

УДК 550.34

DOI: 10.23671/VNC.2013.4.55525

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ БАЗЫ ДАННЫХ СИЛЬНЫХ ГРУНТОВЫХ ДВИЖЕНИЙ

© 2013 В. Б. Заалишвили, д.ф.-м.н., проф., К. С. Харебов, к.т.н., А. К. Харебов

Центр геофизических исследований Владикавказского научного центра РАН
PCO-A, Россия, 362002, Владикавказ, Маркова, 93а, e-mail: cgi_ras@mail.ru

В работе рассмотрена зависимость частотных характеристик от магнитуды вблизи эпицентра события и вдали от него на основе инструментальных записей землетрясений системы KNET с мая 1996 г по декабрь 2012 г.

Ключевые слова: Землетрясения, сильные грунтовые движения, KNET, эпицентр.

Исследование взаимных зависимостей параметров сильных грунтовых движений проводилось с помощью базы данных сильных грунтовых движений [Заалишвили, Харебов, 2007], разработанной на основе инструментальных записей KNET [Kinoshita, 2003]. Данные содержат: время события и время начала записи, географические координаты события и станции, глубину очага, магнитуду, код станции, продолжительность записи, запись ускорений с частотой 100 Гц для трех каналов NS, EW, UD. Данные включают в себя файлы, с экспериментально измеренными параметрами грунтов для всех станций до глубины 20 м: коэффициент пенетрации, скорость продольных и поперечных волн в грунте, плотность грунта, вид грунта – гравий, песок, ил, почва, глина, торф и скала. Имеются графические изображения указанных инженерно-геологических разрезов. При этом необходимо отметить, что указанные инженерно-геологические разрезы описывают строения участков расположения соответствующих сейсмических станций, представляющих густую сеть регистрационной системы сильных грунтовых движений. В настоящее время база содержит все записи (около 11 тысяч) с интенсивностью MSK от 5 баллов и выше начиная с мая 1996 г по 2012 г включительно. Также в базе данных содержатся записи с эпицентрными расстояниями от 0 до 3 км включительно при любой интенсивности.

Целью работы было исследование зависимости частотных характеристик от магнитуды. Вначале были рассмотрено распределение частотных параметров на близких и далеких эпицентральных расстояниях. В нашем исследовании мы рассматриваем события с расстоянием до эпицентра менее 3 км. Эти события с большой степенью вероятности мы можем назвать произошедшими в эпицентре землетрясения. Мы исследовали 462 записи с эпицентрными расстоянием до 3 км. Распределение частот имеет нормальный вид.

Для далеких эпицентральных расстояний диапазон частот максимума спектра Фурье составляет от 0 до около 18 Гц. Среднее значение частоты максимума спектра Фурье составляет 4,2 Гц. Гистограмма распределения частот показана на рис. 1а. Аналогичные результаты для эпицентральных расстояний до 3 км представлены на рис. 1б. Отметим, что спектр Фурье в данном случае начинается от 1,32 Гц.

Среднее значение частоты максимума спектра Фурье составляет 8,3 Гц, т. е. почти в два раза выше, чем вдали от эпицентра.

На рис. 2 представлены результаты исследования по средневзвешенной по спектру Фурье частоты. Для далеких эпицентральных расстояний диапазон средневзвешенной по спектру Фурье частоты составляет от 0 до около 16 Гц. Среднее значение средневзвешенной по спектру Фурье частоты составляет 7,5 Гц. Гистограмма распределения частот показана на рис. 2а. Аналогичные результаты для эпицентральных расстояний до 3 км представлены на рис. 2б. Отметим, что спектр Фурье в данном случае начинается от 6,07 Гц. Среднее значение средневзвешенной по спектру Фурье частоты составляет 12,6 Гц, т. е. почти в полтора раза выше, чем вдали от эпицентра.

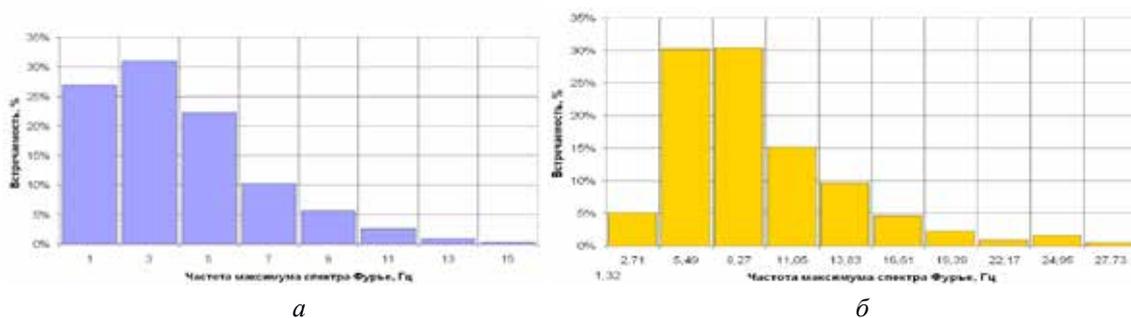


Рис. 1. Гистограмма частоты максимума спектра Фурье при эпицентральных расстояниях более 3 км (а), и менее 3 км (б).

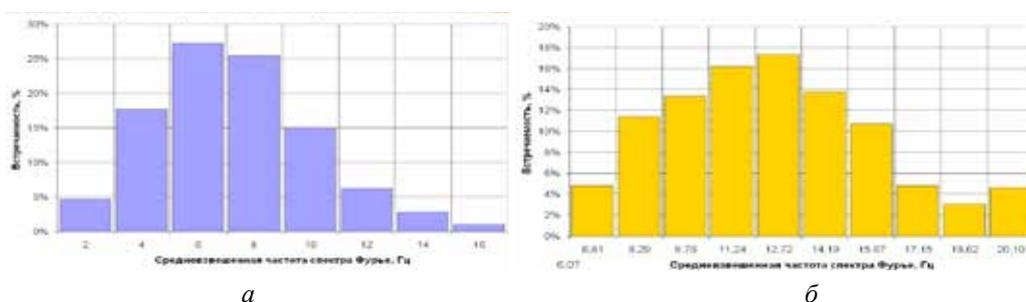


Рис. 2. Гистограмма средневзвешенной по спектру Фурье частоты при эпицентральных расстояниях более 3 км (а), и менее 3 км (б).

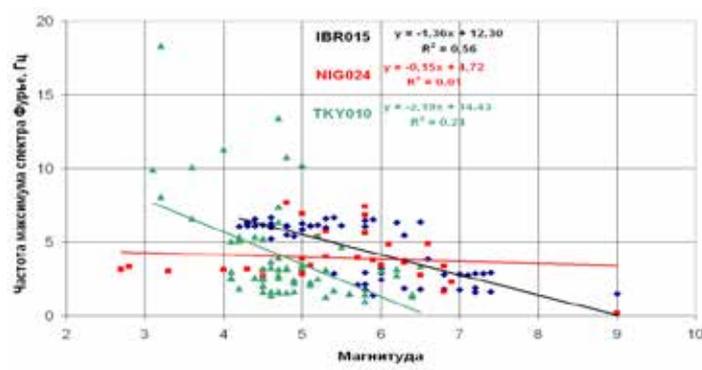
Среди записей вблизи источника, с эпицентральным расстоянием менее 3 км были выбраны станции с максимальным количеством соответствующих записей: IBR015, NIG024, ТКУ010. Грунтовые характеристики этих станций приведены в табл. 1.

Была рассмотрена зависимость частотных характеристик на этих станциях от магнитуды. Характер зависимости частоты максимума спектра Фурье от магнитуды представлен на рис. 3. Четко прослеживается линейный характер связи. С увеличением магнитуды частота максимума спектра Фурье спадает. R^2 достаточно значимый. На больших расстояниях от источника представляют интерес две точки (1,5 Гц для IBR015 и 0,2 Гц для NIG024) на рис. 3а за соответствующие катастрофическому 9-ти балльному землетрясению 11 Марта 2011 г. На рис. 3а накладывается еще и зависимость от эпицентрального расстояния, с увеличением которого частоты спадают. А вот вблизи эпицентра (рис. 3б) подобная зависимость является достаточно «чистой» – на нее не накладывается влияние эпицентрального расстояния.

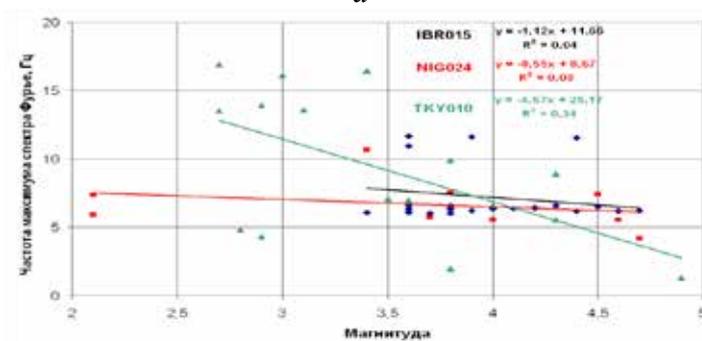
Таблица 1

Параметры грунтов станций

Станция	Плотность, кг/м ³	V _p , м/с	V _s , м/с	Категория СНиП	Строение грунта
IBR015	1780	1457	209	3	До 2,2 – Fill soil, 2,2-4,2 – торф, 4,2-14,5 – песок, 14,5-16,6 – silt, ниже 16,6 – песок
NIG024	1880	1497	374	2	До 0,4 – насыпь, 0,4-1,6 – почва, 1,6-8 – гравелистый грунт, 8-9 – глина, Ниже 9 – скала
ТКУ010	1660	709	223	2	До 0,15 – поверхностный слой, 0,15-16,8 – песок, Ниже 16,8 – гравий



а



б

Рис. 3. Зависимость частоты максимума спектра Фурье от магнитуды при эпицентральных расстояниях более 3 км (а), и менее 3 км (б).

Результаты по станции ТКУ010 показывают, что при увеличении эпицентрального расстояния угол наклона кривой зависимости частоты максимума спектра Фурье от магнитуды уменьшается, так же как и R². Результаты по станции IBR015 показывают, что частота максимума спектра Фурье с расстоянием спадает. А вблизи эпицентра – эта величина практически постоянна (в пределах 3 км). Результаты по станции NIG024 показывают практическое отсутствие зависимости.

Характер зависимости средневзвешенной частоты спектра Фурье от магнитуды представлен на рис. 4. Так же как и на рис. 3, прослеживается линейный характер связи. С увеличением магнитуды средневзвешенной частоты спектра Фурье

спадают. На больших расстояниях от источника представляют интерес две точки (5 Гц для IBR015 и 3 Гц для NIG024) на рис. 4а соответствующие катастрофическому 9-ти балльному землетрясению 11 Марта 2011 г. На рис. 4а накладывается зависимость от эпицентрального расстояния, с увеличением которого частоты спадают. Вблизи эпицентра (рис. 4б) на нее не накладывается влияние эпицентрального расстояния.

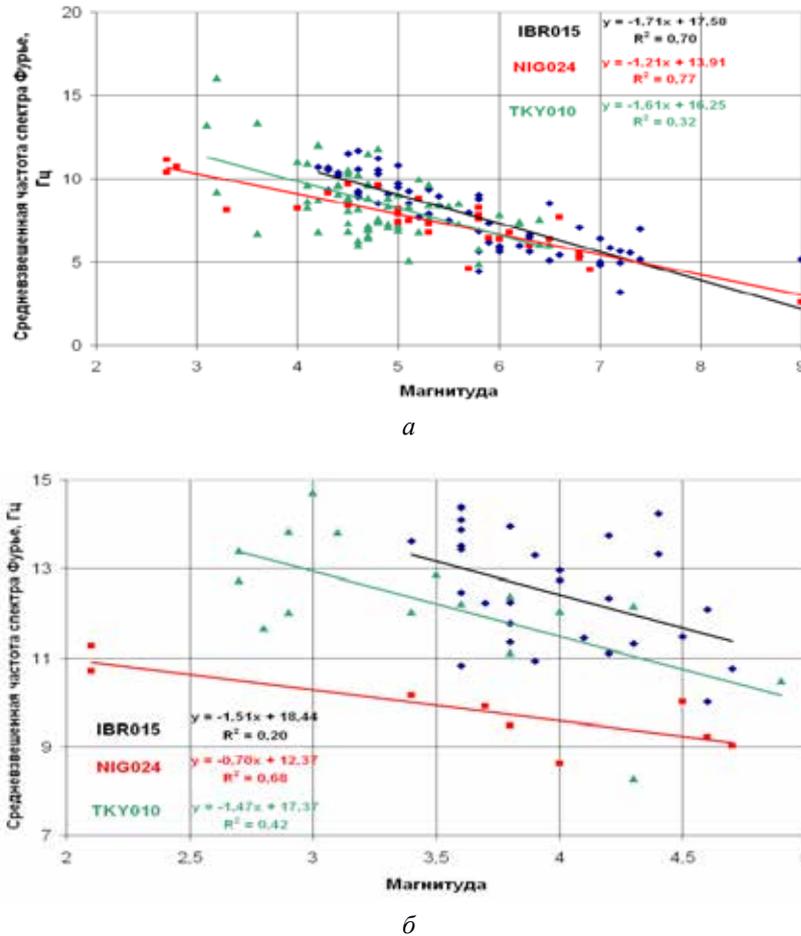
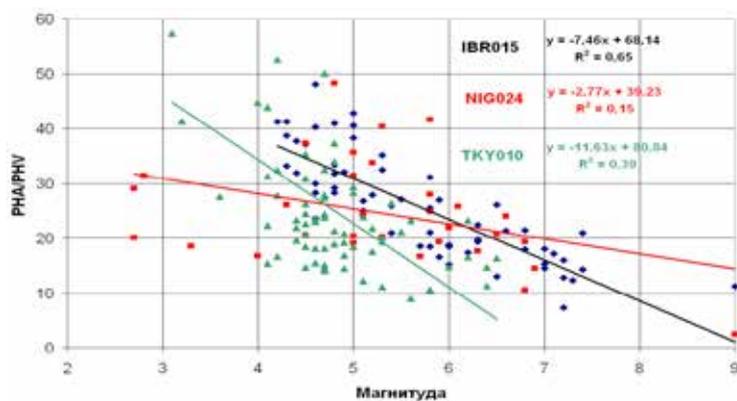


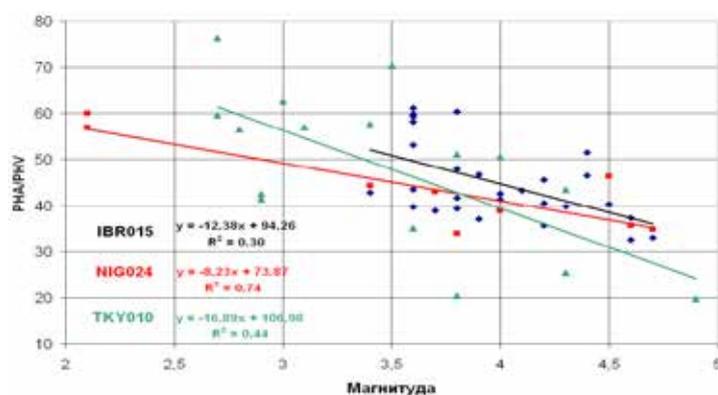
Рис. 4. Зависимость средневзвешенной частоты спектра Фурье от магнитуды при эпицентральных расстояниях более 3 км (а), и менее 3 км (б).

Результаты по станции ТКУ010 показывают, что характер зависимости частоты максимума спектра Фурье от магнитуды практически не меняется как вблизи, так и вдали от эпицентра, так же как и R2. Результаты по станциям IBR015 и NIG024 показывают поведение, аналогичное станции ТКУ010.

Также было исследовано отношение пикового горизонтального ускорения к пиковой горизонтальной скорости, имеющего размерность частоты (рис. 5). Так же как и на рис. 3 и 4, прослеживается линейный характер связи. С увеличением магнитуды отношение пиковых горизонтальных ускорения к скорости спадает. На больших расстояниях от источника представляют интерес две точки (2 Гц для IBR015 и 12 Гц для NIG024) на рис. 5а соответствующие катастрофическому 9-ти балльному землетрясению 11 Марта 2011 г. На рис. 5а накладывается зависимость от эпицентрального расстояния, с увеличением которого частоты спадают. Вблизи эпицентра (рис. 5б) на нее не накладывается влияние эпицентрального расстояния.



а



б

Рис. 5. Зависимость отношения пиковых горизонтальных ускорения к скорости от магнитуды при эпицентральных расстояниях более 3 км (а), и менее 3 км (б).

Результаты по станции NIG024 показывают, что при увеличении эпицентрального расстояния угол наклона кривой зависимости отношения пиковых горизонтальных ускорения к скорости от магнитуды уменьшается, так же как и R^2 . Результаты по станциям IBR015 и TKY010 показывают, что отношение пиковых горизонтальных ускорения к скорости с расстоянием спадает.

Заключение

Из вышеизложенного следует, что частоты вблизи источника всегда выше, чем в отдалении от него. Зависимость частот от магнитуды имеет линейный характер, который вероятнее всего зависит от свойств грунтов. Это и является первоочередной задачей дальнейших исследований.

Литература

1. Заалишвили В.Б., Харебов А.К. Базы данных сильных движений и взаимосвязь показателей движения при землетрясениях. Современное состояние и пути развития юга России. Ростов-на Дону: Изд. ЮНЦРАН, 2007, с.455-461.
2. Kinoshita S. Kyoshin Net (K-NET), Japan. Int. Handbook of Earthquake and Engineering seismology, v. 81B, 2003, pp.1049-1056.

DOI: 10.23671/VNC.2013.4.55525

STATISTICAL ANALYSIS OF PARAMETERS OF STRONG GROUND MOTIONS DATABASE

**© 2013 V. B. Zaalishvili, Sc. Doctor (Phys.-Math.), prof., C. S. Kharebov, Sc.
Candidate (techn.), A. C. Kharebov**

Center of Geophysical Investigations of VSC RAS and RNO-A, Markova str. 93a,
Vladikavkaz, Russia, 362002, e-mail: cgi_ras@mail.ru

The dependence of the frequency characteristics on magnitude near and away from the epicenter of the event on the basis of instrumental records of earthquakes (KNET system) from May 1996 to December 2012 are considered in present work.

Keywords: earthquakes, strong ground motions, KNET, epicenter.