

УДК 550.34

УЧЕТ РЕЗУЛЬТАТОВ ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ РАЗРУШИТЕЛЬНЫХ И ВЕЛИКОГО ЯПОНСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ 11.03.2011 г. ПРИ ОЦЕНКЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ

© 2013 Дж. К. Карапетян, к.г.-м.н.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии им. А. Назарова НАН РА,
Республика Армения, 3115 г. Гюмри, ул. В. Саргсяна, 5,
e-mail: iges@mail.ru.

В настоящей работе проведен сейсмостатистический анализ фактических инструментальных данных основного толчка Великого Японского землетрясения 11.03.2011 г., для выявления взаимосвязи максимальных значений ускорений колебаний грунта (PGA) от эпицентральных расстояний. Выявлены особенности проявления максимальных значений ускорений в интервале больших эпицентральных расстояний, не согласующиеся с ныне действующими шкалами сейсмической интенсивности.

Ключевые слова: сейсмическая опасность, землетрясения, инструментальные записи.

При усовершенствовании методов оценки сейсмической опасности и теории сейсмостойкости, необходимо в первую очередь изучать закономерности движения грунта, колебаний зданий и сооружений во время сильных и разрушительных землетрясений.

Для получения информации о движении грунта при сильных землетрясениях, необходимы специальные службы регистрации. В последнее десятилетие такие службы интенсивно развиваются в США, Японии, Турции, Иране и ряде других стран. Например, в Японии после землетрясения Кобе (Hyogon-Nanbu) в 1995 г. всего за один год, национальным исследовательским институтом NIED (National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention) были разработаны системы K-NET [Kinoshita, 1998] and KiK-net [Aoi et al., 2000], включающая соответственно 1030 (акселерометры типа K-NET95 (588) и K-NET02 (443)) и 669 (акселерометр типа SMAC-MDK) равномерно расположенных по всей стране цифровых станций, напрямую связанных с интернетом. Все данные (информация о движении грунта, расположение сейсмических станций, грунтовые условия, и др.) сохраняются в доступной базе данных (<http://www.k-net.bosai.go.jp> for K-NET and <http://www.kik.bosai.go.jp> for KiK-net).

Накопленные в этой базе современные цифровые инструментальные сейсмологические данные уникальны тем, что позволяют решить следующие актуальные проблемы инженерной сейсмологии и сейсмостойкого строительства. Перечислим некоторые из них:

1. Усовершенствование инструментальной шкалы сейсмической интенсивности, учитывающее реально существующие огромные величины сейсмических ускорений, зафиксированных при сильных землетрясениях, возникших в последние годы.
2. Разработка новых подходов в теории сейсмостойкости, дающих возможность при расчетах зданий и сооружений на сейсмостойкость использовать реальные величины этих ускорений.

3. Целесообразность использования сейсмических ускорений для адекватной оценки сейсмической опасности. Как уже известно, в ряде развитых стран в Европе и Китае картируется максимальное пиковое ускорение [Гусев, 2002, G. Solomos, et al., 2008], США в 1990 г. отказались от карты максимальных ускорений, и перешли к уровням спектра реакции, Россия сохраняет свой традиционный подход и картирует «балльность», а маленькая Армения среди больших стран, не явным образом картирует максимальное ускорение.

В настоящей работе на основе фактических данных K-NET рассматриваются закономерности движения грунта при Великом Японском землетрясении 11 марта 2011 г., которое непосредственно связано с решениями первой проблемы.

Исходные данные и методы исследований

Во время основного толчка Великого Японского землетрясения 11 марта 2011 г. в диапазоне эпицентральных расстояний $\Delta=123,0\div 986,0$ зарегистрированы 693 инструментальные записи, в частности акселерограммы K-NET. Эти данные позволяют решить как теоретические, так и практические задачи инженерной сейсмологии и сейсмостойкого строительства. В частности используя эти уникальные фактические данные, проведен статистический анализ закономерностей между максимальным ускорением колебаний грунта (peak ground acceleration-PGA) и эпицентральной дистанцией (Δ).

Предварительный анализ инструментальных данных землетрясения, показал, что в верхней инженерно-геологической толще земной поверхности зарегистрированы свыше 2,0 g горизонтальных и 1,0 g вертикальных максимальных ускорений колебания грунта, характер проявления которых трудно объяснить.

Возникает вопрос, каким образом могут проявляться такие огромные величины сейсмических ускорений, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Инструментальные данные величин PGA

Код станции	Название станции	Префектура	Пиковое горизонтальное ускорение (гал)	Δ , km	Период грунта (с)	Тип грунта	Максимальное ускорение SA, м/с ² (Период, с)	Интенсивность по шкале JMA
MYG004	TSUKIDATE	MIYAGIKEN	2700	183	0,13	I	129,5 (0,24) – NS	6,6
MYG012	SHIOGAMA	MIYAGIKEN	1969	169	0,17	I	31,65 (0,37) – EW	6,0
MYG013	SENDAI	MIYAGIKEN	1517	175	0,26	II	26,84 (0,61) – NS	6,3
IBR003	HITACHI	IBARAKIKEN	1598	254	0,33	II	75,09 (0,32) – NS	6,4
IBR004	OHMIYA	IBARAKIKEN	1283	273	-	-	-	6,0
IBR013	HOKOTA	IBARAKIKEN	1355	296	-	-	-	6,4
TCG009	IMAICHI	TOCHIGIKEN	1186	315	-	-	-	6,2
TCG014	MOTEGI	TOCHIGIKEN	1205	291	0,17	I	51,37 (0,4) – EW	6,3
FKS008	FUNEHKI	FUKUSHIMAKEN	1012	215	-	-	-	5,7

FKS016	SHIRAKA-WA	FUKUSHIMAKEN	1295	258	-	-	-	6,1
FKS018	KOHRIMOTO	FUKUSHIMAKEN	1069	234	-	-	-	5,9
CHB007	SAKURA	CHIBAKEN	1036	347	-	-	-	5,5
FKSH10	NISHIGOU	FUKUSHIMA	1062	266	-	-	-	6,0
IBRH11	IWASE	IBARAKI	1224	309	-	-	-	6,2
MYGH10	YAMAMOTO	-	1137	174	-	-	-	6,0
IBR013	HOKOTA		1355	301				6,4
TCGH16	HAGA		1197	301				6,5
FKS010	HIRONO		1116	190				5,9

Как видно из таблицы 1 на эпицентральной расстоянии 183,0 км, на станции MYG004, была зарегистрирована акселерограмма превышающая максимальное ускорение 2,0 g (см. рис. 1).

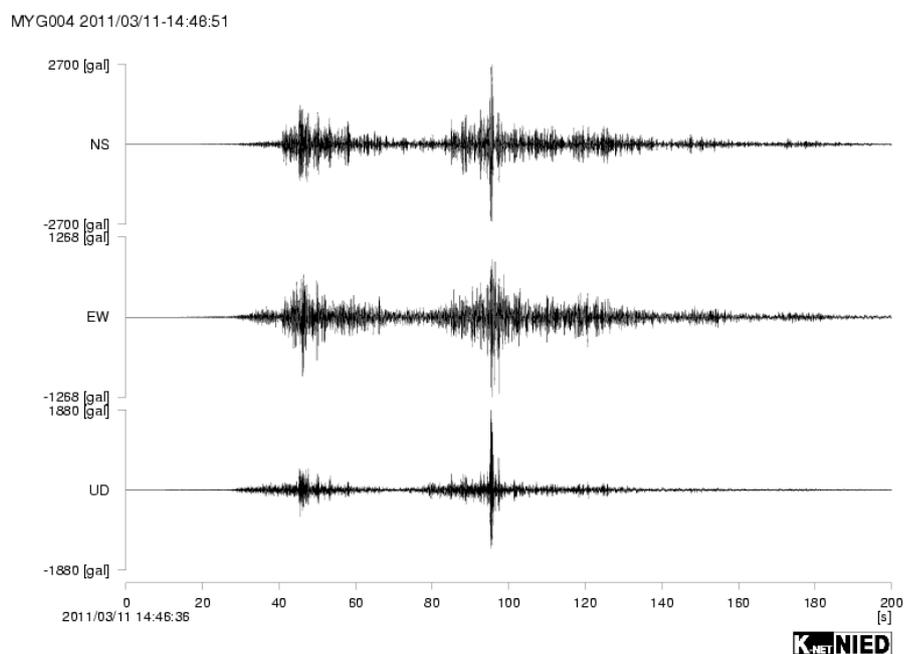


Рис.1 Акселерограмма Японского землетрясения 11.03.2011 г. на эпицентральной расстоянии 183,0 км, на станции MYG004.

Приведенные в таблице 1 данные аномально больших ускорений соответствуют эпицентральному расстояниям $\Delta \geq 150$ км. Какие ускорения грунта были в действительности, в зоне $\Delta < 150$ км, неизвестны, так как в наблюдательной сети акселерометры отсутствуют. Для более близких эпицентральных расстояний, если попробовать решить обратную задачу, используя существующие разнovidные эмпирические модели типа $PGA = f(M, R)$ то [Хачиян, 2008, Штейнберг и др., 1993, Douglas, 2001, Fukushima et al., 2003, Youngs et al., 1997], получим невероятно «аномально» большие значения ускорений.

Зависимость ускорений от эпицентральных расстояний и изосейсты PGA представлены на рис. 2 и 3.

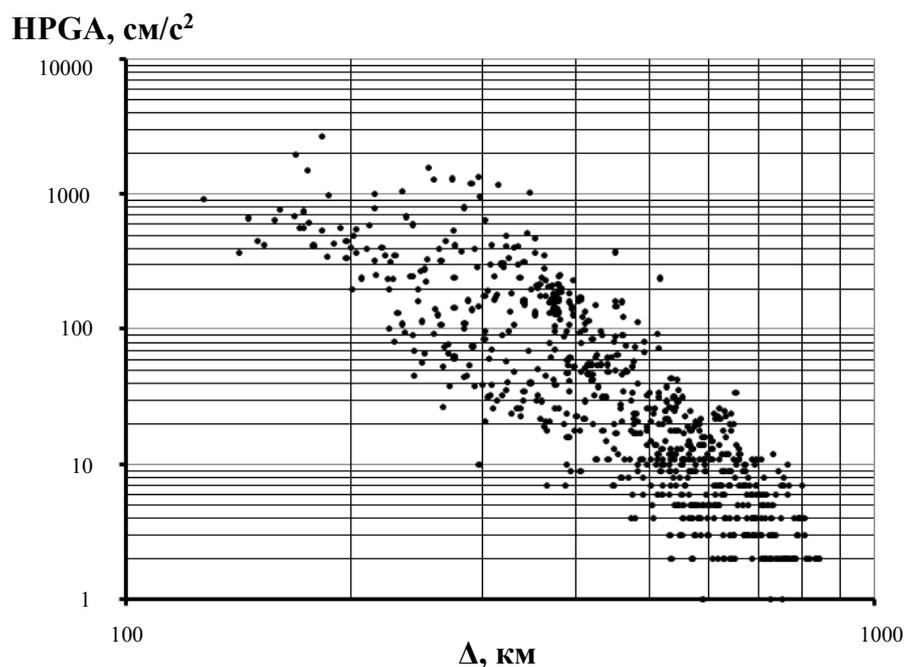


Рис.2 Распределения ускорения от эпицентральных расстояний.

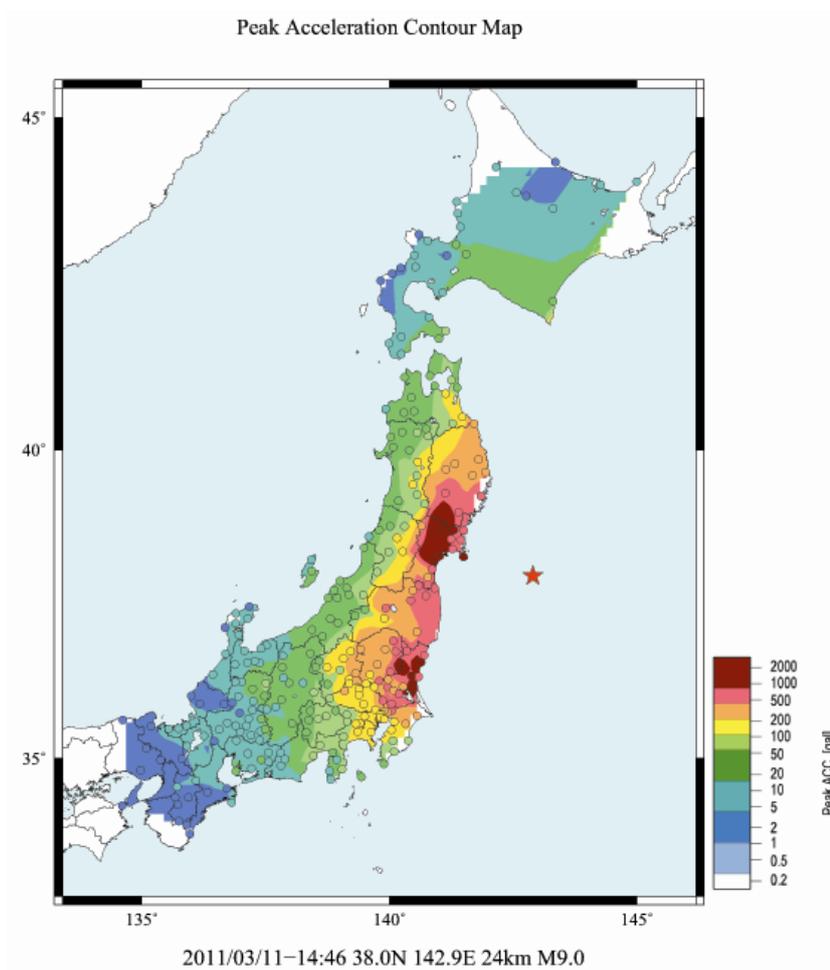


Рис.3 Изосейсты PGA [Kalkan Erol, 2011, Woody Epstein, 2011].

Как видно из рисунка 2 затухание (изменение) ускорений от Δ описывается в виде степенной функции.

Как видно из рис. 2 в распределении ускорения имеются со статистической точки зрения «плохие» значения наблюдаемых данных, которые могут повлиять на результаты статистического исследования, когда для больших интервалов эпицентральных расстояний используются классические методы статистического анализа. Однако, эти «плохие» значения в наших задачах имеют существенную значимость и их необходимо учитывать. Для этого применены робастные методы в статистике, которые дают подходы, направленные на снижение влияния выбросов и других отклонений в исследуемой величине. Для того чтобы ограничить влияние неоднородностей, либо вовсе его исключить, существует множество различных подходов. Применен наиболее простой и распространенный подход группирования – разбиение на интервалы равной длины [Хьюбер, 1989].

Весь исследуемый интервал эпицентральных расстояний разделен на равные по длине интервалы. В данном случае, исходя из плотности данных и общей закономерности, длина исследуемого интервала выбрана 150 км. Далее, применяя метод наименьших квадратов, для отдельных интервалов расстояний проведен статистический анализ [Девис, 1990].

Функция распределения $PGA=f(\Delta)$ представлена в виде гиперболической функции

$$Y = A + \frac{B}{X} \pm \sigma, \quad (1)$$

где Y – значение оцениваемого параметра в данном случае значение НРГА (horizontal peak ground acceleration) – пиковых горизонтальных ускорений, зарегистрированных на разных сейсмических станциях, X значение эпицентральных расстояний, σ – среднеквадратичное отклонение исследуемых значений PGA, A и B коэффициенты, которые определяются методом наименьших квадратов [Девис, 1990].

Логарифмические среднеквадратичные значения НРГА рассчитаны по следующей формуле:

$$\sigma [\lg Y] = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [\lg \bar{Y} - \lg Y_i]^2}{n-1}}, \quad (2)$$

где \bar{Y} , $\sigma [\lg Y]$ – соответственно среднее и среднеквадратичное значение.

Коэффициенты A , B и σ среднеквадратичное отклонение исследуемых значений НРГА зависимости $HPGA=f(\Delta)$ приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Коэффициенты A , B и среднеквадратичное отклонение σ исследуемой функции распределения $HPGA=f(\Delta)$ для различных интервалов эпицентральных расстояний

№	Исследуемый диапазон эпицентральных расстояний	A	B	$\sigma \lg (HPGA)$
1	127÷250	-4,305	15,8	0,3009
2	251÷400	-3,361	13,6	0,4670
3	402÷550	-13,027	38,6	0,3765
4	551÷700	-5,775	18,5	0,3003
5	701÷850	-7,312	22,5	0,2414

Применяя робастный подход для общего диапазона эпицентральных расстояний, получается ниже приведенная картина.

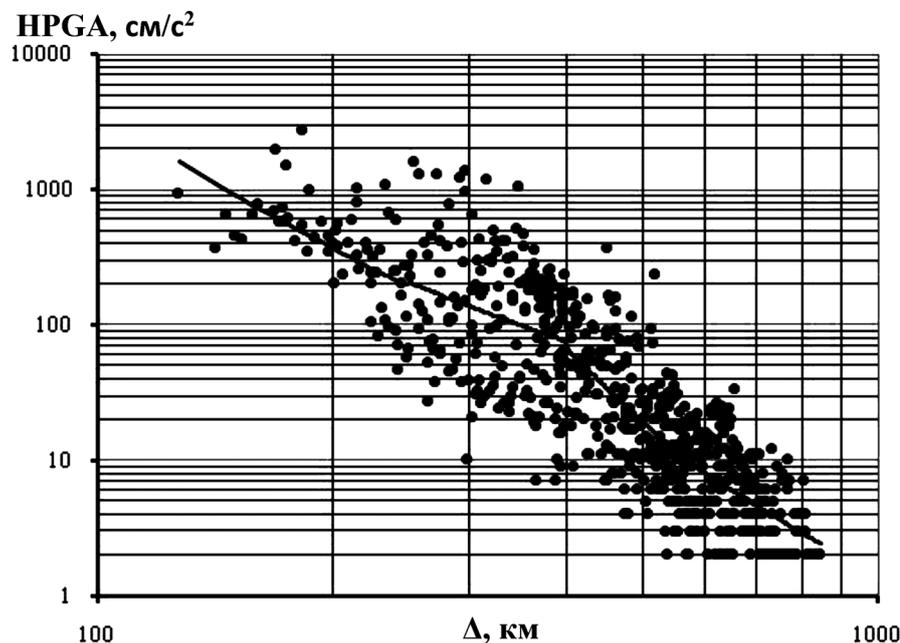


Рис.4 Эмпирическая кривая затухания ускорений.

Сейсмостатистический анализ фактических данных

Из графиков, приведенных на рис. 2 видно, что разброс значений максимальных ускорений грунта велик. Среднеквадратичное отклонение $\sigma_{\lg}(\text{HPGA})$ варьируется в интервале $0,2 \div 0,5$ (см. табл. 2).

Затухание ускорений от значений эпицентральных расстояний – Δ неоднозначно: если при значении $\Delta < 400$ км происходит более медленный спад (затухание) значений ускорений, то в интервале $\Delta > 400$ км спад значений ускорений сравнительно выше. Более того, начиная с значений расстояний 400 км общий характер кривых типа $\text{HPGA} = f(\Delta)$ изменяется, в частности, начиная с значений 400 км кривая $\text{HPGA} = f(\Delta)$ ломается (см. рис.4). Важно отметить, что данный результат хорошо согласуется с эмпирическими кривыми затухания при магнитуде $M = 5,0$ и $M = 7,0$, приведенные в работе Аптикаева (см. рис.5) [Аптикаев, 2001, 2005]. Выбор модели Аптикаева для сопоставления с наблюдаемыми нами распределениями $\text{HPGA} = f(\Delta)$ обосновывается тем, что в этой модели в отличие от других моделей эпицентральное расстояние подразделяется на три основные зоны, имеющие различный характер затуханий: очаговая, ближняя и дальняя.

По Аптикаеву в пределах очаговой зоны $\text{PGA} = \text{PGA}_0 = \text{const}$. Эта зона распространяется от поверхности разрыва до расстояния R_0 (км), которое определяется следующим образом:

$$\lg R_0 = 0,33 \cdot M_s - 1,51, \quad (3)$$

где M_s – магнитуда определенная по поверхностным волнам. При магнитудах $M_s = 5,0$ и $M_s = 7,0$ значения R_0 получается соответственно 1,4 км и 6,3 км. Как уже отмечали, во время основного толчка Японского землетрясения не были зарегистрированы

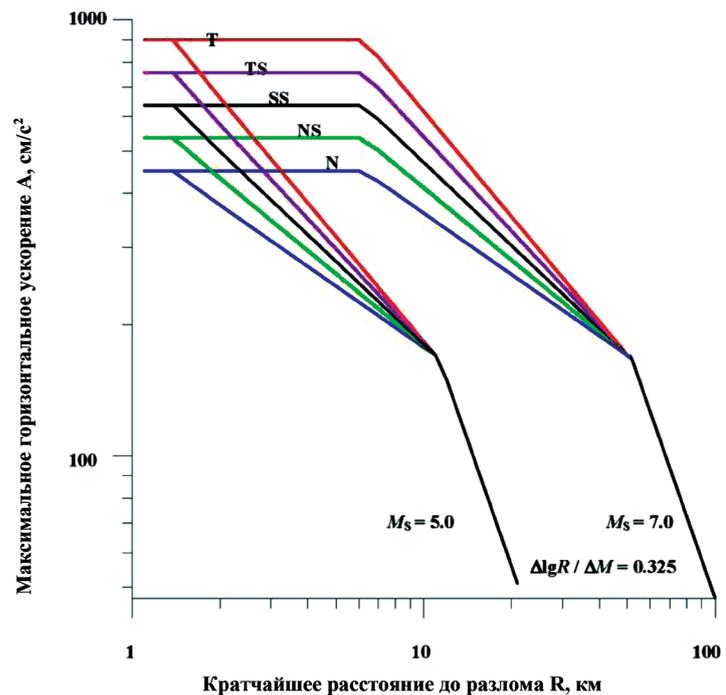


Рис.5. Эмпирическая кривая затухания.

записи сейсмических колебаний до 120,0 км. Если принять (полагать), что при эмпирической кривой затухания см. рис. 3 (построения на основе данных основного толчка Японского землетрясения) начальная граница «ближних» зон начинается с 120 км, то длина «очаговой» зоны получается примерно 120 км, примерно в 19 раз больше R_0 полученной при магнитуде $M_s = 7,0$. По эмпирической формуле (3) при магнитуде 8,8 (отмеченная магнитуда во время Японского землетрясения была оценена EMSC агенством).

По Аптикаеву вторая (ближняя) зона протягивается от R_0 до R_1

$$\lg R_1 = 0,33 \cdot M_s - 0,61, \quad (4)$$

где R_1 – граница между ближней и дальней зонами.

При магнитудах $M_s = 5,0$ и $M_s = 7,0$ R_1 получатся соответственно 11 км и 50 км. Как видно из рис.3 «ближняя» зона протягивается от 127 км до 400 км, т. е. R_1 получается $\approx 270,0$ км. По формуле (4) при $M_s = 8,8$ R_1 получается 197 км, которая примерно в 4 раза больше R_1 полученной при магнитуде $M_s = 7,0$.

В третьей (дальной) зоне, как правило, $\lg R$ больше, чем $\lg R_1$, т. е. $\lg R > \lg R_1$. При Японском землетрясении дальняя зона получается примерно 400 км, которое тоже больше получается от длины дальней зоны представленный на рис. 5, однако оно удовлетворяет выше отмеченному условию: $\lg R > \lg R_1$.

Согласно модели Аптикаева типа $HPGA=f(\Delta)$, в очаговой зоне для магнитуд $M_s=5,0$ и $M_s=7,0$, не только не меняется уровень $HPGA$, но и оно не превышает значения $1g$. Статистический анализ инструментальных данных Великого Японского землетрясения показывает, что при магнитуде $M_{JMA}=9,0$ меняется не только уровень оцениваемых значений $HPGA$, но и величина эпицентральных расстояний, отделяющих основные зоны: ближнюю, очаговую и дальнюю. По всей вероятности существенное изменение положения границ зон, обусловлено в основном слишком большими размерами очага Японского землетрясения 510×210 км и сейсмическим

моментом – $3,28 \cdot 10^{23}$ Нм ($M_w=8,9$), а изменение уровня НРГА обусловлено сложными процессами разрывообразования.

Важно отметить еще одну особенность, которая проявилась при Великом Японском землетрясении. При возрастании значений Δ среднее квадратичное значение $-\sigma_{lg}$ (НРГА) уменьшается. Наименьшее значение получается в «дальней» зоне. Например, если в интервале расстояний $\Delta=251,0 \div 400,0$ значений σ_{lg} (НРГА) получается 0,467, то для $\Delta=701,0 \div 805,0$ значение σ_{lg} (НРГА) примерно два раза меньше (см. табл. 2).

В таблице 1 приведены величины интенсивности выраженные в баллах по шкале JMA (Japanese Meteorological Agency), полученные в результате макросейсмического обследования, которые были оценены сразу после Японского землетрясения.

В таблице 3 приведено сопоставление наиболее распространенных в мировой практике шкал сейсмических интенсивностей MM (Modified Mercalli), RF (Rossi-Forel), JMA (Japanese Meteorological Agency), MSK (Medvedev-Sponheuer-Karnik) и соответствующие им вероятностные значения ускорений [Аптикаев, 1999, 2005, Медведев, 1962, Назаров, Дарбинян, 1974, Дарбинян, 2003, Заалишвили, 2000, Уломов, 2012, Zaalishvili, 2012, Panza et al., 1997, Panza et al., 2001, Wald et al., 1999, Карапетян, Карапетян, 1978, Григорян, Карапетян, 2008].

Таблица 3

Сопоставление наиболее приемлемые в мировой практике шкал сейсмических интенсивностей

MM	RF	JMA	MSK	PGA(g)
I	I	0	I	
II	II	1	II	
III	III	2	III	
IV	IV	2,3	IV	
V	V-VI	3	V	0,01-0,025
VI	VII	4	VI	0,025-0,05
VII	VIII	4,5	VII	0,05-0,1
VIII	IX	5	VIII	0,1-0,2
IX	X	6	IX	0,2-0,4
X			X	0,4-0,8
XI		7	XI	0,8-1,6
XII			XII	>1,6

Если руководствоваться данными PGA приведенными в таблице 3, то при Японском землетрясении величины ускорений не должны превышать значения 0,4 g, однако как видим, данные НРГА приведенные в табл.1 говорят о том, что реальные величины ускорений примерно в 5 раз превосходят величину ускорения, соответствующего интенсивности 6÷7. Парадоксально, но факт, что при таких условиях проявления огромных ускорений грунта здания и сооружения оценивались по JMA шкале в 6÷7 баллов (см. табл.1), т.е. здания и сооружения противостояли таким огромным величинам ускорений (сил).

Особо отметим, что макросейсмические обследования и теоретические расчеты также показали, что во время Спитакского землетрясения 07.12.1988 г. в районе города Ленинакан (Гюмри) должны были наблюдаться ускорения колебания грунта $0,6 \div 0,8 g$. Поэтому в планах научных исследований 1996 и 1999 года (письмо ИГИС НАН РА о перспективных работах на имя академика секретаря отделения Ю. Г. Шукуряна) по оценке сейсмической опасности была поставлена задача о выделении на картах ОСР участков с ускорением грунта $0,6 \div 0,8 g$.

Для приведенных в таблице 2 коэффициентов было рассчитано среднее статистическое значение $HPGA$ для $\Delta = 130$ км, которое составляет примерно 1,5 g. Они превышают не только все величины PGA приведенные во всех ныне действующих шкалах, но и ожидаемое среднее геометрическое значение PGA , полученное в 1999 г. специалистом Вальдом [Wald et al. 1999] по данным США, а также данные приведенные в проекте ШИЗ (шкала интенсивности землетрясении 2010), предложенные совсем недавно [Аптикаев, 2005, Уломов, 2012]. Отсюда можно заключить, что все существующие разновидности сейсмических шкал подлежат уточнению и корректировке.

Особо отметим, что в префектуре Фукусима, где действует АЭС Фукусима, расположены 33 сейсмические станции, регистрирующие сильные движения, из которых на трех станциях (FKS008, FKS016, FKS018), как видно из таблицы 1, зарегистрированы ускорения, превышающие 1,0 g. По данным NIED АЭС Фукусима во время Японского землетрясения находилась в зоне $0,5 \div 1,0 g$ картирующих значений ускорений и сооружения АЭС противостояли выше отмеченным огромным величинам ускорений.

Важно отметить, что на спектрах ускорений $SA(T)$ максимальное значение ускорений получается при периоде $T=0,24$ сек (5% декремент затухания), равное примерно 12,9 g, которое превышает нормативное значение примерно в 5 раз, (спектр реакции рассчитан с использованием записи, зарегистрированной на станции MYG 004), преобладающий период грунта получается $T=0,13$ сек, а максимальное значение коэффициента динамичности получается 5,3 (см. рис. 6.).

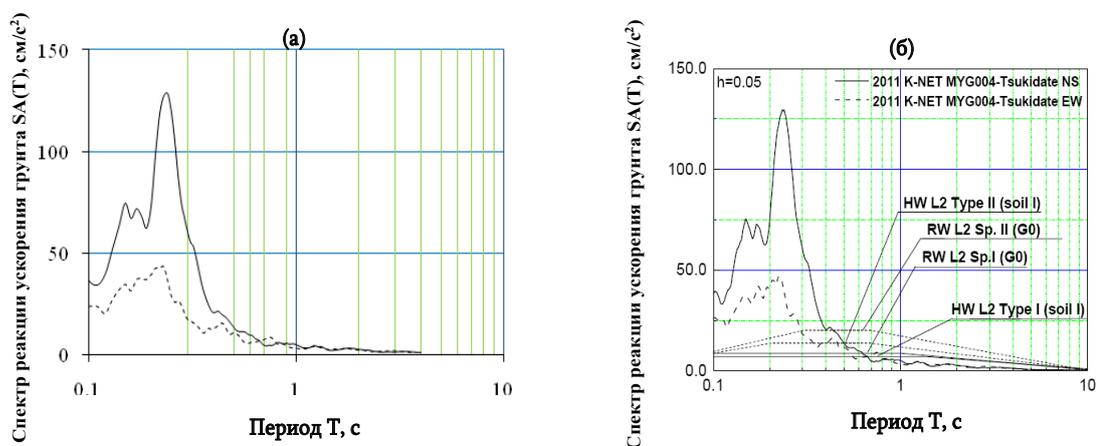


Рис.6 Сопоставление кривых спектра реакции $SA(T)$ (а) (спектр реакции рассчитан с использованием записи зарегистрированной на станции MYG004) с подобными нормативными кривыми (б) (Seismic Design) 1999 (L2 Spectrum I and II for soil types (G0)).

Для записи, зарегистрированной на станции MYG012, при построении SA (T) параметры $SA_{\max}(T)$, T, T_{Π} и $\beta_{\max}(T)$ получаются соответственно: $SA_{\max}(T) = 3,18g$, $T = 0,36$, $T_{\Pi} = 0,17$ с и $\beta_{\max}(T) = 2,0$; IBR003- $SA_{\max}(T) = 7,5g$, $T = 0,32$, $T_{\Pi} = 0,33$ с и $\beta_{\max}(T) = 4,7$; MYG013- $SA_{\max}(T) = 2,7g$, $T = 0,61$, $T_{\Pi} = 0,26$ с и $\beta_{\max}(T) = 2,0$; TCG014 – $SA_{\max}(T) = 5,2g$, $T = 0,4$, $T_q = 0,17$ с. и $\beta_{\max}(T) = 4,3$; MYG013- $SA_{\max}(T) = 2,7g$, $T = 0,61$, $T_{\Pi} = 0,26$ с и $\beta_{\max}(T) = 2,0$; IBR013- $SA_{\max}(T) = 1,5g$, $T = 0,2$, $\omega_{\Pi} = 3,7$ герц и $\beta_{\max}(T) = 1,5$:

Важно отметить, что анализ фактических данных подтверждает мысль академика А. Назарова [Назаров, 1983], что сооружения, рассчитанные как упругие системы с учетом затухания, в предположении мгновенного распространения сейсмических возмущений, при периоде свободных колебаний T порядка $0,4 \div 0,5$ с, противостоят сейсмическим нагрузкам, превышающим расчетные в 4 и более раза. На спектрах реакции Великого Японского землетрясения T охватывает более широкий диапазон периодов свободных колебаний порядка $0,24 \div 0,61$ с. Необходимо особо отметить, что исследования, направленные на подбор теории сейсмостойкости, или разработке новой теории, осуществляются в институте геофизики и инженерной сейсмологии им. А. Назарова с 1991 г. под руководством член-корр. РАН РА С. М. Оганесян [Оганесян 2002, 2004, 2008].

Выводы

1. Используя фактические инструментальные данные Великого Японского землетрясения 11 марта 2011 г. для магнитуд $M_{\text{JMA}} = 9,0$ построена эмпирическая кривая затухания ускорения (ЭКЗУ). При построении подобных эмпирических кривых целесообразно использовать робастные методы для избежания систематических ошибок. ЭКЗУ были сравнены с подобными эмпирическими кривыми, предложенными Аптикаевым. Сравнительная оценка этих кривых показала, что в $HPGA = f(\Delta)$ подобных эмпирических кривых выделяются некоторые, ранее неизвестные, особенности.

2. В общем случае зависимости типа $HPGA = f(\Delta)$ характеризуются большим разбросом оцениваемых величин. Среднеквадратичное отклонение $\sigma_{lg}(HPGA)$ варьирует в пределах $0,2 \div 0,5$. Причем среднеквадратичное отклонение $\sigma_{lg}(HPGA)$ (оцененное для разных интервалов расстояний) уменьшается с увеличением значений эпицентральных расстояний.

3. В интервале эпицентральных расстояний $123 \div 986$ км зарегистрированы примерно 20 фактических данных $HPGA$, значение которых колеблется (изменяется) от $1,0g$ до $2,7g$. Вопрос о том, какие значения ускорений имели место в интервале расстояний < 123 остается открытым. Неизвестно, следствием чего явилось проявление подобных аномально больших ускорений: локального эффекта (сейсмического эффекта) данной территории и/ или процесса движения литосферных плит.

4. Проявление огромных реальных ускорений грунта указывает, что действующие карты сейсмической опасности, в том числе The Global Seismic Hazard Assessment Program (GSHAP) [Global Seismic Hazard Assessment Program..., 1999], разнообразные эмпирические модели типа $HPGA = f(M, R)$, сейсмические шкалы далеки от адекватности и нуждаются в пересмотре и существенной корректировке.

Имея в виду важность затрагиваемых в статье вопросов для территории Армении предлагается аналогичная задача, поставленная Минрегионом России, о создании в стране единой и постоянно функционирующей информационной системы

(ЕИС) «Сейсмобезопасность Армении», обеспечение государственных органов, заинтересованных организаций и лиц наиболее полной, актуальной и достоверной информацией по вопросам обеспечения сейсмической безопасности жизнедеятельности на территории Армении.

Литература

1. Аптикаев Ф.Ф. Проблемы создания шкалы сейсмической интенсивности нового поколения. // Вулканология и сейсмология, 1999, № 4-5, с. 23-28.
2. Аптикаев Ф.Ф. “Сильные движения грунта при землетрясениях” Автореферат диссерт. на соиск. ученой степени доктора ф.-м. н. ОИФЗ РАН, М., 2001, с. 47.
3. Аптикаев Ф.Ф. Инструментальная шкала сейсмической интенсивности. – М.: Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений, № 5, 2005, с. 33-37.
4. Григорян В.Г., Карапетян Дж. К. Комплексный анализ количественных параметров колебаний грунтов и оценка их зависимостей от магнитуд землетрясений // Строительная механика и расчет сооружений. М.: 2008, № 3. С.59-63.
5. Гусев А. А. О сейсмологической основе норм сейсмостойкого строительства в России. Изд. Физика Земли, М. 2002, № 12, с.56-70.
6. Дарбинян С. С. Методы определения интенсивности землетрясений. Изд.-во «Асогик», Ер., 2003, 115 с.
7. Девис Дж. С. Статистический анализ данных в геологии: Пер. с англ. В кн.2. / Пер. В. А. Голубевой; Под ред. Д. А. Родионова. Кн. 1. -М.: Изд. Недра, 1990. 319 с.
8. Заалишвили В.Б. Физические основы сейсмического микрорайонирования. М.: ОИФЗ РАН, 2000. 367 с.
9. Карапетян Б.К., Карапетян Н.К. Сейсмические воздействия на здания и сооружения. Изд. «Наука» Москва-1978, стр.159.
10. Медведев С.В. Инженерная сейсмология. Изд-во литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам. М.: 1962, с. 283.
11. Назаров А.Г. Некоторые вопросы количественной оценки сейсмических воздействий. Материалы IV-й школы-семинара в г. Сигнахи 20-25 октября 1980 г.: “Методы количественной оценки сейсмических воздействий” Изд. «МЕЦНИЕРЕ-БА», Тбилиси-1983. С.5-16.
12. Назаров А.Г., Дарбинян С.С. Основы количественного определения интенсивности сильных землетрясений. Изд. АН Арм. ССР, Ереван –1974. 165 с.
13. Оганесян С.М., Аветисян А.М., Геодакян Э.Г., Григорян В.Г., Варданян К.С., Карапетян С.С., Минасян Дж.О., Оганесян А.О., Симонян А.О., Тамразян А.А., Чилингарян А.З., Фиданян Проблемы геофизики и инженерной сейсмологии // Известия НАН РА, Науки о Земле, 2004, LVII, N1, 41-48.
14. Оганесян С.М. Идеи основы новой теории сейсмостойкости // В кн.: Сб. научных трудов конференции, посвященной 100-летию со дня рождения основателя ИГИС НАН РА, акад. А.Г. Назарова. – Гюмри, Изд. “Гитутюн”, НАН РА, 2008, с. 211-216.
15. Оганесян С.М. О необходимости изменения расчетной схемы колебания линейного осциллятора при кинематическом возбуждении // В кн.: Сб. научных трудов конференции, посвященной 40-летию основания ИГИС НАН РА – Гюмри, Изд. “Гитутюн”, НАН РА, 2002, с.368-380.

16. Уломов В. И. Актуализация нормативного сейсмического районирования в составе единой информационной системы «сейсмобезопасность России» // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2012. – № 1. – Т.39. – С.5-38.
17. Хачиян Э. Е. Прикладная сейсмология // Гитутюн НАН РА, 2008. 491 с.
18. Хьюбер П. Робастность в статистике. – М.: Мир, 1989.
19. Штейнберг В. В., Сакс М. В., Аптикаев Ф. Ф., Алказ В. Г., Гусев А. А., Ерохин Л. Ю., Заградник И., Кендзера А. В., Коган Л. А., Лутиков А. И., Попова Е. В., Раутиан Т. Г., Чернов Ю. К. Методы оценки сейсмических воздействий (пособия) // Вопросы инженерной сейсмологии. М.: Наука, 1993, вып. 34. 95 с.
20. Aoi, S., Obara, K., Hori, S., Kasahara, K. and Okada, Y. (2000). «New strong-motion observation network: KiK-net.» EOS. Trans. Am. Geophys. Union, Vol. 81, F863.
21. Douglas J., 2001. A comprehensive worldwide summary of strong-motion attenuation relationships for peak ground acceleration and spectral ordinates (1969 to 2000). Imperial College of Science, Technology and Medicine Civil Engineering Department London SW72BU, ESEE Report No. 01-1. P.144.
22. Fukushima Y., Berge-Thierry, C., and Volant Ph., Griot-Pommer, D. A., Cotton F. (2003). Attenuation relation for west Eurasia determined with recent near-fault records from California, Japan and Turkey. Journal of Earthquake Engineering, Vol. 7, No. 3, Imperial College Press, p.1-26.
23. Global Seismic Hazard Assessment Program (GSHAP) 1992-1999. // Ann. Di Geofis. Roma. Italy, 1999, Vol.42, N 6, pp. 955-1230.
24. Kalkan Erol. Top 5 Ground Motion Records of the March 11, 2011 M9.0 Tohoku Earthquake. March 24, 2011. P.3.
25. Kinoshita, S. (1998). «Kyoshin Net (K-NET).» Seism. Res. Lett., Vol. 69, 309-332.
26. Panza G. F., Vaccari, F. And Cazzaro, R., 1997. Correlation between macroseismic Intensities and seismic ground motion parameters, Ann. Geof., 15, 1371-1382.
27. Panza G. F., Romanelli, F. and Vaccari, F., 2001. Seismic wave propagation in laterally heterogeneous anelastic media: Theory and applications to seismic zonation. Advances in Geophysics, vol.43, 1-95.
28. Solomos G., Pinto A., Dimova S. A review of the seismic hazard zonation In national building codes In the context of Eurocode 8. EUR 23563 EN – 2008 © European Communities, 2008, 2008-72 pp. EUR – Scientific and Technical Research series – ISSN 1018-5593.
29. Wald, D. J., V. Quintro, T.H. Heaton and H. Kanamori (1999). Relationships between peak ground acceleration, peak ground velocity and Modified Mercalli Intensity in California, Earthquake Spectra, 15, 557-564.
30. Woody Epstein. A PRA Practioner looks at the Great East Japan Earthquake and Tsunami. Tokyo Institute of Technology A Ninokata Laboratory White Paper. April 29th, 2011, pp. 1/41.
31. Youngs R. R., Silva W. J., Humphrey J. R. (1997) Strong ground motion attenuation relationships for subduction zone earthquakes. Seismological Research Letters. Vol. 68, No. 1, pp. 58-73.
32. Zaalishvili V. B. (2012) Earthquake engineering // Edited by Halil Sezen, pp. 25-64.

USING RECORDED DESTRUCTIVE SEISMIC SHAKE AT GREAT JAPANESE EARTHQUAKES 11.04.2011 IN SEISMIC HAZARD ASSESSMENT

J. K. Karapetyan, Sc. Candidate (Geol.)

Institute of geophysics and engineering seismology. A. Nazarova of NAS RA,
Gyumri, Armenia, st. V. Sargsiana, 5,
e-mail: iges@mail.ru.

Seismostatistic analysis of actual instrumental data of the main shake of the Great Japan earthquake 11.04.2011 is carried out in the present work for the reveal of interaction of peak ground movement acceleration values from the epicentral distances. A number of features of the manifestation of peak acceleration values are revealed in the interval of great epicentral distances not matching the really existing seismic intensity scales.

Keywords: seismic hazard, earthquakes, instrumental records.