

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 550.34

ВЛИЯНИЕ ПОГЛОЩАЮЩЕЙ СРЕДЫ
НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН

Н.Г. КУХАЛЬСКИЙ

*Военная академия Республики Беларусь
Калиновского, 4, Минск, 220103, Беларусь**Поступила в редакцию 12 ноября 2007*

Рассмотрен метод прогнозирования формы и параметров амплитудно-частотного спектра сейсмического сигнала на некотором удалении от исходной точки как в сторону распространения волны, так и в противоположную при условии, что форма и параметры амплитудно-частотного спектра сейсмического сигнала в исходной точке известны.

Ключевые слова: сейсмология, волны, спектр.

Как правило, истинная траектория движения частиц почвы неизвестна, поэтому обычно говорят о динамических характеристиках записанной сейсмической волны, к которым можно отнести амплитуду и форму сейсмического сигнала, параметры амплитудно-частотного спектра (АЧС).

Из [1] известно, что функция, характеризующая уменьшение амплитуды плоской монохроматической волны, распространяющейся в однородной среде, описывается выражением:

$$\psi_p(f_v, x_v) = \frac{S_v(f_v, x_v)}{S_{v0}(f_v, 0)} = \exp(-\alpha_p(f_v) x_v), \quad (1)$$

где $S_v(f_v, x_v)$ — АЧС в точке x_v ; f_v — частота сейсмической волны; $S_{v0}(f_v, 0)$ — АЧС в начальной точке; α_p — коэффициент поглощения; x_v — расстояние, пройденное сейсмической волной.

Зависимость $\psi_p(f_v, x_v)$ является функцией поглощения сейсмических волн для заданного расстояния x_v . Как следует из (1), $\psi_p(f_v, x_v)$ определяется зависимостью коэффициента поглощения α_p от частоты f_v . Если коэффициент поглощения α_p — линейная функция частоты, то функция $\psi_p(f_v, x_v)$ описывается выражением $\psi_p(f_v, x_v) = \exp(-\beta_p f_v x_v)$, где β_p — коэффициент, характеризующий скорость возрастания величины α_p при увеличении частоты f_v .

Если волна, пришедшая в точку, находящуюся на расстоянии x_v от источника, прошла на своем пути через несколько сред с различными поглощающими свойствами, то функция поглощения для рассматриваемого расстояния примет вид

$$\psi_p(f_v, \Delta_{v_i}) = \exp\left(-\sum_{i=1}^l \alpha_{pi}(f_v) \Delta_{v_i}\right),$$

где $\alpha_{pi}(f_v)$ — коэффициент поглощения i -го участка пути; Δ_{v_i} — длина i -го участка пути.

АЧС сейсмической волны, прошедшей путь x_v в однородной поглощающей среде, можно представить в виде произведения

$$S_v(f_v, x_v) = S_{v0}(f_v, 0) \Psi_p(f_v, x_v). \quad (2)$$

С учетом того, что $\alpha_p = \vartheta f_v / v_R$, выражение (2) примет вид

$$S_v(f_v, x_v) = S_{v0}(f_v, 0) \exp\left(-\frac{\vartheta f_v x_v}{v_R}\right), \quad (3)$$

где ϑ — декремент поглощения.

На рис. 1,а представлена экспериментальная сейсмограмма проезда легкового автомобиля "Фольксваген Гольф-2". На рис. 1,б изображен усредненный энергетический спектр этой сейсмограммы в интервале времени $[a, b]$. Длина временного интервала $[a, b]$ соответствует четырем выборкам по $N=1024$ отсчетов с частотой дискретизации $F_d=8$ кГц.

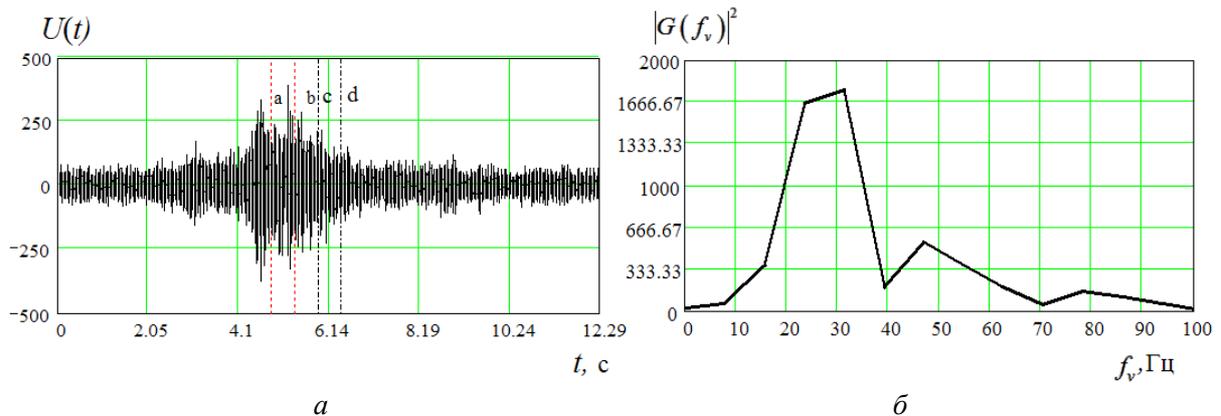


Рис. 1. Сейсмограмма проезда легкового автомобиля (а); исходный усредненный энергетический спектр сейсмограммы проезда легкового автомобиля в интервале времени $[a, b]$ (б)

Используя выражение (3), сделаем прогноз формы АЧС записи поверхностной волны Релея, прошедшей расстояние $x_v=10$ м в грунте с декрементом затухания $\vartheta=0,33$. На рис. 2,а представлен исходный усредненный по четырем неперекрывающимся выборкам энергетический спектр сейсмического сигнала в интервале времени $[c, d]$ (рис. 1,а). На рис. 2,б изображен прогнозируемый усредненный по четырем неперекрывающимся выборкам энергетический спектр сейсмического сигнала в интервале времени $[c, d]$, полученный путем преобразования исходного усредненного энергетического спектра.

Используя описанный подход, возможно на основании АЧС сейсмического сигнала в исходной точке прогнозировать его форму на некотором удалении от этой точки как в сторону распространения волны, так и в противоположную.

Таким образом, на основании изложенного материала можно сделать следующий вывод: при распространении сейсмической волны в поглощающей среде уменьшается ее амплитуда и изменяется форма [2].

Изменение формы АЧС сейсмической волны зависит от формы АЧС волны в точке, принятой за начало отсчета, от поглощающих свойств среды и от длины пути, пройденного волной. Поглощение, как правило, приводит к значительному ослаблению высокочастотной части спектра и к понижению преобладающих в спектре частот, при этом преобладающий в записи период колебания волны увеличивается. Изменение АЧС за счет поглощения выражено тем сильнее, чем больше поглощение в среде и чем шире исходный спектр $S_{v0}(f_v, x_v)$. Поглощающая среда воздействует на сейсмическую волну как фильтр низкой частоты.

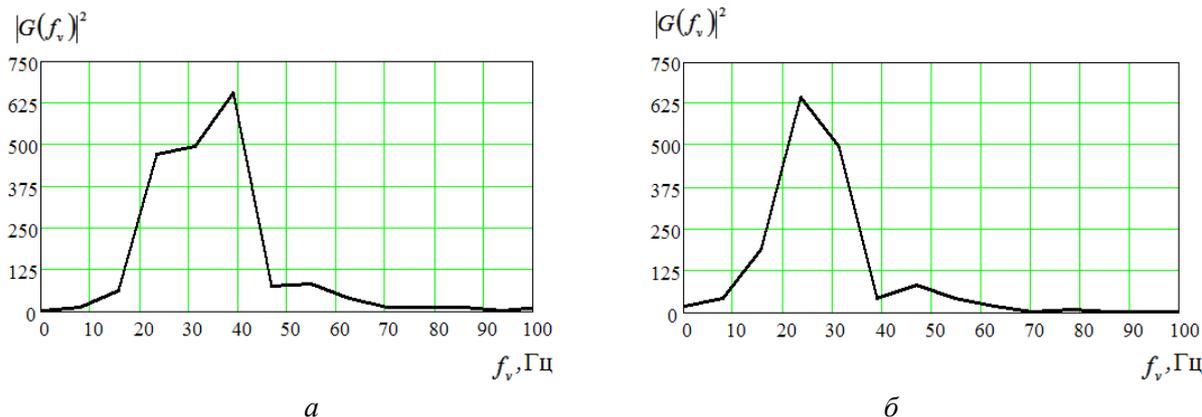


Рис. 2. Усредненный энергетический спектр сейсмограммы проезда легкового автомобиля в интервале времени $[c, d]$ (a — экспериментальный энергетический спектр; b — прогнозируемый энергетический спектр)

В некоторых случаях, если АЧС $S_{v0}=(f_v, x_v)$ имеет точки перегиба, в АЧС $S_{v0}=(f_v, x_v)$ возможно появление на некоторых расстояниях нескольких преобладающих частот [3].

Различия в фазовых скоростях компонент сейсмической волны могут привести к изменению формы сейсмической волны при ее распространении.

INFLUENCE CONSUMING AMBIENCE ON SPREADING THE SEISMIC WAVES

N.G. KUKHALSKI

Abstract

The considered method of the forecasting of the form and parameter amplitude-frequency spectrum of the seismic signal on a certain removing from source point, as aside spreading the wave, so and in opposite provided that the form and parameters amplitude-frequency spectrum of the seismic signal in source point known.

Литература

1. Берзон И.С., Епинатьева А.М., Парийская Г.Н., Стародубровская С.П. Динамические характеристики сейсмических волн в реальных средах. М., 1962.
2. Горелик Г.С. Колебания и волны. Введение в акустику, радиофизику и оптику. М., 1959.
3. Берзон И.С. Об изменении преобладающих частот сейсмических волн при увеличении расстояния от источника колебаний. Изв. АН СССР. Сер. Геофизика. № 1. 1956.