

УДК 550.34.01(574-25)

Н. В. СИЛАЧЕВА

(Институт сейсмологии, г. Алматы)

О МЕТОДАХ ОЦЕНКИ УСИЛЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ ГРУНТА В УСЛОВИЯХ Г. АЛМАТЫ

Аннотация. Охарактеризовано распределение и вероятные причины вариаций движений грунта в различных инженерно-геологических условиях на территории г. Алматы. На примере отдельного пункта выполнена оценка усиления сейсмических колебаний грунта с помощью наиболее простых и часто применяемых в мировой практике методик. Оценена целесообразность введения использованных методик в комплекс методов для микрорайонирования города.

Ключевые слова: вариации сейсмических колебаний грунта, спектральное отношение, методический подход.

Тірек сөздер: топырақтың сейсмикалық қозғалыстарының өзгерулері, спектралды байланыстар, әдістемелік тәсіл.

Keywords: seismic ground motion variations, spectral ratio, methodical approach.

Оценка увеличения/уменьшения интенсивности сейсмических колебаний грунта из-за влияния приповерхностной геологии входит в круг задач сейсмического микрорайонирования территорий. Как и в случае ряда мегаполисов мира, усиление колебаний слоистой средой в условиях г. Алматы осложняется нерегулярной геологической структурой глубокого осадочного бассейна с аллювиально-пролювиальным заполнением. Изучение реакции грунтов на территории города по данным записей сильных движений нами велись и ранее по мере накопления инструментальных данных [1–6 и др.]. Некоторые последние исследования [6] выполнены в сотрудничестве со специалистами Германского научно-исследовательского центра по геонаукам (GFZ). В настоящее время в связи с началом работ по обновлению карты сейсмического микрорайонирования г. Алматы возникла необходимость обновления методической базы. Проанализирована возможность использования ряда наиболее простых и часто применяемых зарубежных методик в условиях Алматинского бассейна и оценена целесообразность их введения в комплекс методов для микрорайонирования города.

Совместный анализ экспериментальных данных, полученных локальной городской сетью цифровых станций сильных движений за 12-летний период и материалов исследований инженерно-геологических условий Алматы позволяет проследить характер изменения движений грунта в зависимости от условий расположения пунктов наблюдения на территории осадочного бассейна. Хотя невозможно четко разделить влияние рыхлых приповерхностных слоев и более глубокой структуры бассейна [7], считается, что объемные волны (S-волны) особенно подвержены влиянию рыхлых осадочных слоев мощностью до 100 м, которое проявляется на периодах до 1 сек, а для 1–10 секундных движений грунта учет приповерхностных слоев не столь существен, и необходима оценка влияния очага и мощных осадочных слоев толщиной в несколько километров. В условиях Алматинского бассейна интенсивность колебаний существенно меняется в пределах города, увеличиваясь с ростом общей мощности осадочного чехла. На рисунке 1 в качестве примера приведены акселерограммы и спектры Фурье, полученные при одном из наиболее сильных землетрясений 14.02.2005 г. ($M_s = 5.9$, $h = 5$ км, $R_{\Sigma} \approx 250$ км), ощущавшихся на территории города за время работы сети. Расположение станций сети показано на фоне изоглубин [8] поверхности палеозойского фундамента и сети межблоковых и внутриблоковых разломов на территории города. Такая картина в той или иной степени сохраняется и при других событиях, зарегистрированных за пределами близкой к очагу зоны.

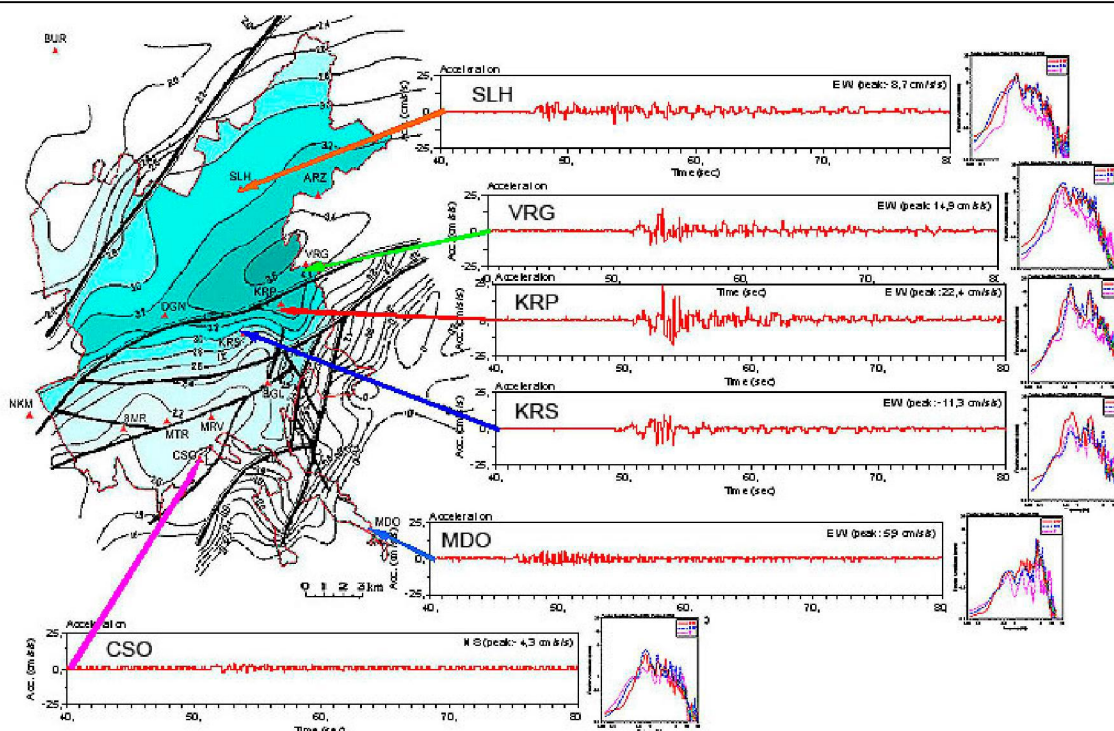


Рисунок 1 – Акселерограммы и спектры Фурье, полученные на территории Алматы при землетрясении 14.02.2005

Сравнение акселерограмм, амплитудных спектров Фурье, глубины осадочного бассейна и верхней части разреза в районе станций говорит об усилении длиннопериодных колебаний грунта на всех станциях кроме MDO (скала) за счет влияния мощного осадочного чехла. В более высокочастотной области уровень колебаний повышен на станциях, расположенных на менее прочных резонирующих слоистых грунтах (SLH, VRG и особенно KRP) по сравнению со станциями на валунно-галечниках (CSO, 8MR). На толще валунно-галечников усиление наблюдается над зоной крутого погружения борта бассейна и литологического замещения валунно-галечников на суглинки-супеси (KRS). Это же является дополнительным фактором усиления колебаний на KRP. Усиление колебания в районе MDO в узкой полосе высоких частот является результатом влияния топографических особенностей положения станции на склоне хребта, обращенном к бассейну.

На рисунке 2 можно видеть четкое разделение спектров реакции, полученных при Луговском землетрясении 22.05.2003 ($M_s = 5.6$, $h = 10$ км, $R_\theta \approx 330$ км) при трех типах грунтовых условий на территории Алматы – на выходе скального фундамента, на конусе выноса и в зоне предгорной равнины.

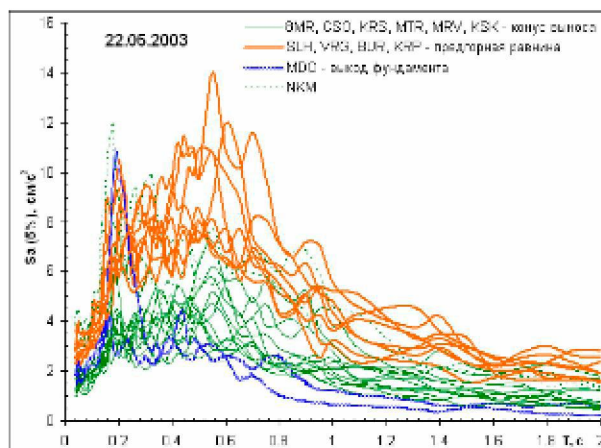


Рисунок 2 – Спектры реакции Луговского землетрясения с разделением по зонам

Традиционная методика микрорайонирования, до последнего времени использовавшаяся в Казахстане и многих постсоветских странах, основана на оценке различными методами (инженерно-геологическим, сейсмических жесткостей, сейсмологическим, расчетными) и картировании приращений сейсмической интенсивности относительно принятых средних грунтов. В зарубежной практике приращения, как правило, определяются в спектральных ускорениях (спектральной плотности ускорений) для короткопериодной и длиннопериодной частей спектра относительно грунтовых условий с хорошими сейсмическими свойствами (класс В по NEHRP [9]). Оценки выполняются и экспериментальными методами, и методами численного моделирования, получившими существенное развитие в последнее время. Достоверность оценок существенно зависит как от имеющихся данных, так и от правильности выбранного методического подхода в конкретной инженерно-геологической обстановке.

Расчет спектральных отношений по экспериментальным данным с использованием опорной станции и методом H/V, оценка реакции грунта по методу Хаскела-Томпсона и с помощью программ линейно-эквивалентного (EERA) и нелинейного (NERA) моделирования позволили определить резонансные периоды, проанализировать функции спектральных отношений, охарактеризовать картину и возможные причины вариаций движений грунта в различных инженерно-геологических условиях на территории города, выявить важные методические ограничения и необходимость поиска более сложных решений в ряде случаев. Полученные результаты рассмотрены далее на примере одной из станций сети – станции SLH.

Станция SLH расположена в зоне надпойменной террасы предгорной наклонной равнины. Мощность осадочного чехла в районе станции составляет порядка 3110 м, мощность четвертичных отложений – 250 м. В верхней части разреза располагаются лессовидные суглинки с прослоями песка и валунно-галечников. Скорость поперечных волн V_s меняется от 250 до 450 м/с, повышаясь до 530 м/с во включениях гальки на глубине 11–17 м. Грунтовые воды лежат на глубине порядка 5 м.

В качестве опорной станции использовалась MDO – единственная станция в пределах города, расположенная на выходе скального грунта. В отсутствие других станций на скале возможно как опорная подошла бы и одна из станций на конусе выноса, например, CSO, 8MR, MTR, MRV. Все они находятся вблизи разломов, что может влиять на движения грунта в зависимости от направления на очаг. Так, например, при слабом событии 28.04.01 скорость колебаний на MRV втрое превысила значения на остальных станциях. За время работы аналоговой и цифровой сетей станций сильных движений на территории Алматы достаточно ровно ведет себя CSO. Геологический разрез в районе MDO представлен выходом верхнепалеозойских пород, выветрелых и трещиноватых в верхней части. CSO расположена на валунно-галечниках конуса выноса, перекрытых слоем суглинков небольшой мощности. V_s в валунно-галечнике составляет порядка 600 м/с. Грунтовые воды лежат на глубине более 10 м. Мощность четвертичных отложений составляет около 220 м, мощность осадочного чехла – 1960 м. Регистрирующие приборы расположены на изолированных бетонных постаментов в подвальном (SLH), полуподвальном (CSO) помещениях и на 1 этаже (MDO) зданий.

При анализе спектральных отношений без использования опорной станции (метод H/V) рассматривались амплитудные спектры Фурье (сглаженные окном Парзена шириной 0.4 Гц) для трех компонент движений грунта и усредненные по всем имеющимся событиям спектральные отношения горизонтальных компоненты записи к вертикальной (H/V). Полученные графики для станций MDO (33 землетрясения), CSO (34 землетрясения) и SLH (33 землетрясения) показаны на рисунках 3, 4 и 5 соответственно.

Усредненные по всем событиям спектральные отношения для станции MDO (рисунок 3), показывают существенное приращение спектральной амплитуды (усиление) в диапазоне примерно от 2 до 6 Гц, возможно из-за топографических условий или выветрелости верхних скальных слоев. Кроме того, из-за преобладания собственного шума датчика в низкочастотном диапазоне результаты могут быть интерпретированы только на частотах выше 0.1–0.2 Гц. На CSO (рисунок 4) усиление относительно небольшое, и в отличие от MDO графики не показывают значительных отклонений от единицы в диапазоне 2–9 Гц. Усиление в районе 1.5–2 Гц не превышает значений для MDO. В низкочастотном диапазоне до 0.2 Гц здесь так же преобладает собственный шум датчика, особенно для более слабых событий.

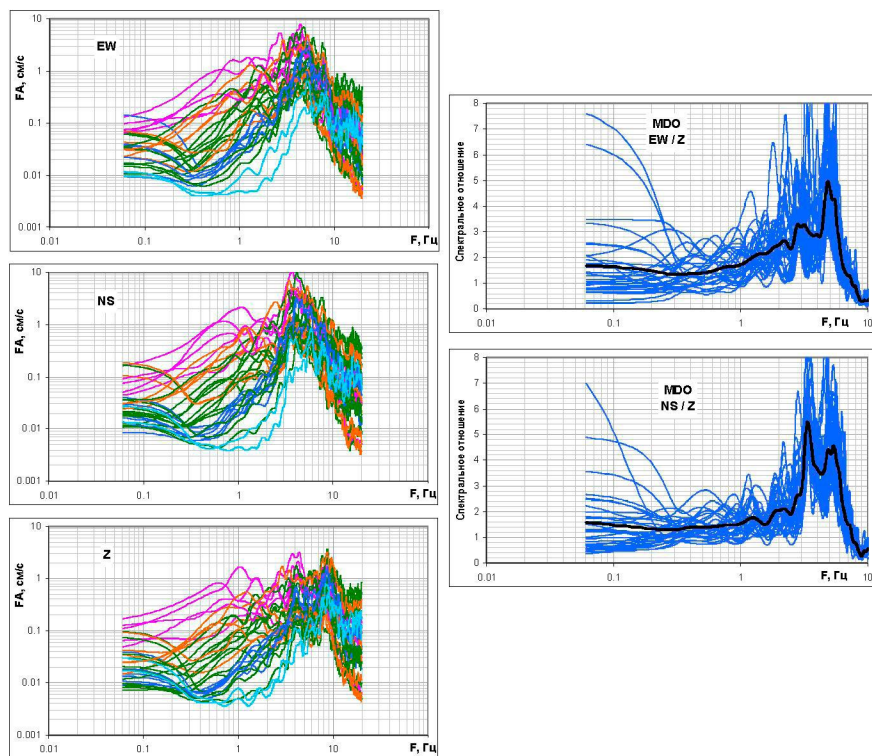


Рисунок 3 – Сглаженные амплитудные спектры Фурье (FA) и усредненные спектральные отношения H/V для станции MDO

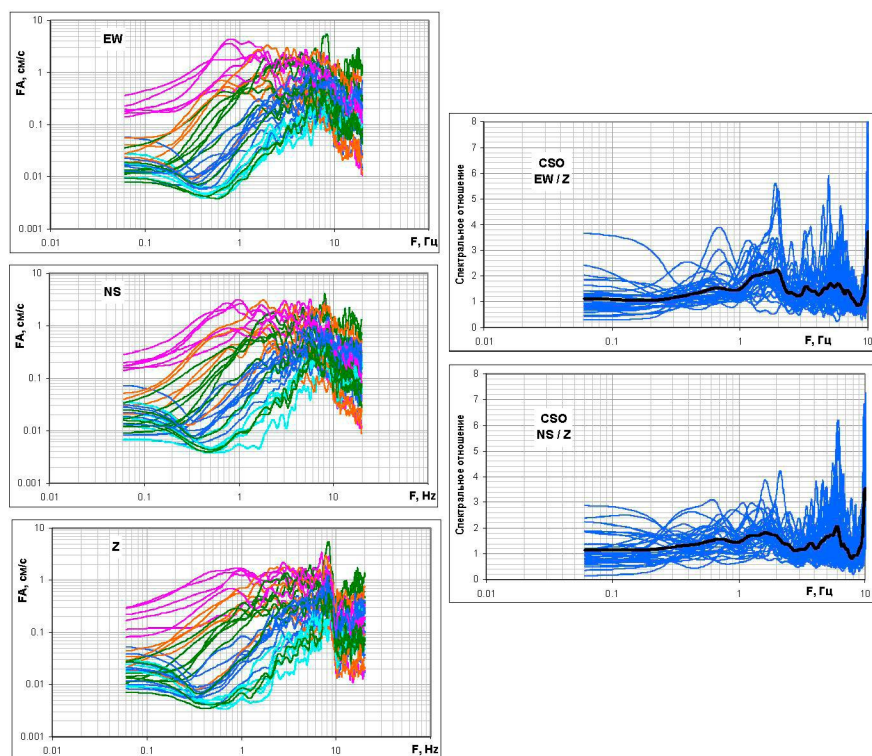


Рисунок 4 – Сглаженные амплитудные спектры Фурье (FA) и усредненные спектральные отношения H/V для станции CSO

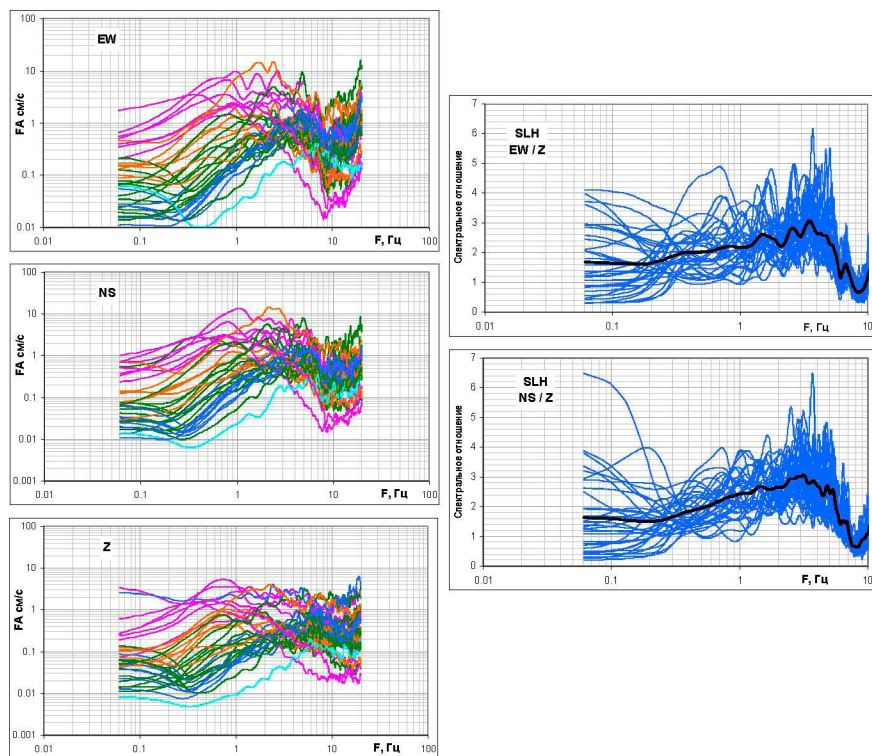


Рисунок 5 – Сглаженные амплитудные спектры Фурье (FA) и усредненные спектральные отношения Н/В для станции SLH

Для района расположения SLH метод спектральных отношений без опорной станции дает усиление в широком диапазоне частот 0.2–6 Гц, с максимальным значением 3 на частоте 3–4 Гц (рисунок 5). Полученный результат в целом согласуется с характеристиками грунтовых условий станции, показывая усиление как в высокочастотной части спектра за счет слоистости верхней части разреза, так и в низкочастотной из-за большой мощности осадочных отложений.

На тех же данных рассмотрим *спектральные отношения, полученные с использованием опорной станции*. Усиление на SLH сначала рассчитано при опорной MDO (по 23 записям), затем при опорной CSO (по 21 записи). Полученные переходные функции показаны на рисунке 6 вместе с соответствующими спектральными отношениями для SLH по методу Н/В.

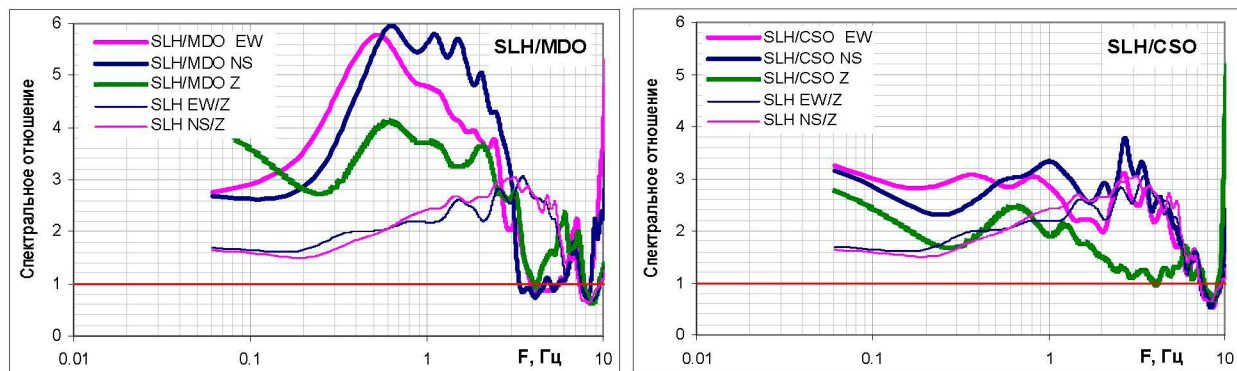


Рисунок 6 – Переходные функции для станции SLH, полученные методом спектральных отношений с использованием опорной станции (MDO слева, CSO справа).

Тонкими линиями показаны спектральные отношения для SLH по методу Н/В

Как отмечалось выше, при использовании MDO в качестве опорной мы можем интерпретировать данные в диапазоне приблизительно 0.2–2 Гц. На спектральных отношениях SLH/MDO в этой области наблюдается значительное усиление. Обращает внимание, что оно проявляется не

только на горизонтальных, но и на вертикальных компонентах. Вследствие этого кривые H/V дают более низкий уровень усиления, чем метод с опорной станцией. На кривых SLH/CSO также наблюдается усиление на вертикальной компоненте в этом же диапазоне частот, что занижает уровень кривых H/V. В области, где вертикальная компонента не усилена (2–10 Гц) спектральное отношение для SLH, полученное обеими методами хорошо согласуется. Существенно большее усиление при опорной MDO по сравнению с CSO на 0.3–1.3 Гц, не проявившееся на кривых H/V для MDO и CSO, говорит о возможном усилении вертикальной компоненты и на CSO. Проверка этого факта подтвердилась не только для CSO, но и для других станций городской сети. Это не позволяет использовать любую из них в качестве опорной.

Таким образом, из-за выявленного усиления вертикальной компоненты, возможно вызванного наличием 2D–3D эффектов в условиях глубокого осадочного бассейна, метод H/V может вызвать серьезную недооценку усиления во всем диапазоне частот, либо на отдельных его участках. В то же время он может быть полезен в комплексном анализе при оценке спектральных характеристик опорной станции, как в случае выявления влияния топографии на MDO.

Расчет реакций грунта с помощью *одномерных моделей* позволяет оценить фундаментальную резонансную частоту и более высокие гармоники в пункте. Базовым является матричный метод расчета спектральных характеристик Томпсона-Хаскелла [10, 11], позволяющий описывать процессы прохождения сейсмической волной системы слоев. По этой методике были рассчитаны реакции грунта по упрощенным характеристическим одномерным моделям. Для района расположения станции SLH строилось три модели спектральных характеристик грунтов: однослойная модель, учитывающая только границу четвертичных отложений (Q) и верхнего неогена (N₂), двухслойная модель, включающая границу также между верхним и нижним неогеном (N₂, N₁) и трехслойная модель, учитывающая структуру до Pz фундамента. В модели с одним слоем над полупространством использовалась определенная геофизическими методами [8] скорость поперечных волн в четвертичном слое. Для двухслойной и трехслойной модели брались средневзвешенные скорости. Результат расчета переходной функции для трех выделенных границ представлен на рисунке 7 вместе с эмпирическими кривыми SLH/MDO.

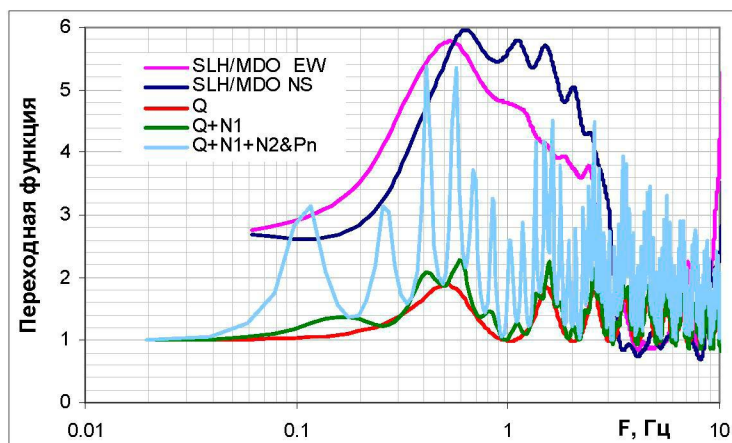


Рисунок 7 – Переходные функции для станции SLH, рассчитанные по методу Томпсона-Хаскелла для трех выделенных границ и эмпирические кривые SLH/MDO

Наличие больших скачков акустической жесткости в осадочном чехле и, особенно, на границе с палеозойским фундаментом (модель Q+N1+N2&Pn) выражается в виде больших пиков в низкочастотном диапазоне переходных функций, даваемых одномерной теоретической моделью. Оценка резонансных частот по стандартным спектральным отношениям согласуется с данными теоретической модели для SLH. Даваемые моделью пики на фундаментальной частоте и более высоких модах соответствуют части пиков на эмпирических кривых отклика SLH/MDO в интерпретируемом диапазоне частот. Вместе с тем эмпирические кривые дают большее количество спектральных пиков и большие области усиления, чем теоретические. Так в районе 1–1.2 Гц, 1.9–2 Гц экспериментальные пики не подкрепляются модельными. Такое расхождение может быть вызвано

чрезмерным упрощением распространения SH волн при моделировании. Другая причина – эффекты дифракции и рассеяния, вызванные горизонтальной неоднородностью структуры, геометрией бассейна и наличием разломов, которые осложняют волновое поле, генерируя локальные поверхностные волны. Этим, в частности, может определяться и усиление вертикальной компоненты движений грунта [6].

В практике микрорайонирования используются компьютерные программы расчета отклика слоистой среды на сейсмические воздействия на основе матричного метода SHAKE, SIREN, КОЭФ-10, EERA, NERA, и др. Для оценки спектрального отклика в районе SLH опробованы EERA и NERA. В EERA [12] реализована концепция эквивалентной линейной модели на основе вязкоупругости Кельвина-Фогхта. В NERA [13] учтен механизм нелинейного поведения грунтов при сильных сейсмических воздействиях. Рассмотрено влияние переслаивания в приповерхной 50-м части разреза над валунно-галечниками в четвертичных отложениях. Скоростной разрез и изменение удельного веса с глубиной для модели грунтовой толщи, использованные в расчетах, показаны на рисунке 8. В качестве входного импульса взята акселерограмма (компонента EW), записанная станцией MDO при Нарыньском землетрясении 01.12.2003 (PGA 0.013g, Ms5.7, Rэ 286 км). Переходные функции, полученные для уровня поверхности для расчетной модели, приведены на рисунке 9 вместе со спектральными отношениями SLH/MDO и переходной функцией, полученной при упрощенном моделировании методом Хаскелла-Томпсона для всего осадочного чехла.

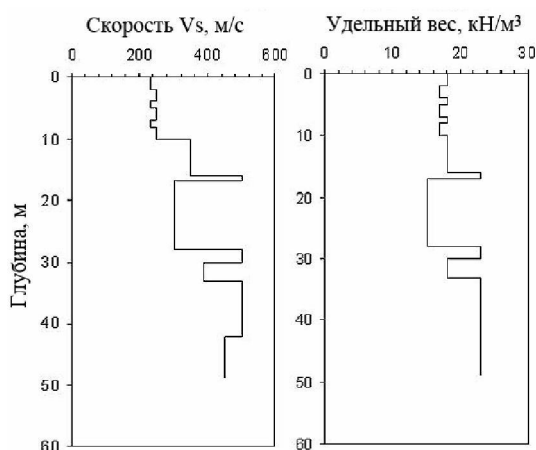


Рисунок 8 – Скоростные и плотностные параметры модели

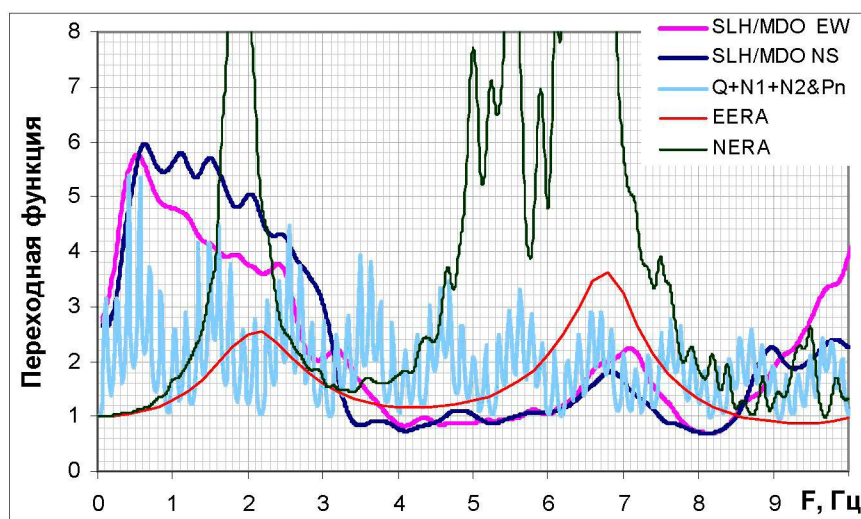


Рисунок 9 – Переходные функции, даваемые программами EERA и NERA для заданной модели

Модель грунтовой толщи построена до глубины 50 м и, следовательно, дает характеристики реакции грунта в высокочастотной области (>1 Гц). Более детальный учет слоистости при моделировании привел к появлению пика в районе 2 Гц, присутствующего на эмпирических переходных функциях, но не проявившихся в предыдущем упрощенном расчете для трехслойной модели, описывавшем влияние только границ между Q, N1, N1+Pg и Pz. Кроме того, помимо пика в районе 6.7–7 Гц, присутствующего на всех полученных переходных функциях, нелинейный расчет дает усиление в диапазоне 4.8–5.6 Гц, не проявленное на эмпирических функциях из-за топографического усиления на MDO в этой области, и не отразившееся на данных линейно-эквивалентного расчета. Уровень усиления в случае EERA занижен, а в случае NERA завышен по сравнению с эмпирическим. Программа нелинейного анализа изначально рассчитана на значительно более сильный входной импульс, что и могло проявиться в переоценке уровня усиления. Недооценка в случае EERA может быть связана с погрешностями в моделировании профиля (скважины находятся на удалении от станции) и учетом возможного усиления за счет 2D–3D эффектов в условиях глубокого бассейна. Таким образом, по модельным данным для низкочастотной и высокочастотной части спектра получены пики на частотах, соответствующих пикам на эмпирических спектральных отношениях (где опорная станция позволяет их видеть). Также получена область усиления в зоне, где особенности опорной станции не позволяют интерпретировать данные. Пик на частоте 1.1 Гц, наблюдаемый на SLH/MDO, явился исключением из этого вывода и модельными данными не воспроизводится. Это может быть результатом неучета какой-то из границ со скачком сейсмической жесткости ниже 50 м, либо также влиянием поверхностных волн из-за геометрии бассейна.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Метод H/V нужно применять с осторожностью из-за усиления вертикальной компоненты практически на всех станциях сети. Из-за возможного наличия 2D–3D эффектов в условиях глубокого осадочного бассейна этот метод может вызвать серьезную недооценку усиления во всем диапазоне частот, либо на отдельных его участках.
2. Применяя метод спектральных отношений с опорной станцией необходимо учитывать, что при использовании MDO в качестве опорной невозможна интерпретация данных в диапазоне 2–6 Гц из-за вероятного влияния топографических условий или выветрелости верхних скальных слоев и на частотах до 0.1–0.2 Гц из-за преобладания собственного шума датчика.
3. Расчетные методы должны применяться совместно с эмпирическими. Заложенные при 1-D моделировании условия горизонтальной слоистости не выполняются в условиях осадочного бассейна Алматинской впадины, что может приводить к недоучету уровня усиления. Погрешности моделирования из-за недостатка данных приводят к пропуску пиков. Результаты расчета по программе NERA для более сильного входного импульса необходимо сравнить с эмпирическими спектральными отношениями для района с близкими грунтовыми условиями, где имеются записи землетрясений с высоким уровнем PGA.
4. В дальнейшем при прогнозе сейсмических воздействий в условиях г. Алматы требуется учитывать результаты 2-3D моделирования.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Силачева Н.В. Нелинейные явления при сильных движениях грунта на территории Алматы // «Проблемы предотвращения последствий разрушительных землетрясений» доклады Первого казахстанско-японского семинара 25–28 июня 2001 г. – Алматы, 2002. – С. 149–156.
- 2 Силачева Н.В. Влияние геологических условий Алматы на вариации параметров записей сильных землетрясений // Доклады НАН РК. – 2002. – № 4. – С. 71–80.
- 3 Силачева Н.В. Оценка усиления колебаний грунта за счет локальных условий в Алматы методом спектральных отношений // «Исследования сейсмостойкости сооружений и конструкций» труды КазНИИССА. – Вып. 21(31). – Алматы, 2006. – С. 143–152.
- 4 Абаканов Т., Силачева Н.В., Кулбаева У.К., Кравченко Н.А., Воецкий А.Е. Каталог параметров движений грунта по данным цифровой сети станций сильных движений на территории г. Алматы за 2000–2010 гг. – Алматы, 2011. – 133 с.
- 5 Силачева Н.В. Анализ сейсмических воздействий на территории г. Алматы по данным сети станций сильных движений. Алматы // Изв. НАН РК. – 2011. – № 2. – С. 39–48.
- 6 Силачева Н.В., Бинди Д., Пильц М., Паралаи С. Оценка влияния локальных условий в Алматы по имеющимся данным микровибраций и землетрясений // Изв. НАН РК. – 2011. – № 3. – С. 54–62.

7 Kawase H., K. Aki. A study on the response of a soft basin for incident S, P, and Rayleigh waves with special reference to the long duration observed in Mexico City, BSSA. – 1989. – Vol. 79. – P. 1361-1382.

8 Шапилов В.И. Методика исследований при оценке сейсмической опасности территории. – Алма-Ата.: Наука КазССР, 1989. – 207 с.

9 NEHRP recommended provisions for seismic regulations for new buildings and other structures (FEMA 450). 2003. Edition. Program on Improved Seismic Safety Provisions of BSSC, the National Institute of Building Sciences. – Washington: D.C., 2004. – 356 с.

10 Thompson W.T. Transmission of elastic waves through a stratified solid material // J. Appl. Phys. – 1950. – Vol. 21, N 2. – P. 89-93.

11 Haskell N.A. Asymptotic approximation for the normal models in sound channel wave propagation // J. Appl. Phys. – 1951. – Vol. 22. – P. 157-168.

12 Bardet J.P., Ichii K., Lin C.H. EERA: A Computer program for Equivalent-linear Earthquake site Response Analysis of Layered soil deposits. – Department of Civil Engineering. – University of Southern California, 2000. – 40 p.

13 Bardet J. P., Tobita T. NERA: A Computer program for Nonlinear Earthquake site Response Analyses of Layered soil deposits. – Department of Civil Engineering. – University of Southern California, 2001. – 46 p.

REFERENCES

1 Silacheva N.V. Nelineynye yavleniya pri silnyih dvizheniyah grunta na territo-rii Almatyi. «Problemyi predotvrascheniya posledstviy razrushitelnyih zemletryaseniy» dokladyi Pervogo kazhastansko-yaponskogo seminaru 25–28 iyunya 2001 g. Almatyi, 2002. S. 149-156.

2 Silacheva N.V. Vliyanie geologicheskikh usloviy Almatyi na variatsii parametrov zapisey silnyih zemletryaseniy. Dokladyi NAN RK. 2002. N 4. S. 71-80.

3 Silacheva N.V. Otsenka usileniya kolebaniy grunta za schet lokalnykh usloviy v Almatyi metodom spektralnykh otnosheniy. «Issledovaniya seysmoustoykosti sooruzheniy i konstruksiy» trudyi KazNISSA. Vyip. 21(31). Almatyi, 2006. S. 143-152.

4 Abakanov T., Silacheva N.V., Kulbaeva U.K., Kravchenko N.A., Voetskiy A.E. Kata-log parametrov dvizheniy grunta po dannym tsifrovoy seti stantsiy silnyih dvizheniy na territorii g. Almatyi za 2000–2010 gg. Almatyi, 2011. 133 s.

5 Silacheva N.V. Analiz seysmicheskikh vozddeystviy na territorii g. Almatyi po dannym seti stantsiy silnyih dvizheniy. Almatyi: Izvestiya NAN RK. 2011. N 2. S. 39-48.

6 Silacheva N.V., Bindi D., Pilts M., Paralai S. Otsenka vliyaniya lokalnykh us-loviy v Almatyi po imeyuschimsya dannym mikrovibratsiy i zemletryaseniy. Izv. NAN RK. 2011. N 3. S. 54-62.

7 Kawase, H. and K. Aki. A study on the response of a soft basin for incident S, P, and Rayleigh waves with special reference to the long duration observed in Mexico City, BSSA. 1989. Vol. 79. P. 1361-1382.

8 Shatsilov V.I. Metodika issledovaniy pri otsenke seysmicheskoy opasnosti territorii. Alma-Ata: Nauka KazSSR, 1989. 207 s.

9 NEHRP recommended provisions for seismic regulations for new buildings and other structures (FEMA 450). 2003. Edition. Program on Improved Seismic Safety Provisions of BSSC, the National Institute of Building Sciences. Washington: D.C., 2004. 356 с.

10 Thompson W.T. Transmission of elastic waves through a stratified solid material. J. Appl. Phys. 1950. Vol. 21, N 2. P. 89-93.

11 Haskell N.A. Asymptotic approximation for the normal models in sound channel wave propagation. J. Appl. Phys. 1951. Vol. 22. P. 157-168.

12 Bardet J.P., Ichii K., Lin, C. H. EERA: A Computer program for Equivalent-linear Earthquake site Response Analysis of Layered soil deposits, Department of Civil Engineering. University of Southern California. 2000. 40 p.

13 Bardet J.P., Tobita T. NERA: A Computer program for Nonlinear Earthquake site Response Analyses of Layered soil deposits, Department of Civil Engineering. University of Southern California. 2001. 46 p.

Резюме

Н. В. Силачева

(Сейсмология институты, Алматы қ.)

АЛМАТЫ ҚАЛАСЫ ЖАҒДАЙЫНДАҒЫ ТОПЫРАҚТЫҢ СЕЙСМИКАЛЫҚ ҚОЗҒАЛЫСТАРЫНЫҢ ӨРШҮІН БАҒАЛАУ ӨДІСТЕРІ ТУРАЛЫ

Алматы қаласы аймағындағы әртүрлі инженерлі-геологиялық жағдайлардағы топырақ қозғалыстарының ықтималды өзгеру себептері және олардың таралулары сипатталған. Жекелеген орындағы мысалда топырақтың сейсмикалық қозғалыстарының өршуін өте қарапайым және әлемдік тәжірибеде жиі қолданылатын әдістердің көмегімен бағалау жүргізілді. Пайдаланылған әдістерді қаланы микроаудандау мақсатындағы кешенді әдістемеге енгізуге сәйкес келетіндігі бағаланды.

Тірек сөздер: топырақтың сейсмикалық қозғалыстарының өзгерулері, спектралды байланыстар, әдістемелік тәсіл.

Summary

N. V. Silacheva

(Institute of Seismology, Almaty)

ON THE EVALUATION METHODS OF SEISMIC GROUND MOTION AMPLIFICATION
IN THE CONDITIONS OF ALMATY CITY

The pattern and probable causes of ground motion variations in different engineering-geological conditions of Almaty city are characterized. A case study of evaluation of seismic ground motion amplification by some simple techniques frequently used in the world practice is considered. An expediency of the used techniques application within the methodical complex for Almaty city microzonation is evaluated.

Keywords: seismic ground motion variations, spectral ratio, methodical approach.

Поступила 10.09.2014 г.