

УДК 550.343.9

Камчыбеков М.П., Егембердиева К.А.,
Камчыбеков Ы.П., Кынатов З.Р.
Институт сейсмологии НАН КР,
Бишкек, Кыргызстан

ПОСТРОЕНИЕ КАРТ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ЧАСТОТ МИКРОСЕЙСМОКОЛЕБАНИЙ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА КАРАКОЛ

Аннотация. В работе приведены результаты построения карт фундаментальных частот территории г. Каракол. Карта фундаментальных частот отображает картину грунтовых откликов от микроколебаний, позволяющих судить о характере колебаний грунтов при сильных землетрясениях и уточняет значения резонансных частот на конкретных участках городской территории в целях уточнения мощности грунтовых отложений и проведения соответствующих антисейсмических мероприятий. Для решения поставленных задач использован метод Накамуры.

Ключевые слова: микроколебания, фундаментальные частоты, мощность отложений, диапазон частот.

КАРАКОЛ ШААРЫНЫН АЙМАГЫНДАГЫ МИКРОСЕЙСМОТЕРМЕЛҮҮНҮН ФУНДАМЕНТАЛДЫК ЖЫШТЫГЫНЫН КАРТАСЫН ТҮЗҮҮ

Кыскача мазмуну. Ушул иште Каракол шаарынын аймагында алынган фундаменталдык жыштыктын картасы түзүлгөн. Фундаменталдык жыштыктын картасы жер кыртышынын микросейсмикалык термелүүгө болгон чагылдырышынын сүрөтүн көрсөтөт, ал катуу жер титирөөдө жана шаардын аймагындагы конкреттүү жер участкакторундагы кыртыштын резонанстык жыштыктарынын маанилерин тактоо жана антисейсмикалык иш-чараларды жүргүзүү максаты үчүн маанисин тактоо менен жер кыртышынын термелүүсүнүн мүнөзү тууралуу ой жорууга шарт түзөт. Алдыга коюлган максаттарга жетишүү үчүн Накамура ыкмасы колдонулган.

Негизги сөздөр: микротермелүү, фундаменталдык жыштык, катмардын калыңдыгы, жыштык диапозону.

CREATION OF FUNDAMENTAL FREQUENCIES MAP OF MICROSEISMIC VIBRATIONS FOR THE KARAKOL CITY

Abstract. Results of fundamental frequencies map creation for the Karakol city are presented in this work. The fundamental frequencies map displays a picture of ground responses of microvibrations, which allow define features of ground vibrations during strong earthquakes, and clarifies the resonance frequencies on specific sites of the city for corresponding clarification of soil deposit thickness and anti-seismic activities conducting. Nakamura method was used for solution of these tasks.

Keywords: microvibration, fundamental frequencies, deposition thickness, frequency range.

Важным элементом сейсмического микрорайонирования является расчёт локальных усилений грунтов относительно базовых оценок сейсмической интенсивности. Одним из способов получения данных для решения задач микрорайонирования является регистрация микросейсмических колебаний (микросейсм) [2,4-11]. Для обработки и анализа записей микросейсм используется метод Накамуры [3], позволяющий исключить фактор синхронности, а также необходимость привязки усилений к эталонным грунтам.

Данный метод основан на определении отношения горизонтальных и вертикальных компонент амплитудного спектра Фурье смещений грунта и позволяет исследовать лишь приповерхностный слой земной коры.

Большинство исследований [12,13], проведённых ранее, показывают, что распределение повреждений от землетрясений в некоторой частотной области коррелировано с её фундаментальной частотой. Однако, другие исследования указывают также на то, что в зависимости от типов подстилающих грунтов, вторая усиливающая частота поверхностного слоя играет важную роль в создании резонанса в сооружениях во время землетрясения [14,15] и др. В условиях застроенности городской территории невысокими зданиями и сооружениями, многократно усиленная частота во время землетрясения может вызвать резонанс в широком диапазоне частот, способный привести к обрушению конструкций зданий и сооружений. Изменение в пространстве резонансных свойств верхней части разреза грунта играет значительную роль в усилении колебаний от землетрясений и может внести значительный вклад в развитие сейсмического микрорайонирования [11].

Для территории г. Каракол в рамках сотрудничества совместно со специалистами из Германского центра исследований (GFZ) и Центрально-Азиатского института исследований Земли (ЦАИИЗ) выполнены работы по определению фундаментальных частот на основе записей микросейсм. Для проведения записей микроколебаний использовался сейсмоприемник типа - Geophone / MARK L-4C-3D. Точечные измерения микроколебаний на территории города проведены в 34 точках с делением сетки в 1 км (рисунок 1). Запись осуществлялась по трем компонентам: двум горизонтальным – В-З, С-Ю; и вертикальной – Z. В каждом пункте наблюдения запись микросейсм производилась в течение 40 минут, с частотой выборки 100 Гц. Каждый компонент зарегистрированного сигнала был скорректирован основной линией и разделен на «окна», эквивалентные 60 сек. Отдельно для каждого отрезка «окна» был выполнен Фурье-анализ.

Основными источниками микроколебаний являются транспортные и промышленные шумы, ветровые эффекты на деревьях и зданиях. В таблице 1 приведены координаты глубоких скважин и значения мощностей поверхностных слоев по скважинам.

Таблица 1

Координаты глубоких скважин и значения мощностей поверхностных слоев по скважинам

Номера СКВ.	Долгота	Широта	Мощность поверхностного слоя, м
4151	78.402	42.581	550
7677	78.369	42.535	168
7676	78.391	42.498	518
4829	78.41	42.455	451
1248	78.45	42.411	20.2

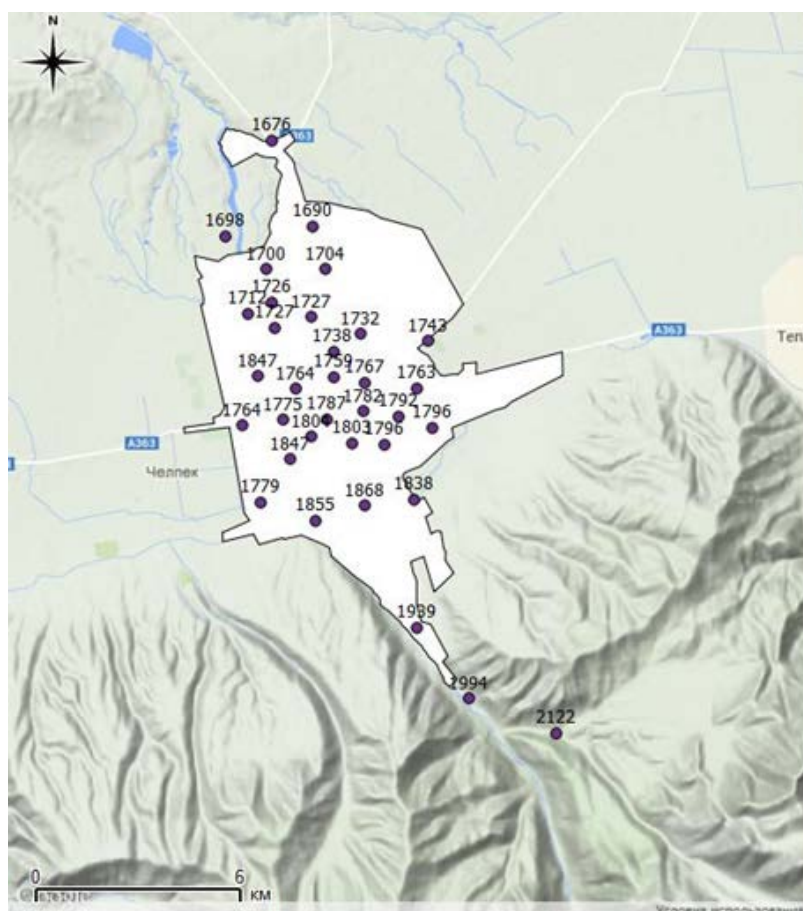


Рисунок 1. Пункты наблюдения микросейсм на территории г. Каракол. Кржочками показаны пункты наблюдения и их номера

Следует отметить, что большинство исследователей в своих теоретических предположениях по определению сайт-эффектов, предпочитают опираться на поверхностные волны, однако, значимость объёмных волн не может быть исключена [7,10,11]. В данной работе расчётные значения фундаментальных частот получены по объёмным волнам, в рамках теоретических положений используемого метода [3]. В методе Накамура предполагается, пренебречь поверхностными волнами в спектральном соотношении и, следовательно, спектральная зависимость H/V будет связана с передаточной функцией по объёмной S-волне.

Значения скоростей объёмных волн по инженерно-геологическим характеристикам [1] в районе исследования, где грунты представлены в основном валунно-галечниками, относятся ко II категории в соответствии со СНиП [17,18] и соответствуют значениям $V_s=900\text{м/с}$. Исходя из этого, получены значения фундаментальных частот для грунтовых отложений территории г. Каракол, и построена карта фундаментальных частот площади исследования. Карта фундаментальных частот территории г. Каракол отображает картину грунтовых откликов от микроколебаний, позволяющих судить о характере колебаний грунтов при сильных землетрясениях и уточнить значения резонансных частот на конкретных участках городской территории в целях сейсмического микрорайонирования и проведения соответствующих антисейсмических мероприятий.

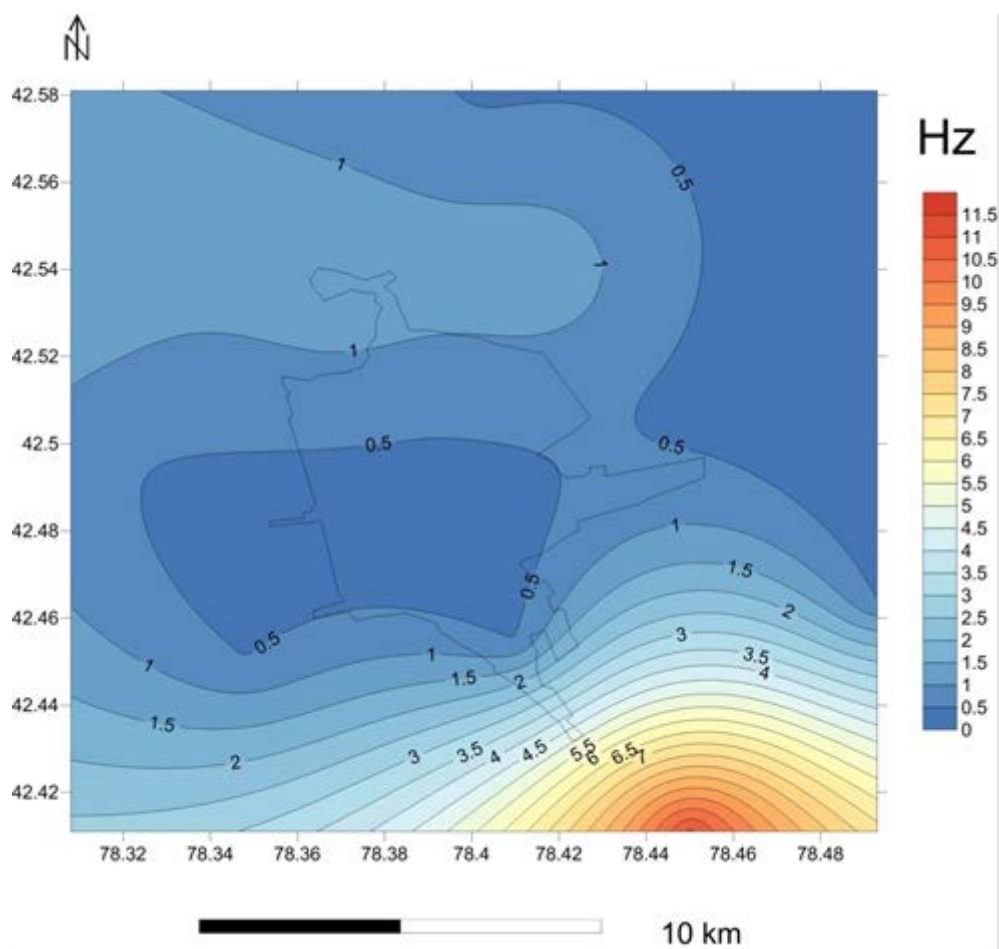


Рисунок 2. Карта фундаментальных частот территории г. Каракол (Паролай С., Камчыбеков М. и др.).

На карте фундаментальных частот территории г. Каракол (рисунок 2) видно, что для северной части городской территории значения фундаментальных частот соответствуют 1.0-1.5 Гц. В центральной части города преобладают значения фундаментальных частот в пределах 0.5 Гц. Для восточной окраины городской территории характерны значения частот до 1.0 Гц. Что касается самой южной части города, то здесь наблюдаются величины фундаментальных частот в широком диапазоне - от 0.5 до 5.0 Гц. Полученные величины фундаментальных частот микросейсмоколебаний согласуются, как следует из инженерно-геологических условий местности, с мощностью поверхностных отложений. Так, по данным глубокой скважины 7677 для северной части города толщина поверхностного слоя равна 168 м. Для центральной части городской территории мощность покровных отложений соответствует 518 м (Скв.7676). По направлению к южной окраине города она снижается от 429 м (Скв.4829) до 20.2 м (Скв.1248), что, соответственно, отражается на значениях фундаментальных частот, возрастающих до 5 Гц. На рисунке 3 приведены совмещённые карты фундаментальных частот и сейсмического микрорайонирования территории г. Каракол. Анализ карт фундаментальных частот и сейсмического микрорайонирования территории г. Каракол показывает, что 8-балльная зона территории города охватывает площадь со значениями фундаментальных частот в широком диапазоне частот от 0.5 Гц до 4.0 Гц; 9-балльная зона включает участки в интервале частот 1.0-5.0 Гц; более 9-ти баллов зона находится в пределах частот 1.0-1.5 Гц.

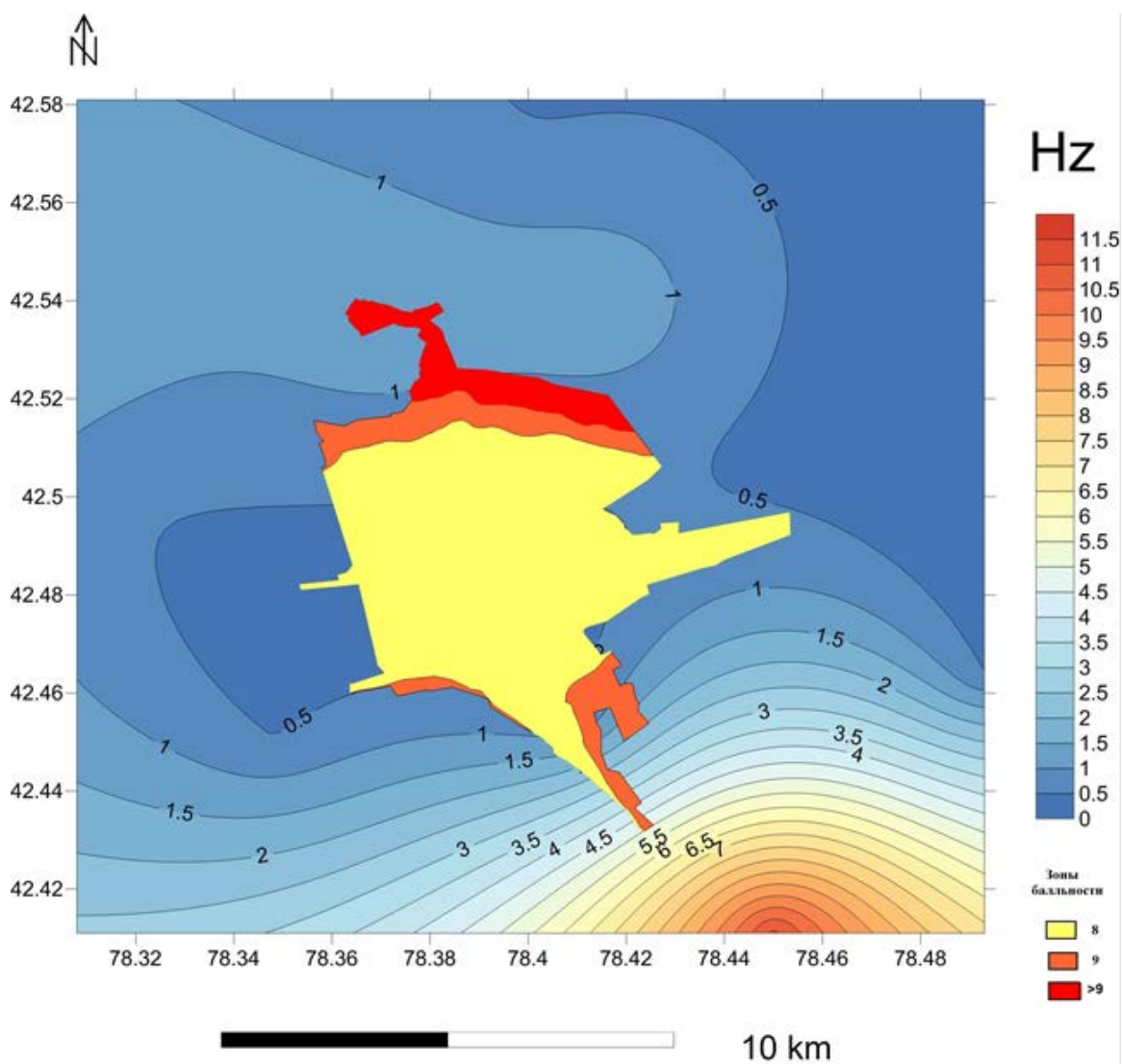


Рисунок 3. Совмещённые карты фундаментальных частот и сейсмического микрорайонирования территории г. Каракол.

Выводы

Сравнение карт фундаментальных частот и сейсмического микрорайонирования территории г. Каракол показывает, что 8-балльная зона территории города охватывает площадь со значениями фундаментальных частот в широком диапазоне частот от 0.5 Гц до 4.0 Гц; - 9-балльная зона включает участки в интервале частот 1.0-5.0 Гц; - более 9-ти баллов зона находится в пределах частот 1.0-1.5 Гц. Следует отметить, что определение фундаментальных частот в данном исследовании имело целью выявление мощности поверхностных отложений и использования этого показателя для уточнения резонансного эффекта на том или ином локальном участке.

Литература

1. Комплексное сейсмическое микрорайонирование территории г. Каракол. Отчёт. Часть вторая, том II, книга II. Бишкек. 1995г. Фонды Института сейсмологии НАН КР.
2. Kanai K. (1957). The requisite conditions for predominant vibration of ground. // Bulletin of Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 31, p. 457.

3. Nakamura Y. (1989). A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. // Quarterly Report of the Railway Technical Research Institute, 30 (1), p. 25-33.
4. Bonnefoy-Claudet S., Cornou C., Bard P-Y., Cotton F., Moczo P., Kristek J and Fah D. (2006 b). H/V ratio: a tool for site effects evaluation. Results from 1-D noise simulations. //Geophysical Journal International, 167, p. 827-837.
5. Delgado J., Casado CL., Lopez Giner J., Estevez A., Cuenca A. and Molina S. (2000). Microtremors as a Geophysical Exploration Tool: Applications and Limitations. // Journal of Pure and Applied Geophysics, 157, p. 1445-1462.
6. Field E. and Jacob K. (1993). The theoretical response of sedimentary layers to ambient seismic Noise. // Geophysical Research Letters, 20(24), p. 2925-2928.
7. Parolai S., Richwalski SM., Milkereit C. and Bormann P. (2004). Assessment of the stability of H/V spectral ratios from ambient noise and comparison with earthquake data in the Cologne area (Germany). //Tectonophysics, 390, p. 57-73.
8. Paudyal Y.R., Yatabe R., Bhandary N.P., Dahal R.K., 2012. A study of local amplification effect of soil layers on ground motion in the Kathmandu Valley using microtremor analysis, Earthq Eng & Eng Vib 11, p. 257-268, DOI: 10.1007/sl 1803-012-0115-3.
9. D'Amico V., Picozzi M., Albarello D., Naso G. and Tropenscovino S. (2004). Quick estimates of soft sediment thicknesses from ambient noise horizontal to vertical spectral ratios: a case study in southern Italy. //Journal of Earthquake Engineering, 8(6), p. 895-908.
10. Parolai S., Bormann P. and Milkereit C. (2002). New relationship between Vs thickness of sediments and resonance frequency calculated by the HA/ ratio of seismic noise for the Cologne area (Germany). // Bulletin of the Seismological Society of America, 92(6), p. 2521-2527.
11. Parolai S., Orunbaev S., Bindi D., Strollo A., Usupaev S., Picozzi M., Di Giacomo D., Augliera P., D'Alema E., Milkereit C., Moldobekov B., Zschau J. (2010), Site Effects Assessment in Bishkek (Kyrgyzstan) Using Earthquake and Noise Recording Data. // Bulletin of the Seismological Society of America, 100, 6, p. 3068-3082.
12. Gosar A. (2007). Microtremor HVSR study for assessing site effects in the Bovec basin (NW Slovenia) related to 1998 Mw 5.6 and 2004 Mw5.2 earthquakes. // Engineering Geology, 91, p.178 - 193.
13. Gosar A. and Martinec M. (2009). Microtremor HVSR study of Site effects in the Ilirska Bistrica Town Area (S Slovenia). // Journal of Earthquake Engineering, 13, p. 50-67.
14. Fah D., Suhadolc P., Mueller St., Panza GF. (1994). A hybrid method for the estimation of ground motion in sedimentary basins: quantitative modeling for Mexico City. // Bulletin of the Seismological Society of America, 84, p. 383-99.
15. Toshinawa T., Taber JL. and Berril JB. (1997). Distribution of ground motion intensity inferred from questionnaire survey earthquake recordings and microtremors measurements-a case study in Christchurch New Zealand during the Arthurs Pass earthquake. // Bulletin of seismological Society of America, 87, p. 356-69.
16. Сейсмическое микрорайонирование. Под ред. С.В. Медведева. М.: Наука, 1977. – С. 140-141.
17. СНиП КР 20-02:2009. Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования. Бишкек. — 2009 - 103с.
18. СНиП II-7 81*. Строительство в сейсмических районах / Госстрой СССР. – М.: АПП ЦИТП, 1991 – 50с.

Рецензент: д.ф.-м.н. Погребной В.Н.