооружений КС-1, пониженной ответственности (временные здания и сооружения), с сроком службы 10 лет и не менее 25 лет для сооружения, эксплуатируемого в условиях сильноагрессивных сред.
3. При составлении карт ОСР необходимо учитывать все факторы, приводящие к повышению сейсмичности территории региона, района, строительной площадки.
4. Ни в коем случае не способствовать созданию правового поля, приводящему к безнаказанному уменьшению сейсмостойкости зданий и сооружений.
5. Жизненной необходимостью является составление научно обоснованных карт общего сейсмического районирования территории Армении и о. Сахалина Российской Федерации.
6. При составлении карт ОСР зоны различной сейсмичности отделить друг от друга, как на карте “Global Seismic Hazard map”. Линии разграничения рассматриваются как “запрет” сейсмического события более высокой интенсивности, чем предусмотрено на карте.

Список использованной литературы

1. Антиклинальная складка. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: https://google.ru/ru.wikipedia.org/wiki/Антиклиналь#/media/File:NJ_Route_23_antiline.jpg
2. Аптикаев Ф.Ф. Проект национального стандарта «Российская сейсмическая шкала» [Электронный ресурс] - Режим доступа. - URL: http://ifz.ru/fileadmin/user_upload/.../2013/Aptikaev_SS_201311.pdf (дата обращения 14.06.2015)
3. Арефьев С. С., Аптектман Ж. Я., Афимкина Т. В. и др., Каталог афтершоков Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 г. //Изв. АН СССР. - Физика Земли, N11, М. 1991. с. 60-73.
4. Асланян А.Т. Региональная геология Армении. Изд. Айпетрат, Ереван, 1958.
5. Бабаджанян А.Г., Фиданян Ф.М., Оганисян А.О., Гаспарян Г.С. Методика и результаты построения трехмерной гравитационной модели земной коры территории Армении. Сборник научных трудов конференции, посвященной памяти А.Г. Бабаджаняна. Изд. Гитутюн, Гюмри, 1999, с.54-67.
6. Бобков С.Ф. Боярский В.М. и др. Основные факторы учёта пропускной способности гидроузлов при декларировании их безопасности. Гидротехническое строительство, 1999, №4, с.2-9.
7. Бойнагрян В.Р., Степанян В.Э., Хачатрян Д.А. и др. Оползни Армении. Издано при поддержке бюро ОБСЕ в Ереване. Ереван, 2009. 310 стр.
8. Верненское землетрясение. Словари и энциклопедии на Академике [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: http://dic.academic.ru/dic.nsf/brokgauz_efron/Вернонское), (дата обращения 14,08,2015).
9. Верненское землетрясение. 9 июня (29 мая) 1887 года, «Очерки истории Алматы». [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: <https://www.>

- google.ru /vernoye-almaty.kz/nature/1887_verny.sh.html (дата обращения 14.08.2015).
10. [В Японии вспоминают жертв разрушительного ...](http://www.google.ru/panorama.am/ru/society/2015/03/11/japan/)Режим доступа. - URL: <https://www.google.ru/panorama.am/ru/society/2015/03/11/japan/>
 11. Габриелян А.А., Адамян А.И, Акопян Б.Т., Арзуманян С.К., Вегуни А.Т., Саркисян О.А., Симонян Г.П. Тектоническая карта и карта интрузивных формаций строение Армянской ССР (с объяснительной запиской). Изд. “Митк”, Ереван, 1968, 73 с.
 12. Габриелян А.А., Назаретян С.Н., Оганесян Ш.С. Глубинные разломы территории Армении. Геодинамика Кавказа. Сборник научных трудов. Изд. “Наука”, М., 1989, стр.36-45.
 13. Газлийские землетрясения-[Электронный ресурс]. Режим доступа.- URL: https://google.ru/https://ru.wikipedia.org/wiki/Газлийские_землетрясения
 14. Геоакаян Э.Г., Оганесян С.М. Об активизации слабой сейсмичности центральной части Армении. Известия НАН РА, Науки о Земле, 2011, No 3, 27-29.
 15. Геология СССР. Том XXXIII. Остро в Сахалин. Геологическое описание. Редактор В. Н. Верещагин. М. Изд. «Недра», 1970, 432 с.
 16. Геология СССР. Том XLIII. Геологическое описание. Армянская ССР. Редактор А.Т. Асланян, соредактор А.Т.Вегуни. Недра, Москва, 1970 г.
 17. Годзиковская А.А. [Некоторые характеристики спитакского землетрясения.](https://www.google.ru/kscnet.ru/ivs/publication/whirlwinds/godsikovs.htm) [Электронный ресурс]. Режим доступа. URL:<https://www.google.ru/kscnet.ru/ivs/publication/whirlwinds/godsikovs.htm>
 18. Горкин А. П. География Современная иллюстрированная энциклопедия «Росмэн», изд. Росмэн-пресс, м.;2006.
 19. [Горшков Г.П., Якушова А.Ф. Общая геология. Глава 14.](https://www.google.ru/popular.geo.web.ru/materials/library/yakush/capt_14.htm) URL:https://www.google.ru/popular.geo.web.ru/materials/library/yakush/capt_14.htm

20. [Графики earthquake ground motion](https://google.ru/image/slidesharecdn.com/1-eeripresentation-kramer-130304132331-php) Режим доступа. - URL: <https://google.ru/image/slidesharecdn.com/1-eeripresentation-kramer-130304132331-php>
21. Гусев А.А. О необходимости корректировки документов, регламентирующих антисейсмические меры в СССР. Труды ИФЗ, Комплексная оценка сейсмической опасности, вопросы инженерной сейсмологии. Вып. 32. М., «Наука», 1991, стр.147-161.
22. Заключение к “Пояснительная записка и карта СМР М 1:25 000 г. Еревана. Пирузян С. (ИГИС, АН.РА), 1991. Г.П. Симонян, С.А. Саркисян и др. ЕГУ, Ереван, 1992.
23. Землетрясение. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: <https://google.ru/Землетрясение - ForexAW.comforexaw.com> > ... > Потрясения и катаклизмы > Стихийные бедствия.
24. [Землетрясения - Горная энциклопедия](https://google.ru/mining-enc.ru/z/zemletryaseniya/) [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: <https://google.ru/mining-enc.ru/z/zemletryaseniya/>
25. [Землетрясения в Алма-Ате](https://google.ru/ru.wikipedia.org/wiki/Землетрясения_в_Алма-Ате). [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: https://google.ru/ru.wikipedia.org/wiki/Землетрясения_в_Алма-Ате
26. Землетрясение в Баме 2003г. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: https://www.google.ru/ru.wikipedia.org/wiki/Землетрясение_в_Баме_в_2003_год (дата обращения 22.04.2012).
27. Землетрясение в Белуджистане (2013). [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: [https://google.ru/ru.wikipedia.org/wiki/Землетрясение_в_Белуджистане_\(2013\)](https://google.ru/ru.wikipedia.org/wiki/Землетрясение_в_Белуджистане_(2013)).
28. Землетрясение в Заранде, Иран 2005 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: https://google.ru/en.wikipedia.org/wiki/2005_Zarand_earthquake (дата обращения 26.06.2015).
29. Землетрясение в Кобе, Япония [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL https://ru.wikipedia.org/wiki/Землетрясение_в_Кобе (дата обращения 22.04.2014).

30. [Землетрясение в Лома-Приете](https://www.google.ru//ru.wikipedia.org/wiki/Землетрясение_в_Лома-Приета). [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL:[https://www.google.ru//ru.wikipedia.org/wiki/Землетрясение в Лома-Приета](https://www.google.ru//ru.wikipedia.org/wiki/Землетрясение_в_Лома-Приета) (дата обращения 22.04.2015).
31. Землетрясения в Непале (2015). [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL:[https://www.google.ru//ru.wikipedia.org/wiki/Землетрясения в Непале \(2015\)](https://www.google.ru//ru.wikipedia.org/wiki/Землетрясения_в_Непале_(2015)) (дата обращения 22.04.2015).
32. Землетрясение в Нефтегорске, о. Сахалин 1995 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL:[https://www.google.ru//ru.wikipedia.org/wiki/Землетрясение, нефтегорске, о сахалин](https://www.google.ru//ru.wikipedia.org/wiki/Землетрясение_в_Нефтегорске,_о._Сахалин_1995_г) (дата обращения 11.04.2011).
33. Землетрясение в Сан-Франциско 1906 года. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL:[https://www.google.ru//ru.wikipedia.org/wiki/Землетрясение в Сан-Франциско в 1906 год](https://www.google.ru//ru.wikipedia.org/wiki/Землетрясение_в_Сан-Франциско_в_1906_год) (дата обращения 22.04.2012).
34. Землетрясение в Сычуани, 2008г. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL:[https://www.google.ru//ru.wikipedia.org/wiki/Землетрясение в Сычуани в 2008 год](https://www.google.ru//ru.wikipedia.org/wiki/Землетрясение_в_Сычуани_в_2008_год) (дата обращения 22.04.2012).
35. Землетрясение в Сычуани, 2013г. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL:[https://www.google.ru.wikipedia.org/wiki/Землетрясение в Сычуани в 2013 год](https://www.google.ru.wikipedia.org/wiki/Землетрясение_в_Сычуани_в_2013_год) (дата обращения 22.04.2015).
36. Землетрясение в Турции (2011) [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL:[https://google.ru//ru.wikipedia.org/wiki/Землетрясение в Турции \(2011\)](https://google.ru//ru.wikipedia.org/wiki/Землетрясение_в_Турции_(2011)).
37. [Землетрясение | Всё не просто так](https://google.ru//vseneprostotak.ru/jenciklopedija/zemletrjasenie). [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL:<https://google.ru//vseneprostotak.ru/jenciklopedija/zemletrjasenie>
38. Землетрясение в Японии. [Электронный ресурс]. Режим доступа.- URL [https://ru.wikipedia.org/wiki/Землетрясение в Японии \(2011\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Землетрясение_в_Японии_(2011)).
39. Землетрясение и цунами в Японии с 11/03/ 2011[Электронный ресурс]. Режим доступа. [https://www.Google.ru//Землетрясение и цунами в Японии с 11/03/ 2011](https://www.Google.ru//Землетрясение_и_цунами_в_Японии_с_11/03/2011)

40. Землетрясение. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: https://google.ru/glossary.ru/cgi-bin/gl_sch2.cgi?RHlsrlyw9xlto9
41. Землетрясение - Культура безопасности - МЧС России. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: https://google.ru/culture.mchs.gov.ru/rules/emergencies_of_natural_origin/earthqua...
42. Злобин Т. К. «Геодинамические процессы и природные катастрофы. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL <http://www.google.ru/pdf-Adobe-Acrobat-DC>”.
43. Карапетян А.Н., Карапетян Б.Н., Симонян Г.П., Хачян Э.Е. Новая карта сейсмического районирования территории Армении. Известия НАН РА. Наука о Земле, 1995, XLVIII, No1, с.26-32.
44. Карьев Б.С. Вот пришло землетрясение. SIBIS. 2009-2015. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: <https://google.ru/books/books?id=HQGelwDF1m0C>.
45. Карта последних землетрясений в мире - ГИС-Ассоциация. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL <http://www.google.ru/gisa.ru/68102.html>.
46. Карта сейсмического районирования Армении. [Электронный ресурс]- Режим доступа.- URL: http://nssp.gov.am/hazard_eng.htm (дата обращения 26.05.2015).
47. Картины Спитакского 1988 г землетрясения. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: <https://google.ru/Картины-Спитакского-1988-г-землетрясения>.
48. Крупнейшие землетрясения в Гималаях XX и XXI веков. Хронология. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL <http://www.google.ru/www.newsjs.com/url.php?p=http://tass.ru/info/1933818> (дата обращения 19.01.2015).
49. Кузнецов В.В. К вопросу о физике землетрясения. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: <https://www.google.ru/vvkuz.ru/books/fzft.pdf>, (дата обращения 21.08.2015).

50. Курило-камчатский желоб на карте. URL: <https://google.ru/search?q=курило-камчатский+желоб+карта...>
51. Литовченко И.Н. О сильных и разрушительных землетрясениях в некоторых сейсмоактивных регионах Земли и механизмы их возникновения. [Электронный ресурс]. [Обзор сильных и разрушительных землетрясений Земли](#). Режим доступа. - URL: <https://google.ru/sciteclibrary.ru/texts/rus/analit/an4241.pdf>
52. Магнитуда землетрясения [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: https://google.ru/ru.wikipedia.org/wiki/Магнитуда_землетрясения.
53. Магнитуда землетрясения [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: <https://google.ru/isas.uzsci.net/magnit.html>
54. Максимович Г. А. К характеристике сейсмических явлений в Пермской области // Изв. ВГО. 1943. Т. XXV. Вып. 4. С. 8–15.
55. Малик Л.К. Чрезвычайные ситуации связанные с гидротехническим строительством. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: http://www.google.ru/solex-un.ru/sites/solex-un/files/review-page/files/bezopasnost_vkk-malik.doc
56. Межгосударственный стандарт ГОСТ 27751-1988. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету. Москва, Стандартинформ, 2007.
57. Межгосударственный стандарт ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. Москва, Стандартинформ, 2015.
58. Методические основы инженерно-геологических, гидрогеологических и сейсмических изысканий в зоне бедствия Армянской ССР. Руководитель группы экспертов Совмина СССР Г. Л. Кофф. Ереван, 1989, 160 стр.
59. Научные публикации проф. В.И. Уломова, персональный сайт, "Внимание! Землетрясение!" Картографическая база данных по оценке и районированию сейсмической опасности, сейсмическое районирование СССР – ОСП 78 [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: <https://google.ru/seismos-u.ifz.ru/maps/OCP-1978.rar>

60. Нурмагамбетов А. Сейсмическая история Аматы. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: <http://www.google.ru/kndc.kz/kndc/docs/earthquakes/chilik.pdf>
61. Нурмагамбетов А. Сейсмическая история Аматы. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: <http://www.google.ru/kndc.kz/kndc/docs/earthquakes/kemin.pdf>
62. Нурмагамбетов А. Сейсмическая история Аматы. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: <http://www.google.ru/kndc.kz/kndc/docs/earthquakes/verniy.pdf>
63. Озорство Аида - Атомный эксперт. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: <https://google.ru/atomicexpert.com/content/ozorstvo-aida>
64. Омар Х.М., Арефьев Ю.Л., Ребецкий С.С. Механизмы афтершоков 2004-2005 гг. и напряженное состояние очаговой области Алтайского землетрясения 2003 г. Геофизические исследования, том 13, № 3, с.56-73 56 М.; 2012.
65. Основные характеристики землетрясений. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: [https://google.ru/\(http://sosny.bas-net.by/wp-content/uploads/2012/09/bul_2011_1_2.pdf](https://google.ru/(http://sosny.bas-net.by/wp-content/uploads/2012/09/bul_2011_1_2.pdf)
66. Пояснительная записка и карта СМР М 1:25 000 г. Еревана. Пирузян С. (ИГИС, АН.РА), 1991.
67. Предвестники землетрясений. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: <https://google.ru/agps-mipb.ru/index.php/2011-01-08-07-37-51/374-2-predvestniki-zeml..>
68. Происхождения Сарезского озера [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: https://google.ru/ru.wikipedia.org/wiki/Сарезское_озеро
69. Разработан принципиальный механизм предсказания ... [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: https://google.ru/gazeta.ru/science/2009/12/03_a_3294038.shtml

70. РIANовости 2011. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: https://google.ru/rianovosti/2011.oko_planeta.su/spravka/spravkawweather/81597-krupneyshiye-zemletryaseniya-v-mire.html
71. РИА Новости. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: <https://google.ru/ria.ru/world/20141127/1035475142.html#ixzz3vEVYREFk>
72. Рогожин Е. А. Тектоника очаговых зон сильных землетрясений Северной Евразии конца XX столетия // Росс. Жур. Наук о Земле. М.Т.2, №1, 2000. <http://elpub.wdcb.ru/journals/rjes/rus/v02/rje99029/.htm>
73. Рогожин Е.А. Сильнейшие сейсмические события 2003 года. Наука о Земле. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: https://google.ru/csr.spbu.ru/pub/RFBR_publications/articles/geosciences/2005/sil'neyshie_seysmicheskie_sobitiya_2003_05_geo.pdf.
74. Саркисян О.А. Палеоген Севано - Ширакского синклиниория 1966. Изд. «Митк», 1966, 180 стр.
75. Саркисян О.А. Тектоническая карта Арм. ССР 1968, Изд. "Митк", 1968, 75 стр.
76. Саркисян О.А. Сейсмотектоника Армянской ССР, Изд. ЕГУ, 1981, 300 стр.
77. Саркисян О.А., Симонян Г.П. Сейсмотектоническая карта Араратского сеймопрогностического полигона. Ученые записки ЕГУ, Естественные науки, No2, 1987. стр. 143-147.
78. Саркисян О.А., Симонян Г.П. Сейсмотектоника среднеараксинского межгорного прогиба и смежных районов Армении. Геодинамика Кавказа. Сборник научных трудов. Изд. "Наука", М., 1989, с.156-165.
79. Свод правил по инженерно-геологическим изысканиям для строительства СП 11-105-97, ч.1, ч.2, ч.3.
80. Свод правил. Строительство в сейсмических районах – СП 14.1330-2014.
81. Сейсмическая волна. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: https://google.ru/ru.wikipedia.org/wiki/Сейсмическая_волна

82. Сейсмология и сейсмические методы. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: <https://google.ru/geokniga.org/sites/geokniga/files/inbox/5226/9.pdf>
83. Складчатые формы залегания слоев. URL: <https://google.ru/mgrt.info/wp-content/uploads/eor/7.pptx>
84. СН 8-57: Нормы и правила строительства в ... [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: https://google.ru/standartgost.ru/g/CH_8-57
85. СНиП II-A.12-62 Строительство в сейсмических районах ... [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: <https://google.ru/meganorm.ru/Data2/1/4293794/4293794004.pdf>
86. СНиП II-A.12-69* Строительство в сейсмических районах ... [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: <https://google.ru/docs.cntd.ru/document/1200061715>
87. Спитакское землетрясение, Армения. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: https://google.ru/ru.wikipedia.org/wiki/Спитакское_землетрясение
88. Споры вокруг "сейсмического роя" [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: <https://google.ru/utro.ru/news/2007/12/24/704140.shtml>
89. Степанян В.Э., Азарян С.Н. Прогноз последствий землетрясений в задачах спасения населения. Ереван, 2002, 389 стр.
90. Степанян В.Э. Управление рисками возникновения природно-техногенных чрезвычайных ситуаций и предупреждение возможных негативных последствий в Армении" Молдовия, ИОСС Пресс. 2007
91. Строительные нормы Республики Армения (на армянском языке), Министерство градостроительства Республики Армения. Ереван, РА, 2006г., 50 стр.
92. Тектоника плит. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: https://google.ru/ru.wikipedia.org/wiki/Тектоника_плит

93. [Тихоокеанское огненное кольцо на контурной карте](https://google.ru/mail.artdani.ru/tihookeanskoe-ognennoe-kolco-na-konturnoy-karte.html). [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: <https://google.ru/mail.artdani.ru/tihookeanskoe-ognennoe-kolco-na-konturnoy-karte.html>
94. Уломов, В.И. Сейсמודинамика и сеймическое районирование северной Евразии. Вестник ОГГТИ РАН, No 1(7) 99, 1999г. Foxit Phantom-[ulomov.pdf].
95. Уломов В.И. 1976 -1990 гг. От Газлийских землетрясений до катастрофы в ..[Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: <http://www.google.ru/seismos-u.ifz.ru/personal/1976-1990.htm> (дата обращения 22,04,2009).
96. Уломов В.И., Перетокин С.А. Об актуализации нормативных карт сейсмического районирования территории Российской Федерации, Инженерные изыскания, No1, 2010 М., стр. 44-54.
97. Уломов В.И., Перетокин С.А., Медведева Н.С., Акатова К.Н., Данилова Т.И. Сейсмологические аспекты общего сейсмического районирования территории Российской Федерации. Вопросы инженерной сейсмологии. Т.41, № 4. 2014. С.5 –24.
98. Уточнение карты СМР г. Еревана. Арминжпроект, 1991. В 7-и книгах и 2 папок графического материала. Фонды Арминжпроекта. Ереван.
99. Федотов С.А., Соломатин А.В., Чернышев С.Д. Долгосрочный сейсмический прогноз для Курило - Камчатской дуги и обеспечение мер по сейсмо безопасности. URL: <http://www.google.ru/курило-камчатск-прогноз.pdf>.-Foxit Phantom-[курило-камчатск прогноз.pdf]
100. Форшок землетрясения. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: <https://google.ru/org/wiki/Форшок>.
101. [Характеристика землетрясений | Медицинский журнал](https://www.google.ru/prizvanie.su/?p=2032) Режим доступа. - URL: <https://www.google.ru/prizvanie.su/?p=2032>.
[Характеристика землетрясений | Медицинский журнал](https://www.google.ru/prizvanie.su) [prizvanie.su](https://www.google.ru/prizvanie.su) › Интернету + › Экстремальная медицина)
102. Хачатрян Д.А., Федотов А.П. О карте сейсмического районирования Республики Армения. Интернаука, Научная дискуссия: Инновации в современном мире. Сборник статей по материалам XLII

- международной заочной научно-практической конференции, No 8 (38), август 2015г. М.; 2015, стр.27-34.
103. Хачатрян Д.А., Федотов А.П., Хачатрян В.Д. О повторяемости и вероятностного подхода сейсмического события. Интернаука, Научная дискуссия: Инновации в современном мире. Сборник статей по материалам XLII международной заочной научно-практической конференции, No 10 (41), октябрь 2015г. М.; 2015, стр.15-21.
104. Чиликское землетрясение, [Природные катастрофы: землетрясения - Чиликское ...](https://google.ru/epicentrum.ru/kazah.php) [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL:https://google.ru/epicentrum.ru/kazah.php
105. Шерифф Р. Е. Англо-русский энциклопедический словарь терминов разведочной геофизики. М.; Недра, 1984, 351стр.
106. Шестопёров В.Г. "Сейсмическое микрорайонирование участков строительства мостов. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: <https://google.ru/dissercat.com/.../seismicheskoe-mikroraionirovanie-uchastkov-stroi..>
107. Шкала интенсивности землетрясений Меркалли [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL:https://google.ru//ru.wikipedia.org/wiki/Шкала_Меркалли
108. Шкала Медведева–Шпонхойера–Карника (MSK-64). [Электронный ресурс]- Режим доступа. URL:https:// ru.wikipedia.org/.../Шкала_Медведева_—_Шпонхойера_—_Ка..., unesdoc.unesco.org/images/.../154508eb.pdf.
109. Сейсмическое районирование территории России. [Электронный ресурс]- Режим доступа. - URL:https:// google.ru// Сейсмическое районирование территории России. Под рук. профф. Уломова В.И. Москва, 2000г.
110. Эпицентр, гипоцентр землетрясений на картинках. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL:https://google.ru//[Землетрясение - ForexAW.com](https://forexaw.com) forexaw.com › ... › Потрясения и катаклизмы › Стихийные бедствия.

111. Японская шкала интенсивности землетрясений [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: [https://google.ru/Японская шкала интенсивности землетрясений \(JMA ...earth-intumesces.netnotebook.net/.../jma_seismic_intensity_unit_12point](https://google.ru/Японская_шкала_интенсивности_землетрясений_(JMA_...earth-intumesces.netnotebook.net/.../jma_seismic_intensity_unit_12point).
112. Avagyan A.A. Risk management of natural and man made processes-the basis of population and territorial protection in the Republic of Armenia. Risk Assisment as a Basis for the Forecast and Prevention of Catastrophies. I. Apostol and et al. (Eds). IOS Press 2008.
113. [Advanced Soil Dynamics and Earthquake Engineering ...](#) [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: https://google.ru/books.google.com/books/.../Advanced_S... –
114. Armenian National Survey for Seismic Protection. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: <https://www.google.ru/nssp-gov.am/risk.htm> (дата обращения 09.07.2015).
115. Balassanian S.Yu., Manukian A.V.: Seismic risk on the territory of the city of Yerevan, Armenia, Issues in Urban Earthquake Risk, Kluwer Academic Publishers, NATO ASI Series, Series E: Applied Sciences, 1994, Vol.271, pp. 167-182. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: <https://google.ru/link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-94-015-8338-1.pdf>
116. Balassanian S., Nazaretian S., Avanessian A. al. The New Seismic Zonation Map for the Territory of Armenia. Natural Hazards 15, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 1997, 231-249pp.
117. Behrooz Tavakoli and Mohsen Ghafory-Ashtiany Seismic hazard assessment of Iran. Annali di Geofisica, vol. 42, N.6, December 1999. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: <https://google.ru/annalsofgeophysics.eu/index.php/.../3845>
118. Berberian M. Seisnic sources of the transcaucasian historical earthquakes. Historical and Prehistorical Eathquakes in Caucasus. Kluwer Academic Publisher, 1997, (<http://en.wikipedia.org/wiki/Manuel-Berbreian>).

119. Dimitri A. Khachatryan, Vahe H. Apikyan Some problems of seismic zoning and the sustainable development of construction in Armenia. Of the International scientific Readings “Witte Nights-2012”, 2012, Ukraine, 530-539pp.
120. Dynamic Planet [Plate boundary types and fault types illustration - USGS](#) (Illustration by Jose F. Vigil) [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL:[https:// google.ru/pubs.usgs.gov/gip/earthq1 /plate.html](https://google.ru/pubs.usgs.gov/gip/earthq1/plate.html)
121. [Earthquake Hazards Program](#), [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL:http:https://google.ru/earthquake.usgs.gov/earthquakes/states/events/1892_02_24.pdf, (дата обращения 06.06.2015).
122. Earthquake Survivor. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL:<https://google.ru/ebhsearthscience.wikispaces.com/Earthquake+Survivor>
123. Earthquake swarm. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: https://google.ru/en.wikipedia.org/wiki/Earthquake_swarm
124. European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98) Editor G. Grünthal [Электронный ресурс]. Режим доступа. -URL: http:https://www.google.ru/franceseisme.fr/EMS98_Original_english.pdf
125. D. Glardani, G.Grunthal, K.Shaniock, P. Zhang, «Global Seismic Hazard» map. Global Global Seismic Hazard Assesiment Program, 1999. Annali di Geofisica.The Global Seismic Hazards Assissment Programm (GSHAP) 1992-1998. Volumen 42, No6, Disember, 1999.
126. Global Seismic Hazard Assessment Program [Электронный ресурс]. Режим доступа. -URL:<https://www.google.ru/seismo.ethz.ch/static/GSHAP> (дата обращения 11.02.2011).
127. Juan de fuca Plata. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL:[https:// google.ru/en.wikipedia.org/wiki/File: Juan_de_fuca_plate.png](https:// google.ru/en.wikipedia.org/wiki/File:Juan_de_fuca_plate.png)
128. Karakhanyan A., Trifanov V., Philip.H., and oters. Activ faults and Natural Hazards in Armenia, Eastern Turkey and North-western Iran. Jurnal of Volcanology and Geothermal Research No 113, 2002, p.319-344.

129. [Kei Katsumata](#), [Minoru Kasahara](#), [Masayoshi Ichiyanagi](#), [Masayuki Kikuchi](#), [Rak-Se Sen](#), [Chun-Un Kim](#), [Alexei Ivaschenko](#) and [Ruben Tatevossian](#) The 27 May 1995 Ms 7.6 Northern Sakhalin Earthquake: An Earthquake on an Uncertain Plate Boundary. Bulletin of the Seismological Society of America doi: 10.1785/0120020175v. 94 no. 1 p. 117-130.
130. Khlgatyan Z. The Project for Seismic Risk Assessment and Risk Management Plan in the Yerevan City of the Republic of Armenia. OYO International Corporation Building Sampling Survey, “Seismanakhagits”, Yerevan-2011, 50p.
131. Magnitude / Intensity Comparison [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: [https:// google.ru/ earthquake.usgs.gov/learn /topics/mag_vs_int.php](https://google.ru/earthquake.usgs.gov/learn/topics/mag_vs_int.php)
132. Mark D. Petersen, William A. Bryant, Chris H. Cramer, et al. [OFR 96-08 - Department of Conservation - State of California](#). [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: <https://google.ru/conservation.ca.gov/cgs/rghm/.../ofr9608>
133. Mehdi Zare. Bam, Iran Earthquake of 26 december 2003, Mw6.5; a studyon the strong ground motions. 13th World Conference on Earthquake Engineering Vancouver, B.C., Canada August 1-6, 2004 Paper No. 8001. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: [https://google.ru /iitk.ac. in/nicee/ wcee/article/13_8001.pdf](https://google.ru/iitk.ac.in/nicee/wcee/article/13_8001.pdf)
134. National Atlas of Armenia. “The Geodeezy and Kartography” JGO.Yerevan, Armenia, 2007.
135. Neda Zangeneh, Erik Eberhardt, R. Marc Bustin and Amanda Bustin . A Numerical Investigation of Fault Slip Triggered by Hydraulic Fracturing [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL: [https:// google.ru/ .intechopen.com/books/effective-and-sustainable...](https://google.ru/intechopen.com/books/effective-and-sustainable...)
136. Peak ground acceleration. Режим доступа. -URL: [http:https://www. google.ru/en.wikipedia.org/wiki/Peak_ground_acceleration](http://www.google.ru/en.wikipedia.org/wiki/Peak_ground_acceleration)
137. Petrosyan R.M. “Huys”-a New Automated Sistem for Current Seismic Hazard Assessment. Stimulus for human and Societal Dynamics in the

- Prevention of Catastrophes. Proceedings of the Advanced Research Workshop. Yerevan, Armenia. IOSS Press.Netherlands.2011, p.144-150.
138. Sergey V.Balasanyan, Avetis R. Arakelyan et al. Retrospective analysis of the Spitak earthquake. Annali di geofisica. Vol. XXXVIII, No 3-4, September-October1995. 345-372pp.
 139. The Modified Mercalli Intensity Scale [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL:<https://www.google.ru/earthquake.usgs.gov/learn/topics/mercalli.php>
 140. The 2010 Baja California earthquake [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL:https://google.ru/en.wikipedia.org/wiki/2010_Baja_California_earthquake (дата обращения 26.06.2015).
 141. The 1934 Nepal-Bihar earthquake. [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL:https://www.google.ru/en.wikipedia.org/.../1934_Nepal-Bihar_ (дата обращения 11.09.2015).
 142. Ursache von Erdbeben [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL:https://google.ru/www.seismo.ethz.ch/eq_swiss/Ursache_Erdbeben/index
 143. Ավանեսյան Ա., Առաքելյան Ա., Մելիքսեթյան Ա. Ուժեղ երկրաշարժերի ազդեցությունը շրջակա միջավայրի վրա: ԵՀԱԿ: [Электронный ресурс]. Режим доступа. - URL:[https://www.google.am/Foxit Phantom-\[ABAHBCЯHABETICЯHMHЧC.pdf\]](https://www.google.am/Foxit%20Phantom-ABAHBCЯHABETICЯHMHЧC.pdf):
 144. [Սարգսյան Հ.Հ.](#) Հայաստանի ռեգիոնալ երկրատեկտոնիկա, ԵՊՀ հրատ., 1989, 300 էջ.
 145. Խաչիյան Է. Ե. Կիրառական երկրաշարժագիտություն, Երևան: ՀՀ ԳԱԱ «Գիտություն» հրատ., 2001, 320 էջ:
 146. Հայաստանի ազգայի ատլաս. "Գեոդեզիայի և քարտեզագրության կենտրոն" ՊՈԱԿ, Երևան, 2007.

Шкала Медведева-Шпонхойера-Карника (MSK-64)

(Шкала Медведева-Шпонхойера-Карника (MSK-64) ...[pts.mi-perm.ru/ region/MSK-64.pdf](https://pts.mi-perm.ru/region/MSK-64.pdf))

Для описания интенсивности сейсмических воздействий в 1964 г. была разработана и получила широкое распространение в Европе и на территории бывшего СССР 12-балльная шкала Медведева–Шпонхойера–Карника (MSK-64). Макросейсмическая шкала MSK-64 описывает силу землетрясения по характеру его восприятия человеком, характеру разрушений строений и степени изменений в окружающей среде. Оценка силы землетрясения по этой шкале зависит от его магнитуды и местоположения точки наблюдения. В эпицентре (точка на земной поверхности надочагом) интенсивность сейсмических воздействий будет зависеть от глубины очага.

В шкале принята следующая классификация сооружений, повреждений и параметров их оценки:

Типы сооружений и зданий без антисейсмических мероприятий:

Тип А – здания из рваного камня, сельские постройки, дома из кирпича-сырца, глинобитные дома.

Тип Б – обычные кирпичные, здания крупноблочного и панельного типа, фахверковые строения, здания из естественного тесаного камня.

Тип В – каркасные железобетонные здания, деревянные дома хорошей постройки.

Количественные характеристики (%): отдельные – около 5; многие – около 50; большинство – около 75.

Классификация повреждений:

1-я степень – лёгкие: тонкие трещины в штукатурке и откалывание небольших кусков штукатурки;

2-я степень – умеренные: небольшие трещины в стенах, откалывание довольно больших кусков штукатурки, падение кровельных черепиц, трещины в дымовых трубах, падение частей дымовых труб;

3-я степень – тяжелые: большие и глубокие трещины в стенах, падение дымовых труб;

4-я степень – разрушения: сквозные трещины и проломы в стенах, обрушение частей зданий, разрушение связей между отдельными частями зданий, обрушение внутренних стен и стен заполнения каркаса;

5-я степень – обвалы: полное разрушение зданий;

Группировка признаков интенсивности:

а) люди и их окружение;

б) сооружения;

в) природные явления.

Ниже дается описание баллов шкалы интенсивности MSK-64.

I балл. Неощутимое землетрясение

а) Интенсивность колебаний лежит ниже предела чувствительности людей; сотрясения почвы обнаруживаются

и регистрируются только сейсмографами.

б) –

в) –

II балла. Едва ощутимое землетрясение

а) Колебания ощущаются только отдельными людьми, находящимися в покое внутри помещений, особенно на верхних этажах.

б) –

в) –

III балла. Слабое землетрясение

а) Землетрясение ощущается немногими людьми, находящимися внутри помещений; под открытым небом – только в благоприятных условиях. Колебания схожи с сотрясением, создаваемым проезжающим легким грузовиком.

Внимательные наблюдатели замечают легкое раскачивание висячих предметов, несколько более сильное на верхних этажах.

б) –

в) –

IV балла. Заметное сотрясение

а) Землетрясение ощущается внутри зданий многими людьми; под открытым небом – немногими. Кое-где спящие просыпаются, но никто не пугается. Колебания схожи с сотрясением, создаваемым проезжающим тяжело нагруженным грузовиком. Дребезжание окон, дверей, посуды. Скрип полов и стен. Начинается дрожание мебели. Висячие предметы слегка раскачиваются. Жидкость в открытых сосудах слегка колеблется. В стоящих на месте автомашинах толчок заметен.

б) –

в) –

V баллов. Пробуждение

а) Землетрясение ощущается всеми людьми внутри помещения, под открытым небом – многими. Многие спящие просыпаются. Немногие люди выбегают из помещений. Животные беспокоятся. Сотрясение зданий в целом. Висячие предметы сильно качаются. Картины сдвигаются с места. В редких случаях останавливаются маятниковые часы. Некоторые неустойчивые предметы опрокидываются или сдвигаются. Незапертые двери и окна распахиваются и снова захлопываются. Из наполненных открытых сосудов в небольших количествах выплескивается жидкость. Ощущаемые колебания схожи с колебаниями, создаваемыми падением тяжелых предметов внутри здания.

б) Возможны повреждения 1-й степени в отдельных зданиях типа А.

в) В некоторых случаях меняется дебит источников.

VI баллов. Испуг

а) Землетрясение ощущается большинством людей как внутри помещений, так и под открытым небом. Многие люди, находящиеся в зданиях, пугаются и выбегают на улицу. Немногие – теряют равновесие. Домашние животные выбегают из укрытий. В некоторых случаях может разбиться посуда и другие стеклянные изделия; падают книги. Возможно движение тяжелой мебели; может быть слышен звон малых колоколов на колокольнях.

б) Повреждение 1-й степени в отдельных зданиях типа Б и во многих зданиях типа А. В отдельных зданиях типа А повреждения 2-й степени.

в) В немногих случаях в сырых грунтах возможны трещины шириной до 1 см; в горных районах отдельные случаи оползней. Наблюдаются изменения дебита источников и уровня воды в колодцах.

VII баллов. Повреждение зданий

а) Большинство людей испуганы и выбегают из помещений. Многие с трудом удерживаются на ногах. Колебания отмечают водители автомашин. Звонят большие колокола.

б) Во многих зданиях типа В – повреждения 1-й степени; во многих зданиях типа Б – повреждения 2-й степени.

Во многих зданиях типа А – повреждения 3-й степени, в отдельных зданиях этого типа – повреждения 4-й степени. В отдельных случаях – оползни проезжих частей дорог на крутых склонах и трещины на дорогах. Нарушения стыков трубопроводов; трещины в каменных оградах.

в) На поверхности воды образуются волны, вода становится мутной вследствие поднятия ила. Изменяется уровень воды в колодцах и дебит источников. В немногих случаях возникают новые или пропадают существующие источники воды. Отдельные случаи оползней на песчаных или гравелистых берегах рек.

VIII баллов. Сильные повреждения зданий

а) Испуг, паника; испытывают беспокойство даже люди, ведущие автомашины. Кое-где обламываются ветви деревьев. Сдвигается и иногда опрокидывается тяжелая мебель. Часть висячих ламп повреждается.

б) Во многих зданиях типа В – повреждения 2-й степени, в отдельных зданиях этой группы – повреждения 3-й степени. Во многих зданиях типа Б – повреждения 3-й степени, в отдельных – 4-й степени. Во многих зданиях типа А – повреждения 4-й степени, в отдельных – 5-й степени. Отдельные случаи разрыва стыков трубопроводов. Памятники и статуи сдвигаются. Надгробные камни опрокидываются. Каменные ограды разрушаются.

в) Небольшие оползни на крутых откосах выемок и насыпей дорог; трещины в грунтах достигают нескольких сантиметров. Возникают новые водоемы. Иногда пересохшие колодцы наполняются водой или существующие колодцы иссыкают. Во многих случаях изменяется дебит источников и уровень воды в колодцах.

IX баллов. Всеобщие повреждения зданий

а) Всеобщая паника; большие повреждения мебели. Животные мечутся и кричат.

б) Во многих зданиях типа В – повреждения 3-й степени и в отдельных – 4-й. Во многих зданиях типа Б – повреждения 4-й степени, в отдельных – 5-й. Во многих зданиях типа А – повреждения 5-й степени. Памятники и колонны опрокидываются. Значительные повреждения искусственных водоемов; разрывы части подземных трубопроводов. В отдельных случаях – искривление железнодорожных рельсов и повреждение проезжих частей дорог.

в) На равнинах наводнения, часто заметны наносы песка и ила. Трещины в грунтах достигают ширины 10 см, а по склонам и берегам рек – свыше 10 см; кроме того, большое количество тонких трещин в грунтах. Скалы обваливаются; частые оползни и осыпания грунта. На поверхности воды большие волны.

X баллов. Всеобщие разрушения зданий

а) Во многих зданиях типа В – повреждения 4-й степени, а в отдельных – 5-й степени. Во многих зданиях типа Б – повреждения 5-й степени, в большинстве зданий типа А повреждения 5-й степени. Опасные повреждения плотин и дамб, серьезные повреждения мостов. Легкие искривления железнодорожных рельсов. Разрывы или искривления подземных трубопроводов. Дорожные покрытия и асфальт образуют волнообразную поверхность.

б) Трещины в грунтах шириной несколько дециметров и в некоторых случаях – до 1 м. Параллельно руслам водных потоков появляются широкие разрывы. Осыпание рыхлых пород с крутых склонов. Возможны большие оползни на берегах рек и крутых морских побережьях. В прибрежных районах перемещаются песчаные и илистые массы; происходит выплескивание воды в каналах, озерах, реках и т. д. Возникают новые озера.

XI баллов. Катастрофа

а) –

б) Серьезные повреждения даже особо прочных зданий, мостов, плотин и железнодорожных путей; шоссейные дороги приходят в негодность; разрушаются подземные трубопроводы.

в) Значительные деформации почвы в виде широких трещин, разрывов и перемещений в вертикальном и горизонтальном направлениях; многочисленные горные обвалы. Определение интенсивности сотрясения (балльности) требует специального исследования.

XII баллов. Изменения рельефа

а) –

б) Сильное повреждение или разрушение практически всех наземных и подземных сооружений.

в) Радикальные изменения земной поверхности. Наблюдаются значительные трещины в грунтах с обширными вертикальными и горизонтальными перемещениями. Горные обвалы и обвалы берегов рек на больших площадях.

Возникают озера, образуются водопады; изменяются русла рек. Определение интенсивности сотрясения требует специального исследования.

В настоящее время шкала MSK усовершенствована, ее последняя версия называется «Европейская макросейсмическая шкала» (EMS-98), которая используется в странах Европейского союза. В то же время шкала MSK-64 осталась в основе СНиП-II-7-81 «Строительство в сейсмических районах» и продолжает использоваться в России и странах СНГ.

Приложение 2

Сопоставление различных шкал интенсивности землетрясения

earth-intumescens.netnotebook.net/.../conversion_earthquake_power_rich...

Толкование, разъяснение шкал - см. "Шкалы землетрясений: 10-балльная шкала Рихтера и 12-балльная шкала - магнитуда и интенсивность", В.И. Уломов "Внимание! Землетрясение!" « [Основные понятия терминология](#) сейсмологии»

Краткое содержание Шкалы сейсмической интенсивности MSK-64

Авторы: С.В.Медведев (СССР), Г.Шпонхойер (ГДР), В.Карник (Чехословакия)

Классификация сооружений и повреждений

Типы сооружений и зданий без антисейсмических усилений:

Тип А - здания из кирпича сырца, сельские постройки;

Тип Б - кирпичные, мелкоблочные, крупноблочные здания;

Тип В - каркасные железобетонные, панельные, рубленые избы.

Классификация повреждений:

1 степень - Лёгкие: трещины в штукатурке;

2 степень - Умеренные: небольшие трещины в стенах, дымовых трубах;

3 степень - Тяжелые: глубокие трещины в стенах, падение дымовых труб;

4 степень - Разрушения: сквозные трещины, обрушение частей зданий, внутренних стен;

5 степень - Обвалы: полное разрушение зданий.

Краткое содержание современной Европейской макросейсмической шкалы EMS-98

Ред. G. Grunthal, Potsdam: <http://www.gfz-potsdam.de/pb5/pb53/projekt/ems/index.html>

[Шкала Меркалли](#) (a scale for measuring the intensity of an earthquake, шкала интенсивности землетрясений по Меркалли), Modified Mercalli scale or Modified Mercalli Intensity scale (MM or MMI). Используется в основном в США.

(Примерное, приблизительное соответствие типичных землетрясений двенадцатибалльной шкалы магнитудам шкалы по Рихтеру - см.

Википедия [Mercalli intensity scale](#).)

Из таблицы В. И. Уломова "Соотношение магнитуды землетрясений и их сейсмической интенсивности"

Ориентировочное соотношение величин М (магнитуд) и I (интенсивности) землетрясений для неглубоких очагов землетрясений. (глубина очага: 30 - 70 километров? - прим. В.Ш.)

В подземном очаге землетрясения: Интервал магнитуд М, по Рихтеру, единицы.
(далее - РИХТЕР)

землетрясение в 1 балл (по 12-бальным шкалам)

MSK-64: Неощутимое. Регистрируется приборами.

EMS-98: Неощутимое.

МЕРКАЛЛИ: Не ощущается людьми.

землетрясение в 2 балла (по 12-бальным шкалам)

Едва ощутимое. Колебания ощущаются лишь отдельными людьми на верхних этажах зданий.

EMS-98: Едва ощутимое. Ощущается только некоторыми людьми, находящимися в покое в помещении.

МЕРКАЛЛИ: Ощущается в спокойной обстановке на верхних этажах зданий.

землетрясение в 3 балла (по 12-бальным шкалам)

MSK-64: Слабое землетрясение. Ощущается некоторыми людьми, легкое раскачивание висящих предметов.

EMS-98: Слабое. Ощущается в помещениях некоторыми людьми. Находящиеся в покое в помещении люди ощущают раскачивание или легкое дрожание.

МЕРКАЛЛИ: Ощущается в помещениях; кажется, будто под окнами проезжает лёгкий грузовик. Качаются висячие предметы.

РИХТЕР: 2,8 - 4,3

землетрясение в 4 балла (по 12-бальным шкалам)

MSK-64: Заметное сотрясение. Ощущается внутри зданий, раскачивание висящих предметов.

EMS-98: Широко наблюдаемое. Ощущается многими людьми в помещениях, вне помещений только немногими. Некоторые люди пробуждаются. Окна и двери скрипят, дребезжит посуда.

МЕРКАЛЛИ: Кажется, будто проезжает тяжёлый грузовик; звенят оконные

стёкла, посуда, скрипят двери.

РИХТЕР: 2,8 - 4,3

землетрясение в 5 баллов (по 12-бальной шкале)

MSK-64: Пробуждение. Ощущается внутри зданий, на открытых участках, наблюдается раскачивание висящих предметов, возможны повреждения 1-й степени в зданиях типа А.

EMS-98: Сильное. Ощущается большинством людей в помещениях, вне помещений только немногими. Многие спящие люди пробуждаются.

Некоторые испуганы. Все строения дрожат. Висящие предметы сильно качаются. Мелкие предметы сдвигаются. Окна и двери качаются, раскрываются или закрываются.

МЕРКАЛЛИ: Ощущается на улице; просыпаются люди, выплескивается из посуды жидкость.

РИХТЕР: 2,8 - 4,3

землетрясение в 6 баллов (по 12-бальной шкале)

MSK-64: Испуг. Падает мебель, люди пугаются и выбегают на улицу, возможны повреждения 1-й степени в отдельных зданиях типа Б и во многих зданиях типа А, отдельные случаи оползней.

EMS-98: С легкими повреждениями. Многие люди испуганы и выбегают из помещений. Некоторые предметы падают. Многие дома слегка страдают от неструктурных повреждений вроде волосных трещин или падения кусков штукатурки.

МЕРКАЛЛИ: Ощущается всеми; испуганные люди выбегают на улицу; трескаются штукатурка и кирпичная кладка; сдвигается и переворачивается мебель; лопаются оконные стекла.

РИХТЕР: 2,8 - 4,3; 4,3 - 4,8

землетрясение в 7 баллов (по 12-бальной шкале)

MSK-64: Повреждение зданий. Испуг и паника. Многие люди с трудом удерживаются на ногах, во многих зданиях типа В повреждения 1-й степени; во многих зданиях типа Б повреждения 2-й степени во многих зданиях типа А повреждения 3-й степени, оползни и трещины на дорогах.

EMS-98: С повреждениями. Большинство людей испуганы и выбегают из помещений. Мебель сдвигается и предметы падают с полок в большом количестве. Многие хорошо построенные обычные дома страдают от

умеренных повреждений: мелкие трещины в стенах, выпадение штукатурки, часть дымовых труб падает, старые здания могут обнаруживать большие трещины в стенах и выпадение заполнителей из стен.

МЕРКАЛЛИ: Трудно стоять на ногах; ощущается водителями движущихся автомобилей; осыпается штукатурка, падают кирпичи, керамическая плитка и т.д.; звенят большие колокола; на поверхности водоёмов возникают волны.

РИХТЕР: 4,3 - 4,8; 4,8 - 6,2

землетрясение в 8 баллов (по 12-бальным шкалам)

MSK-64: Сильное повреждение зданий. Во многих зданиях типа В повреждения 2-й степени; во многих зданиях типа Б повреждения 3-й степени во многих зданиях типа А повреждения 4-й степени, случаи разрыва стыков трубопроводов, оползни и трещины на дорогах.

EMS-98: С сильными повреждениями. Многие люди с трудом удерживаются на ногах. Многие дома имеют крупные трещины в стенах. Некоторые хорошо построенные обычные дома показывают очень сильные повреждения стен, в то время как старые слабые постройки могут обрушиться.

МЕРКАЛЛИ: Трудно вести автомобиль; падает штукатурка, рушатся некоторые кирпичные стены, дымовые трубы, башни, памятники; обламываются ветки деревьев; в сыром грунте образуются трещины.

РИХТЕР: 4,8 - 6,2

землетрясение в 9 баллов (по 12-бальным шкалам)

MSK-64: Всеобщее повреждение зданий. Во многих зданиях типа В повреждения 3-й степени, во многих зданиях типа А повреждения 5-й степени, случаи разрывы подземных частей трубопроводов, искривление железнодорожных рельсов.

EMS-98: Разрушительное. Общая паника. Многие слабые конструкции обрушиваются. Даже хорошо построенные обычные дома показывают очень сильно повреждаются: выпадение стен или частичные конструктивные разрушения.

МЕРКАЛЛИ: Общая паника; лопаются каркасы строений и подземные трубы; образуются значительные трещины в грунте и песчаные воронки.

РИХТЕР: 6,2 - 7,3

землетрясение в 10 баллов (по 12-бальным шкалам)

MSK-64: Всеобщее разрушение зданий. Во многих зданиях типа В-

повреждения 4-й степени, в отдельных 5-й степени. Здания типа Б-повреждения 5-й степени, большинство зданий типа А -повреждения 5-й степени. Опасные повреждения плотин, дамб, разрывы и искривления подземных трубопроводов. Появляются трещины в грунтах от 0,2 до 1,0 м. Возможны большие оползни на берегах рек;

EMS-98: Очень разрушительное. Многие обычные хорошо построенные дома обрушаются.

МЕРКАЛЛИ: Рушатся большинство кирпичей кладки, каркасных сооружений и фундаментов; серьезные повреждения плотин и насыпей; рушатся мосты; мощные оползни.

РИХТЕР: 6,2 - 7,3;

землетрясение в 11 баллов (по 12-бальным шкалам)

MSK-64: Катастрофа. Разрушение зданий хорошей полстройки, мостов, плотин, железнодорожных путей, шоссейные дороги приходят в негодность. Горные обвалы.

EMS-98: Опустошительное. Большинство обычных хорошо построенных домов, даже некоторые с хорошим антисейсмическим проектом, разрушаются.

МЕРКАЛЛИ: Серьёзная деформация железнодорожных путей; полностью выходят из строя подземные трубопроводы.

РИХТЕР: 7,3 - 9,0

землетрясение в 12 баллов (по 12-бальным шкалам)

MSK-64: Изменение рельефа. Сильные повреждения, разрушения всех типов наземных и подземных сооружений, радикальные изменения земной поверхности.

EMS-98: Полностью опустошительное. Почти все здания полностью разрушаются.

МЕРКАЛЛИ: Практически полное разрушение; нарушение линии горизонта; взлетают в воздух отдельные предметы.

РИХТЕР: 7,3 - 9,0

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

SHINDO SCALE, JMA SEISMIC INTENSITY - ШКАЛА СИЛЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ПО-ЯПОНСКИ ([Japan Meteorological Agency seismic intensity scale](#) из Wikipedia).

Японская шкала интенсивности землетрясений Японского метеорологического агентства (Japan Meteorological Agency) называется JMA Seismic Intensity. Шкала землетрясений "по-японски" имеет то ли 9 градаций (градусов, шкала Шиндо, Shindo), то ли 10 баллов - от нуля до семи, но с дополнительными степенями.

Вопрос о том, 9-балльная или 10-балльная шкала землетрясений в Японии возникает по причине наличия силы землетрясения в 0. Еще шкалу интенсивности японских землетрясений можно назвать 7-балльной, семь баллов означают самое разрушительное землетрясение.

За землетрясениями, цунами и извержениями вулканов в Японии наблюдает Японское метеорологическое агентство (JMA), официальный интернет-сайт "гидромета" Японии - www.jma.go.jp, есть версия на английском языке.

Сила землетрясений в японской шкале Шиндо (JMA scale) измеряется в самой Японии и Тайване.

На сайте метеорологического агентства Японии сведения о землетрясениях в Японии и акватории (в морях и Тихом океане) находятся в разделе "Earthquake Information". Показаны следующие параметры:

seismic intensity (сейсмическая интенсивность);

Latitude, Longitude - degree (географические координаты гипоцентра землетрясения в градусах);

Depth (глубина очага землетрясения, эпицентра);

Magnitude (магнитуда землетрясения).

ОПИСАНИЕ ЯПОНСКОЙ ШКАЛЫ ИНТЕНСИВНОСТИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ШИНДО, ПРИЗНАКИ И ПОВРЕЖДЕНИЯ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ, С УКАЗАНИЕМ МАКСИМАЛЬНОЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОЕ УСКОРЕНИЕ ГРУНТОВ (A_{max})

Интенсивность землетрясения **шиндо 0** - незаметно для людей, пиковое (максимальное) ускорение грунта 0,008 м/сек².

Интенсивность землетрясения **шиндо 1** - ощущается только некоторыми людьми в помещении, пиковое ускорение толчков 0,008–0,025 м/сек².

Шиндо 2 - толчки ощущают большинство людей в зданиях. Некоторые люди просыпаются. Висячие предметы немного раскачиваются, например лампы. Колебания грунта имеют ускорения 0,025-0,08 м/сек².

Шиндо 3 - некоторые люди пугаются. Посуда в шкафах иногда постукивает. Немного раскачиваются электрические провода. Ускорение поверхности земли 0,08-0,25 м/сек².

Шиндо 4 - многие люди испытывают испуг. Некоторые люди пытаются уйти от опасности. Большинство спящих людей просыпается. Подвесные вещи качаются, посуда в шкафу гремит. Нестабильные мелкие вещи иногда падают. Электропровода качаются, люди на улице и некоторые в автомобиле ощущают вибрацию. Ускорение поверхности земли 0,25-0,80 м/сек².

Интенсивность подземных толчков

Шиндо 5-минус (5-lower, 5弱) - большинство людей пытаются спастись от опасности. Некоторым людям обнаруживают, что трудно передвигаться. Подвешенные предметы сильно раскачиваются. Наиболее неустойчивые вещи падают. Иногда посуда в шкафу и книги на полке падают, мебель смещается. Люди замечают качание столбов. Иногда, разбиваются и падают стекла. Неармированные бетонные блоки стен трескаются, дороги получают повреждения. Иногда повреждаются стены и колонны слабо-сейсмоустойчивых домов. Устройства безопасности отключают газоснабжение в некоторых домах. В редких случаях повреждаются водопроводные трубы, отключается водоснабжение. Могут быть локальные отключения электричества. Иногда появляются трещины в мягких грунтах и происходят камнепады в горных районах. 0,80-1,40 м/сек².

Шиндо 5-плюс (5-upper, 5強) - многие люди значительно пугаются и с трудом передвигаются. Большинство посуды и книг падают с полок. Иногда падает тяжелая мебель, раздвижные двери выскальзывают из направляющих, а деформация дверных косяков заклинивает входные двери. Во многих случаях неармированные бетонные блоки сооружений разрушаются. Многие автомобили останавливаются из-за трудности управления. Иногда падают плохо установленные торговые автоматы. Иногда малосейсмостойкие дома (less earthquake-resistant houses) получают серьезные повреждения стен, колонн;

наклоняются. Иногда образуются большие трещины в стенах, балках зданий. В стенах даже весьма сейсмостойких зданий возможны трещины в стенах. Иногда повреждаются газопроводные и водопроводные трубы. Отключения газа и водоснабжения происходят в целых районах. Иногда появляются трещины в мягком грунте, случаются камнепады на склонах в горах. 1,40-2,50 м/сек².

Интенсивность подземных толчков

Шиндо 6-минус (6-lower, 6弱)

Трудно устоять на ногах. Много тяжелой и незакрепленной мебели перемещается и падает. Во многих случаях невозможно открыть двери. В некоторых зданиях падает настенная плитка и стекла. Иногда слабо сейсмостойкие дома разрушаются. Повреждаются стены и колонны даже весьма сейсмостойких домов - в стенах, колоннах и балках образуются большие трещины. Повреждаются газопроводы и водопровод. В некоторых регионах происходят отключения электроснабжения. Иногда появляются трещины в земле, происходят оползни. 2,50-3,15 м/сек².

Шиндо 6-плюс (6-upper, 6強)

Невозможно устоять на ногах, передвижение возможно ползком. Перемещается и падает большинство тяжелой и незафиксированной мебели. Во многих зданиях падает облицовочная настенная плитка и стекла. Большинство неармированных бетонных блоков стен разрушается. Разрушаются многие несейсмостойкие дома. В некоторых случаях стены и колонны весьма сейсмостойких домов сильно повреждены. В некоторых случаях, получают ущерб стены и колонны даже весьма сейсмостойких зданий. Иногда повреждены магистральные газопроводов и водоводы. Электроснабжение прерывается в некоторых регионах. Иногда газоснабжение и водоснабжение прекращается на большой площади. Иногда появляются трещины в земле и происходят оползни. 3,15-4,00 м/сек².

Интенсивность подземных толчков

Шиндо 7

Броски и тряска делают невозможным передвижение по своему желанию. Большинство мебели перемещается и подпрыгивает. В большинстве зданий разрушается облицовочная плитка и стёкла. В некоторых случаях разрушаются железобетонные стены. Иногда даже очень сейсмостойкие здания получают

серьезные повреждения и наклоняются. Снабжение газом и электричеством прекращается на в больших областях. Земля значительно деформирован на большими трещинами и щелями, происходят оползни. Иногда происходит изменение рельефа. Ускорение подземных толчков больше 4 м/сек^2 .

Приложение 4

Рис. 1.24. Карта сейсмического риска на основании максимального горизонтального ускорения грунтов с вероятностью 10% превышение значений за 50 и с периодом повторения 475 лет [132]. - стр. 63

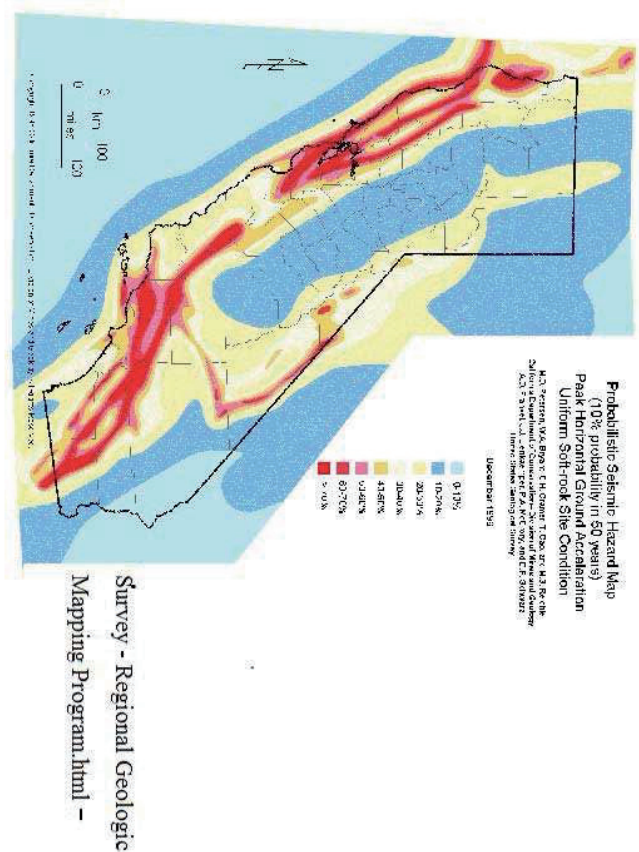


Рис. 1.24. Карта сейсмического риска на основании максимального горизонтального ускорения грунтов с вероятностью 10% превышение значений за 50 и с периодом повторения 475 лет [132]. - см. стр. 64

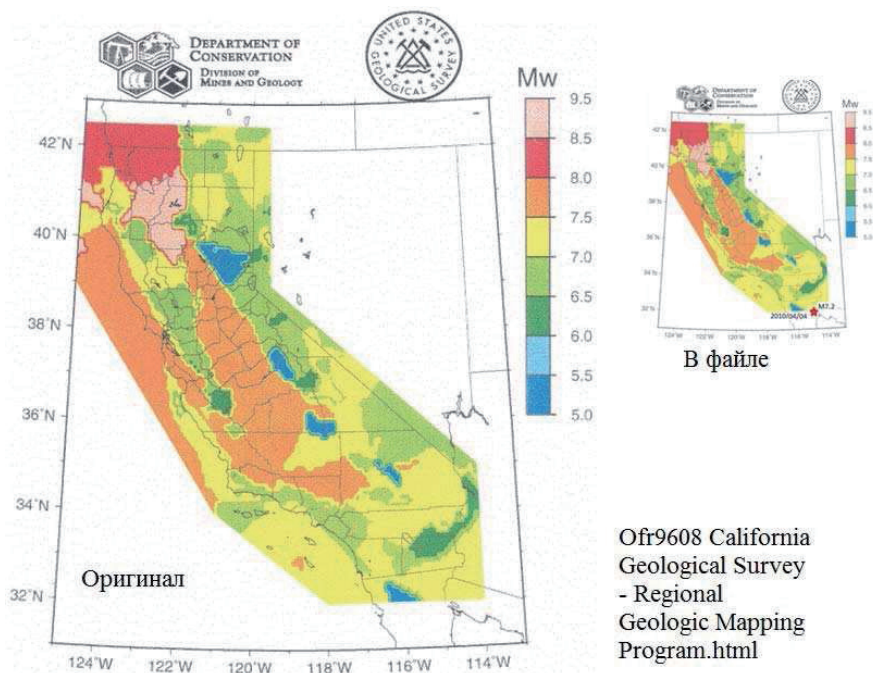
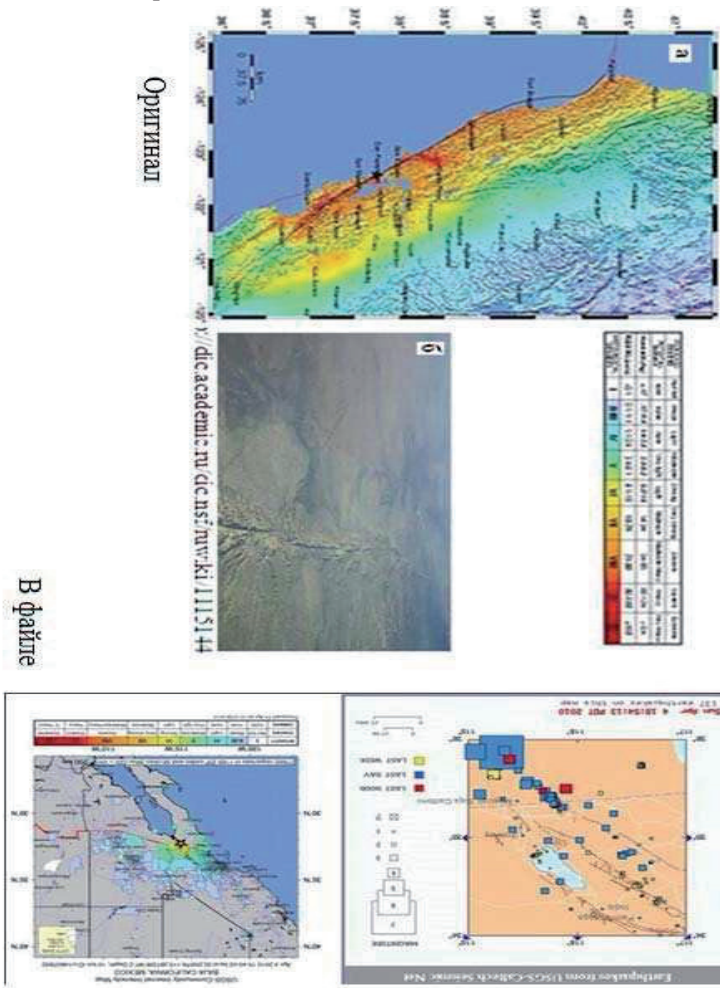


Рис. 1.26. Карта тектонического разлома и зоны интенсивности красным цветом указывающие эпицентральные зоны сейсмических событий (а) и макроснимок трансформного разлома Сан-Андреас (б) [140]. - см. стр. 65

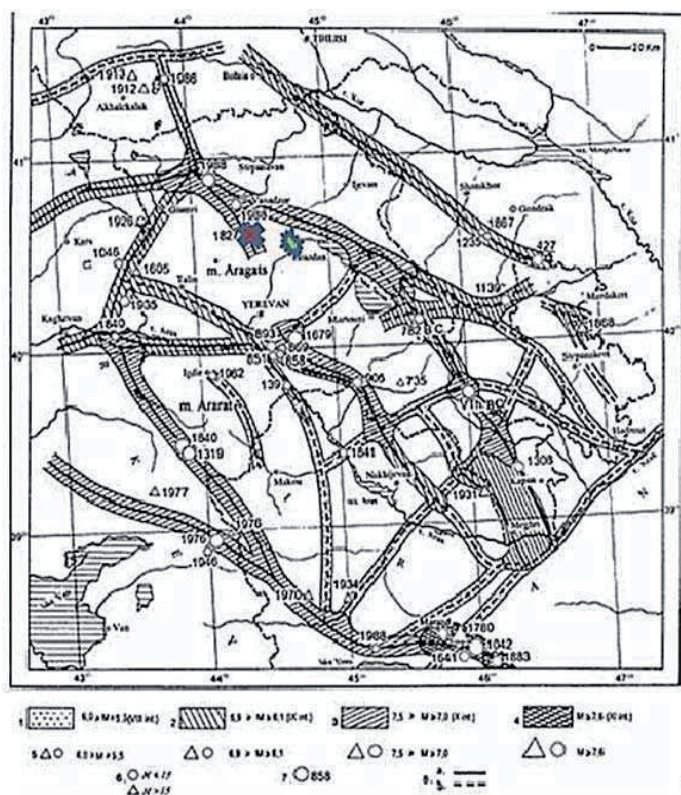
Рис. 1.27. Землетрясение Сан-Франциско 4 апреля 2010 г. и его афтершоки. - см. стр. 65



См. стр. 88 - Рис. 2.11. Действующая карта сейсмического районирования Республики Армения, для сейсмостойкого строительства [91]. Сейсмические зоны, с ожидаемыми максимальными горизонтальными ускорениями – A_{max} (в долях g), скоростями (см/с) грунтов и соответствующими баллами по MSK-64.



Рис. 2.16. Схема зон источников землетрясения (возможных очагов землетрясений) территории Армении и сопредельных районов [116]. На схеме Д. Хачатряном, со знаком X отмечено неправильное, Цахкадзорского землетрясения, а овалом правильное место. Условные обозначения на русском языке нами не приводятся, так как для дальнейшего изложения текста это не понадобится. - см. стр. 98



Люблю книги
ljubljuknigi.ru



yes
I want more books!

Покупайте Ваши книги быстро и без посредников он-лайн - в одном из самых быстрорастущих книжных он-лайн магазинов!
Мы используем экологически безопасную технологию "Печать-на-Заказ".

Покупайте Ваши книги на
www.ljubljuknigi.ru

Buy your books fast and straightforward online - at one of the world's fastest growing online book stores! Environmentally sound due to Print-on-Demand technologies.

Buy your books online at
www.ljubljuknigi.ru

OmniScriptum Marketing DEU GmbH
Heinrich-Böcking-Str. 6-8
D - 66121 Saarbrücken
Telefax: +49 681 93 81 567-9

info@omniscryptum.com
www.omniscryptum.com

OMNIScriptum



