

**01 О НЕСОСТОЯТЕЛЬНОСТИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ  
ДААННЫХ ПАССИВНОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ, ОСНОВАННОЙ НА МОДЕЛИ ПЛОСКОГО ПОЛЯ**

П.Н.Александров  
(ЦГЭМИ ИФЗ РАН, Троицк)

**ABOUT THE CONSISTENCY OF INTERPRETATION DATA PASSIVE SEISMIC, BASED ON THE MODEL  
OF THE FLAT FIELD**

Alexandrov P.N.  
(GEMRC IPE RAS, Troitsk)

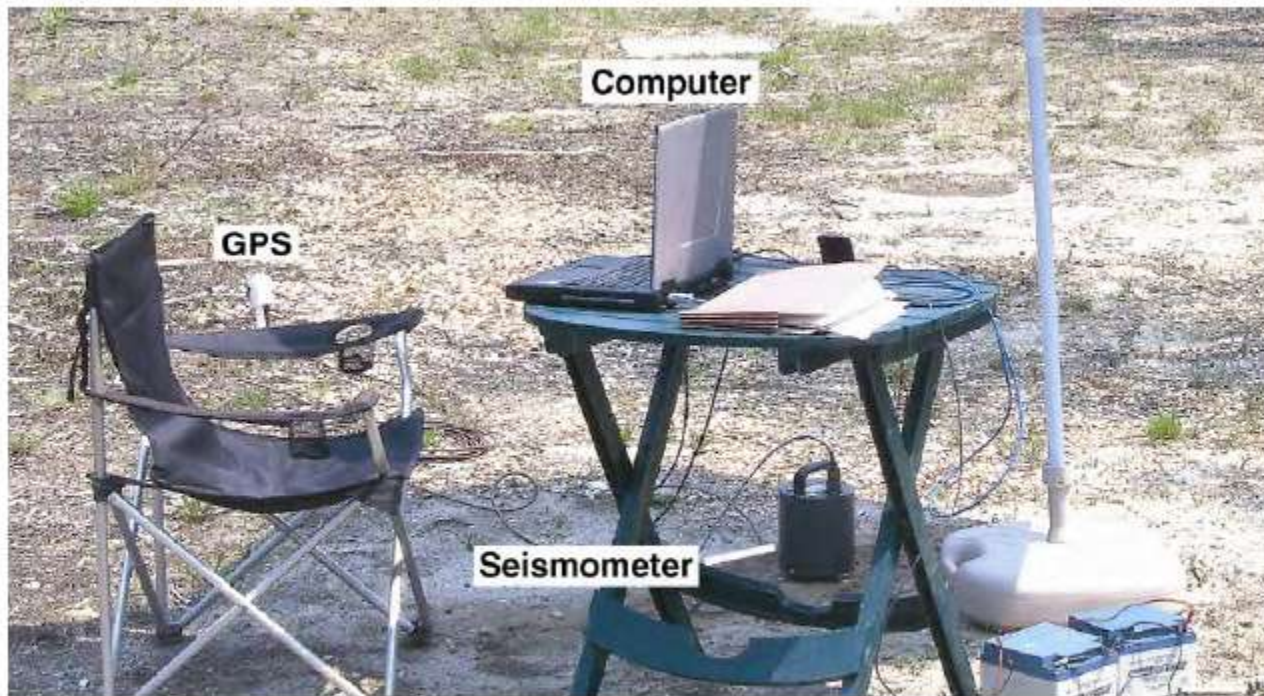
**ESTIMATION OF BEDROCK DEPTH USING THE  
HORIZONTAL-TO-VERTICAL (H/V) AMBIENT-NOISE  
SEISMIC METHOD**

*John W. Lane, Jr., U.S. Geological Survey, Storrs, CT*

*Eric A. White, U.S. Geological Survey, Storrs, CT*

*Gregory V. Steele, U.S. Geological Survey, Lincoln, NE*

*James C. Cannia, U.S. Geological Survey, Lincoln, NE*



**Figure 4:** Three-component seismometer connected to field laptop for H/V seismic surveys.

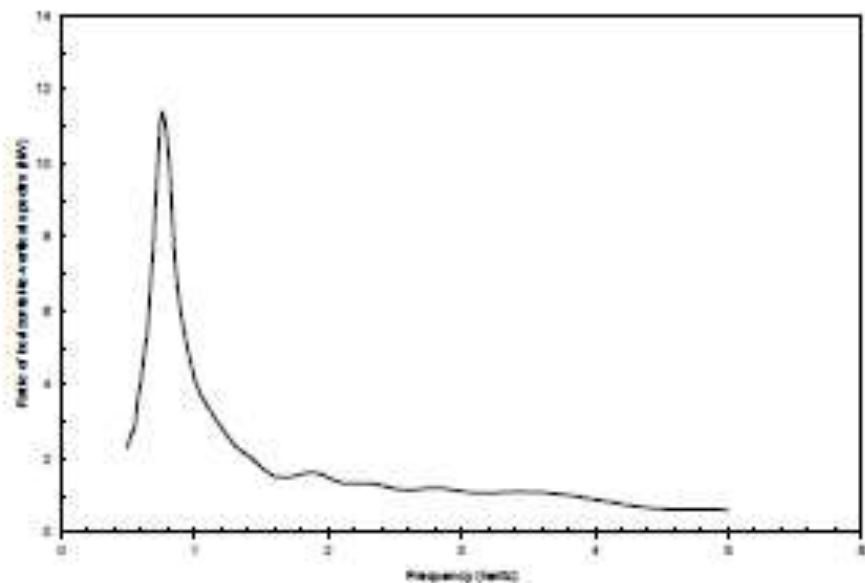


Figure 6: H/V spectral plot of ambient-noise seismic data from First Encounter Beach, Cape Cod, Massachusetts.

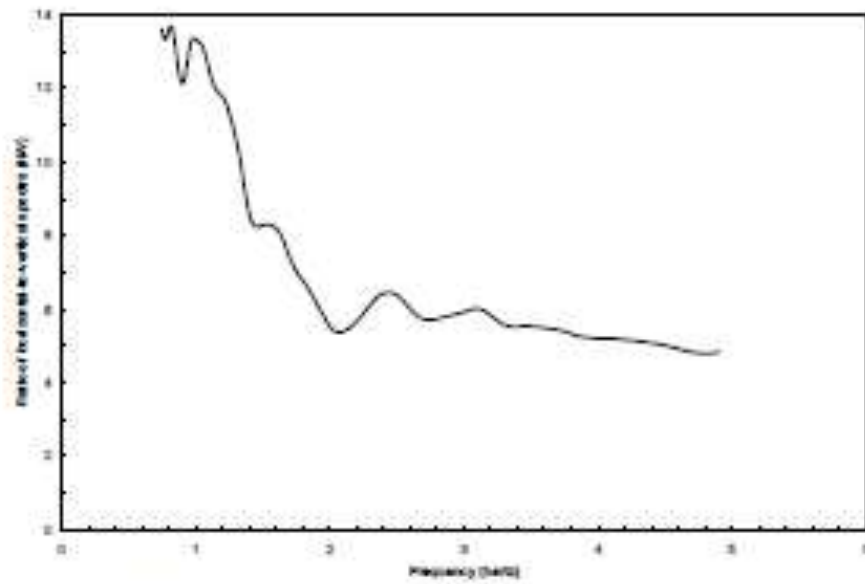
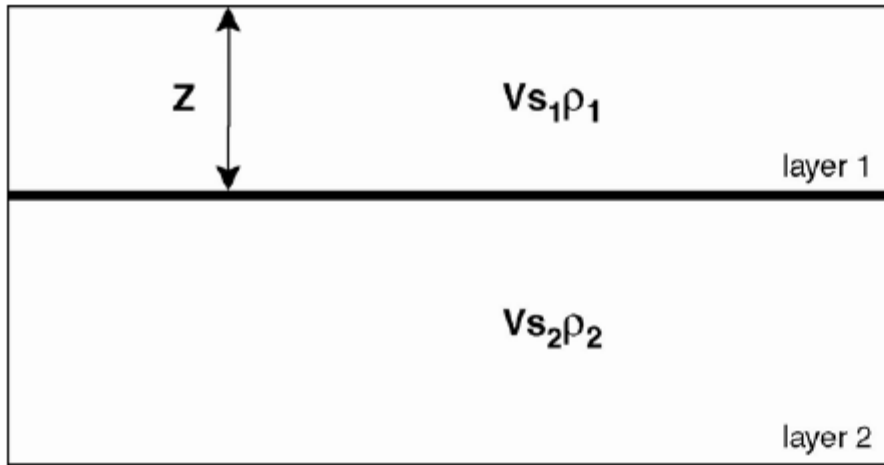


Figure 7: H/V spectral plot of ambient-noise seismic data from site 10NE07, Firth, Nebraska.



**Figure 1:** Conceptual earth model for H/V seismic method. The method assumes  $V_{s2}\rho_2 \geq 2V_{s1}\rho_1$ , where  $V_{s1}$  and  $V_{s2}$  are the shear wave velocities in layers 1 and 2, respectively, and  $\rho_1$  and  $\rho_2$  are the densities in layers 1 and 2, respectively.  $Z$  is the thickness of layer 1 (sediment).

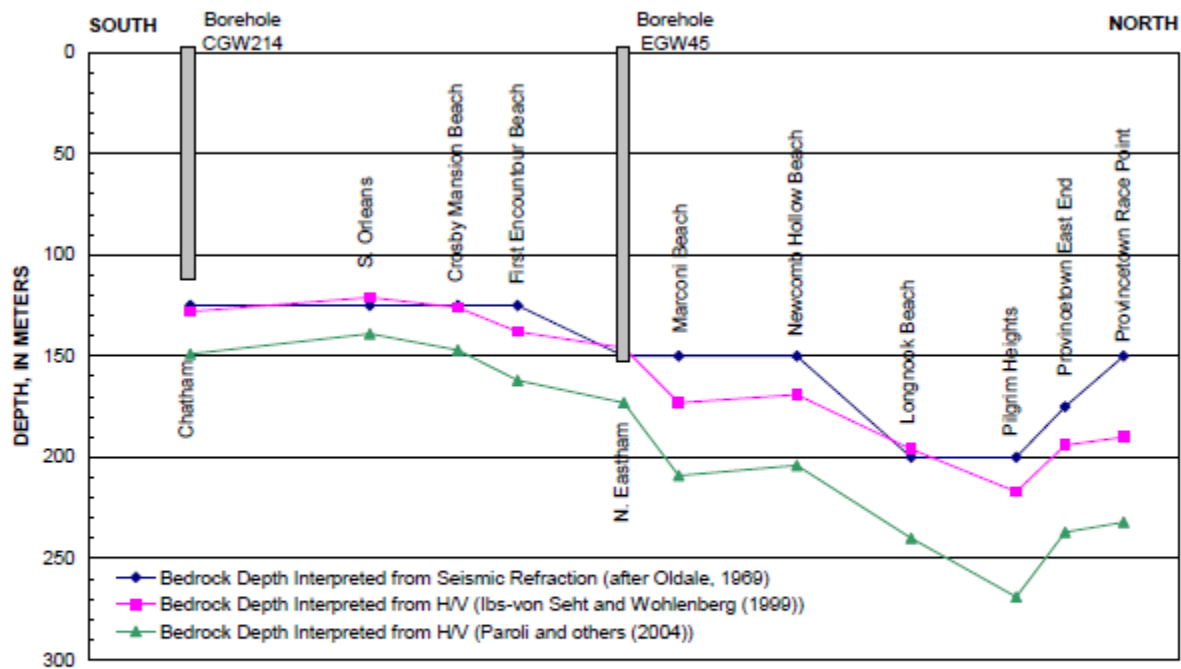
For sites that can be approximated as a two-layer model (Figure 1), the seismic resonance frequency,  $f_m$ , of the  $n^{\text{th}}$  mode is related to sediment thickness,  $Z$ :

$$f_m = (2n+1)(V_s / 4Z), \quad (1)$$

where  $V_s$  is the average shear-wave velocity in meters per second (m/s) of the sediment layer overlying bedrock,  $Z$  is given in meters, and  $f_m$  is given in hertz (Hz) (Ibs-von Seht and Wohlenberg, 1999). The fundamental resonance frequency,  $f_{r0}$ , is given when  $n = 0$ , and higher-order modes of the resonance frequency are given by  $n \geq 1$ . Nakamura (1989) showed that the fundamental resonance frequency of a site can be determined from the ratio of the horizontal [ $S(\omega)_{NS}$  and  $S(\omega)_{EW}$ ] and vertical [ $S(\omega)_V$ ] spectra of the ambient seismic noise, where  $\omega$  is the angular frequency. Delgado and others (2000) compute the H/V spectral ratio as:

$$H/V(\omega) = \{[S^2(\omega)_{NS} + S^2(\omega)_{EW}] / 2S^2(\omega)_V\}^{1/2} \quad (2)$$

It is important to note that the H/V method assumes a strong ( $\geq 2:1$ ) contrast in the acoustic impedance (product of material density and seismic velocity) of the bedrock and the overlying layer of sediments. The method is ineffective in geologic settings where this assumption does not hold, such as sites where there is gradational cementation, deep weathering, or strong heterogeneity.



**Figure 8:** Profile of bedrock surface along outer Cape Cod, Massachusetts, interpreted from H/V results, and depth to bedrock interpreted from seismic refraction surveys and boring logs.

## Модель среды и решение прямой задачи.

$$\frac{\partial}{\partial z} S_z = \frac{\partial}{\partial z} S_x = 0$$

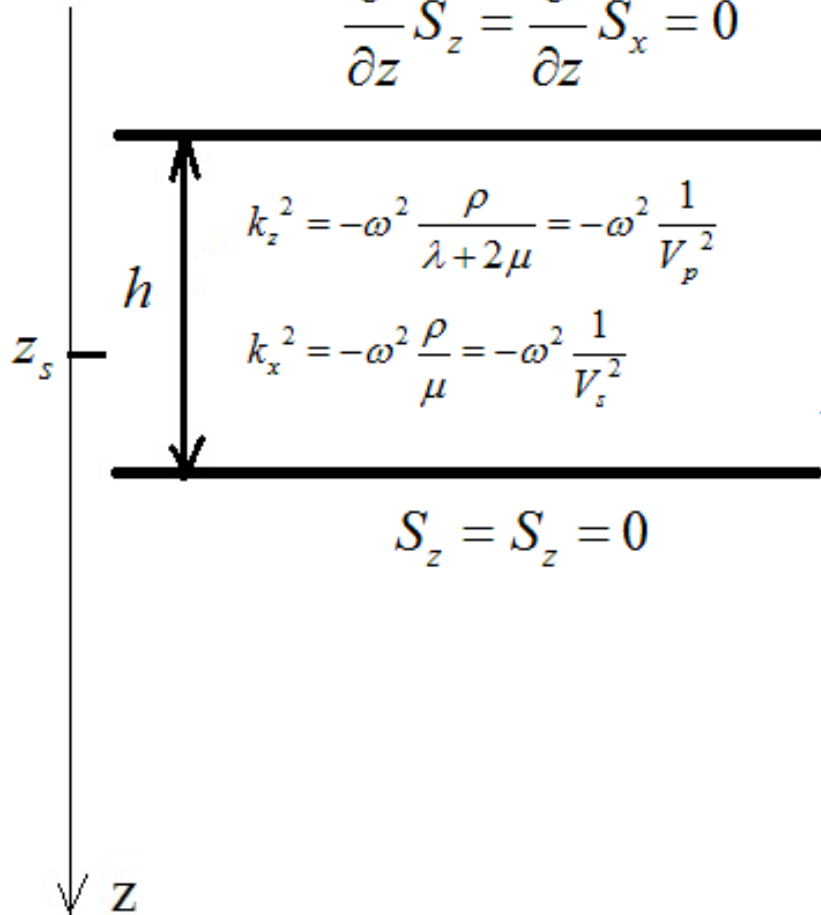
$$A(\omega) \neq B(\omega)$$

$$S_z = A \frac{-e^{-k_z|z_s|}(e^{-2k_z h} - 1) + 2e^{k_z|z_s|}e^{-2k_z h}}{ch(k_z h)} e^{-k_z h}$$

$$S_x = B \frac{-e^{-k_x|z_s|}(e^{-2k_x h} - 1) + e^{-k_x|h-z_s|}e^{k_x h}}{ch(k_x h)} e^{-k_x h}$$

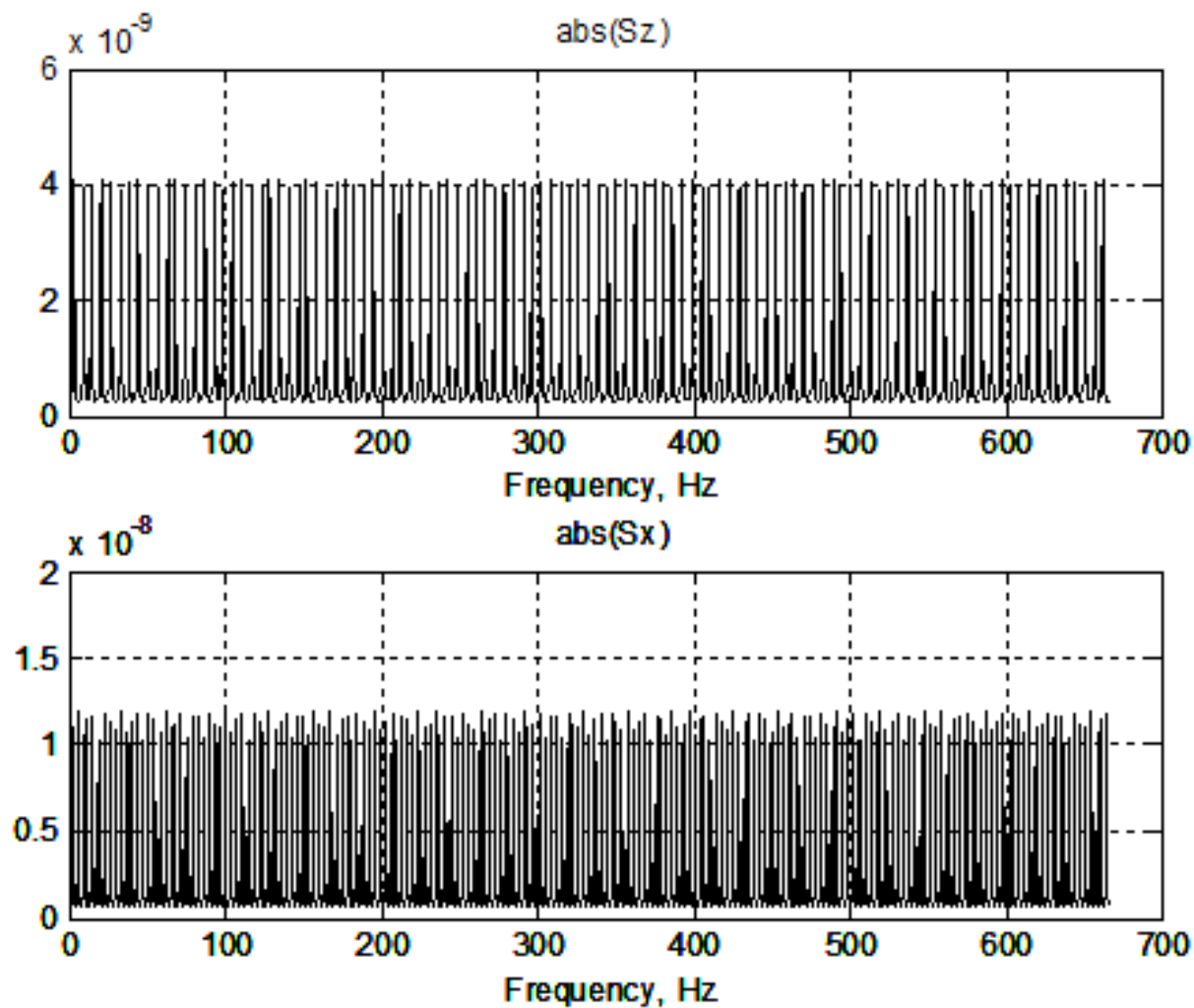
$$S_z = S_z = 0$$

Резонанс (равенство нулю знаменателя) наступает при  $ch(k_z h) = 0$  и  $ch(k_x h) = 0$ , откуда следует  $\text{Im}(k_z h) = \pi n$  и  $\text{Im}(k_x h) = \pi n$ ,  $n$  - нечетное целое число. При  $n=1$  получим формулу для определения толщины слоя, которая используется в настоящее время при интерпретации данных пассивной сейсморазведки:  $h = \frac{V_p}{\omega_p} \pi = \frac{V_s}{\omega_s} \pi$ , где  $\omega_p$  и  $\omega_s$  - частоты, на которых амплитудный спектр достигает своего максимума для вертикальных и горизонтальных компонент, соответственно.





## Численный пример.

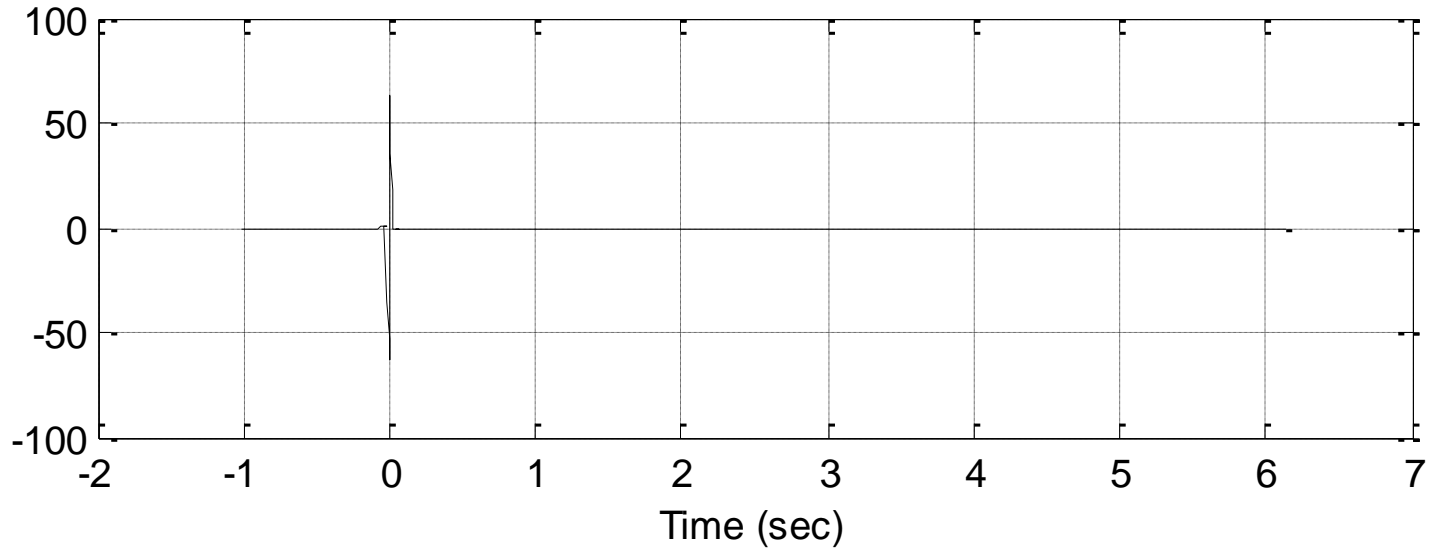


Амплитудный спектр вертикальной и горизонтальной компонент вектора смещения  $S_z$  (вверху) и  $S_x$  (внизу) на дневной поверхности как функции частоты от одиночного источника, расположенного на подошве слоя. Параметры модели:

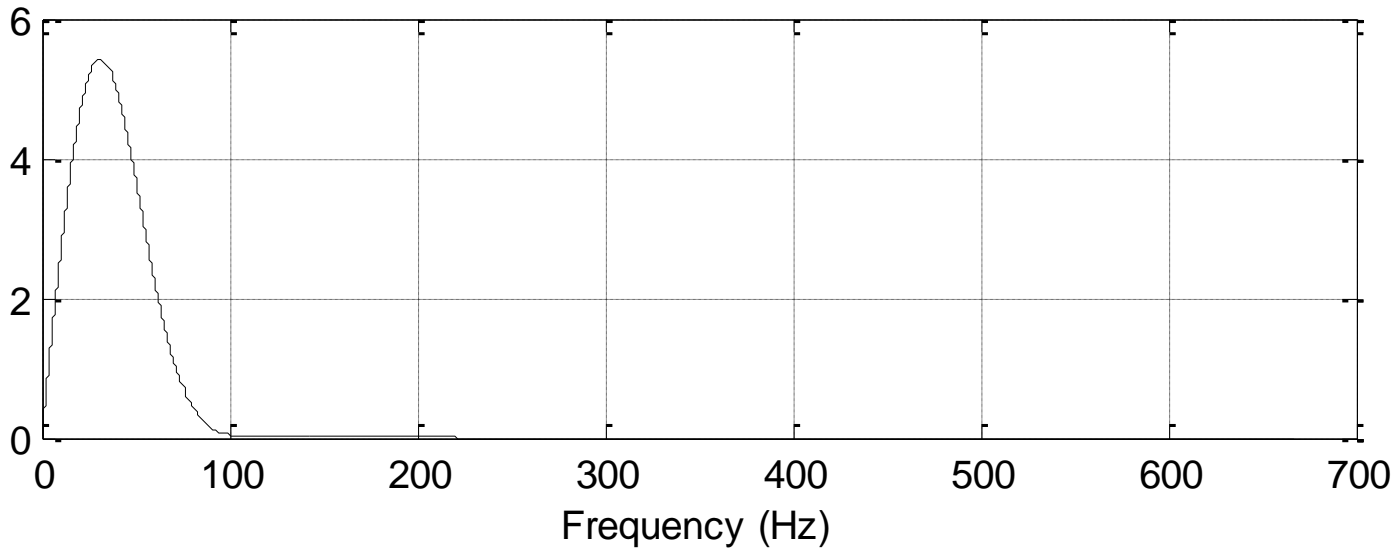
$$h = 25 \text{ м}, z_s = 25 \text{ м}, V_p = 300 \text{ м/с}, V_s = \frac{V_p}{1.7}, \rho = 2700 \text{ кг/м}^3.$$

# Форма импульса во временной области (вверху) и ее амплитудный спектр (внизу).

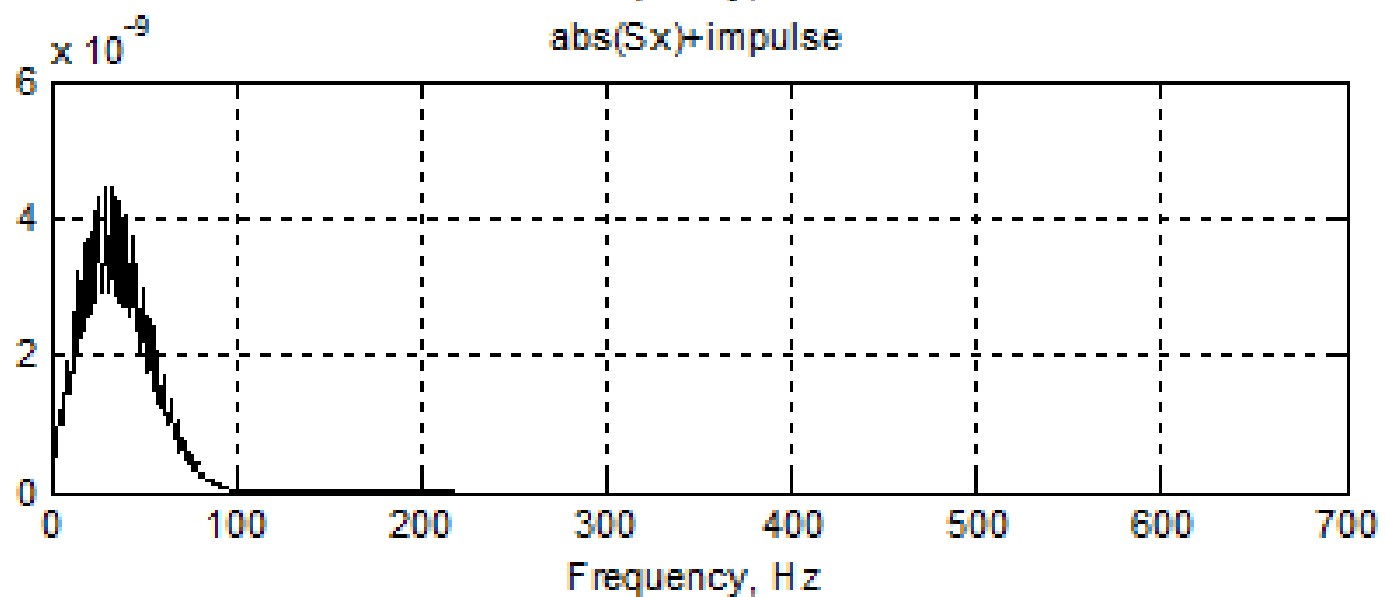
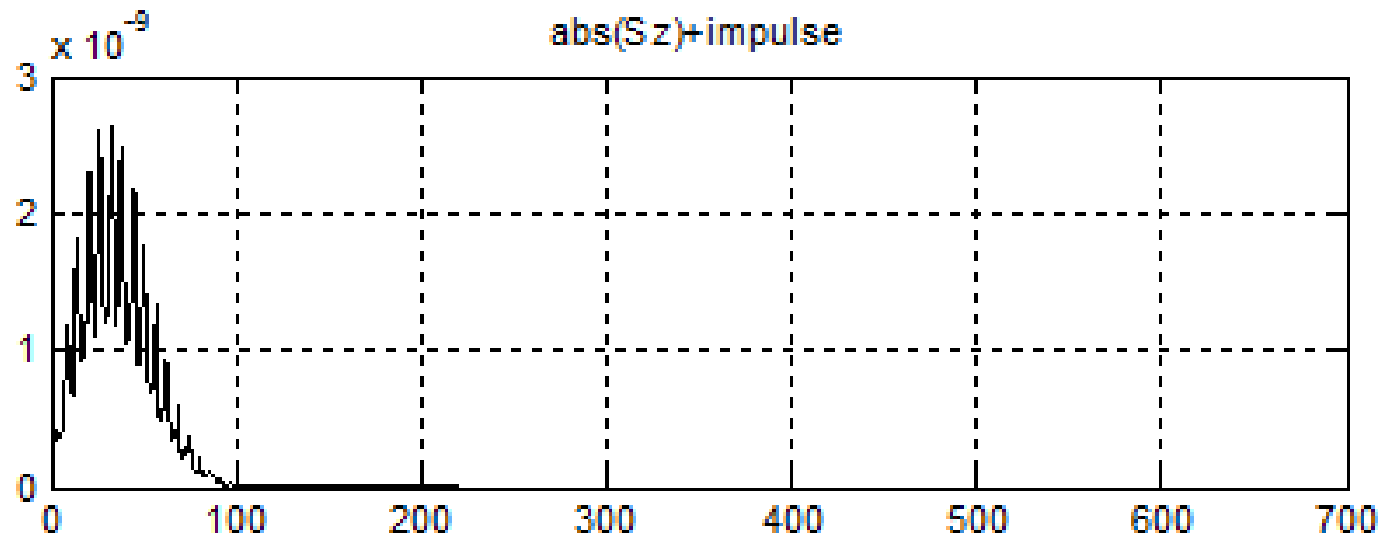
The impuls form in time domain



The impuls form in frequency domain

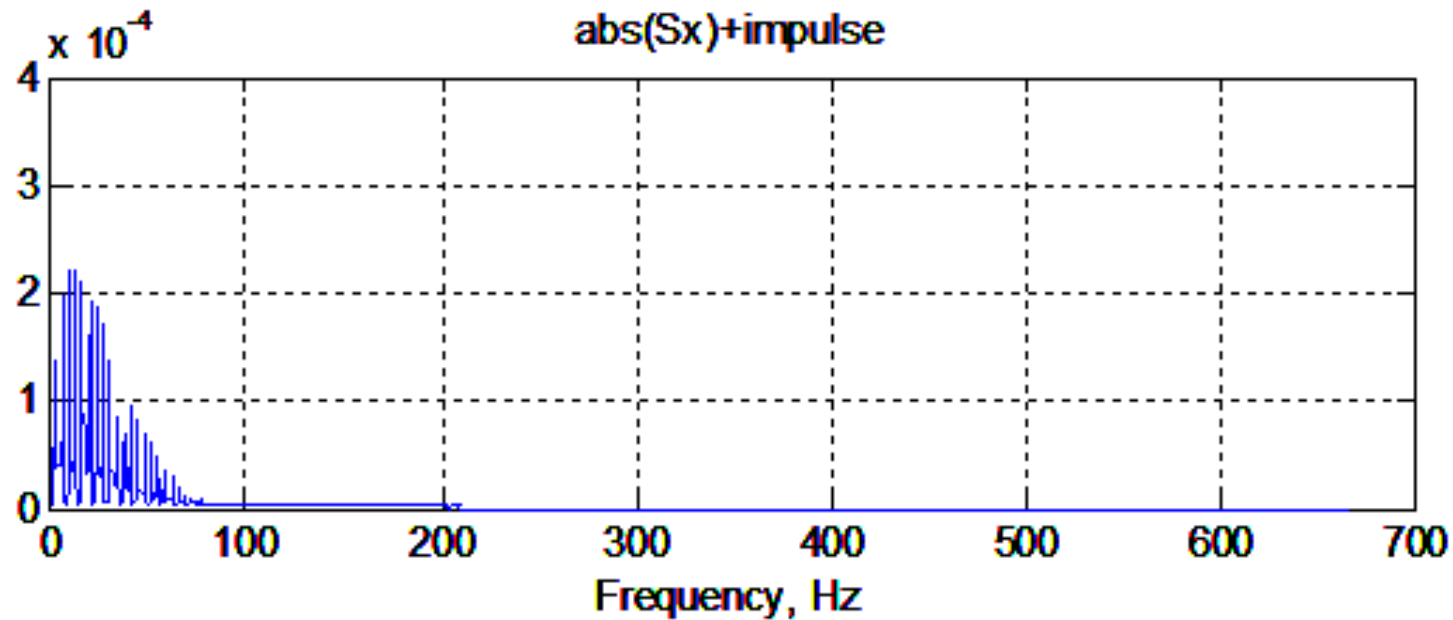
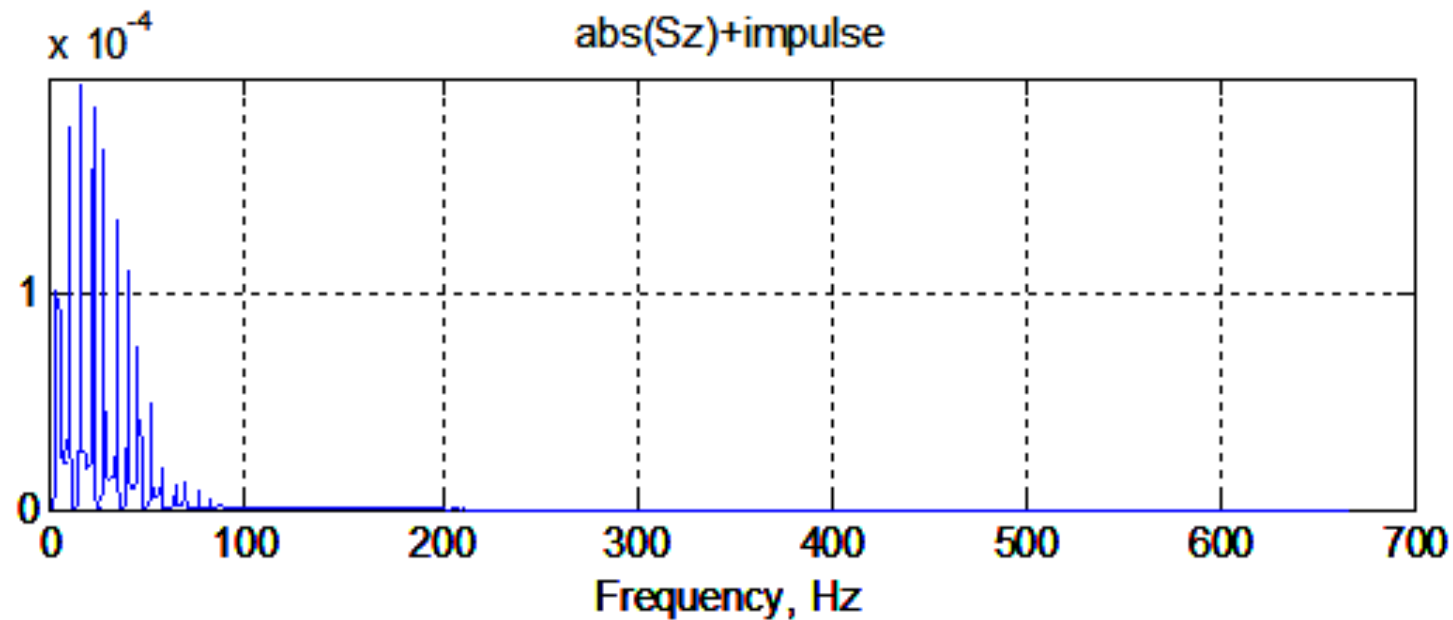


## Численный пример с учетом формы импульса.



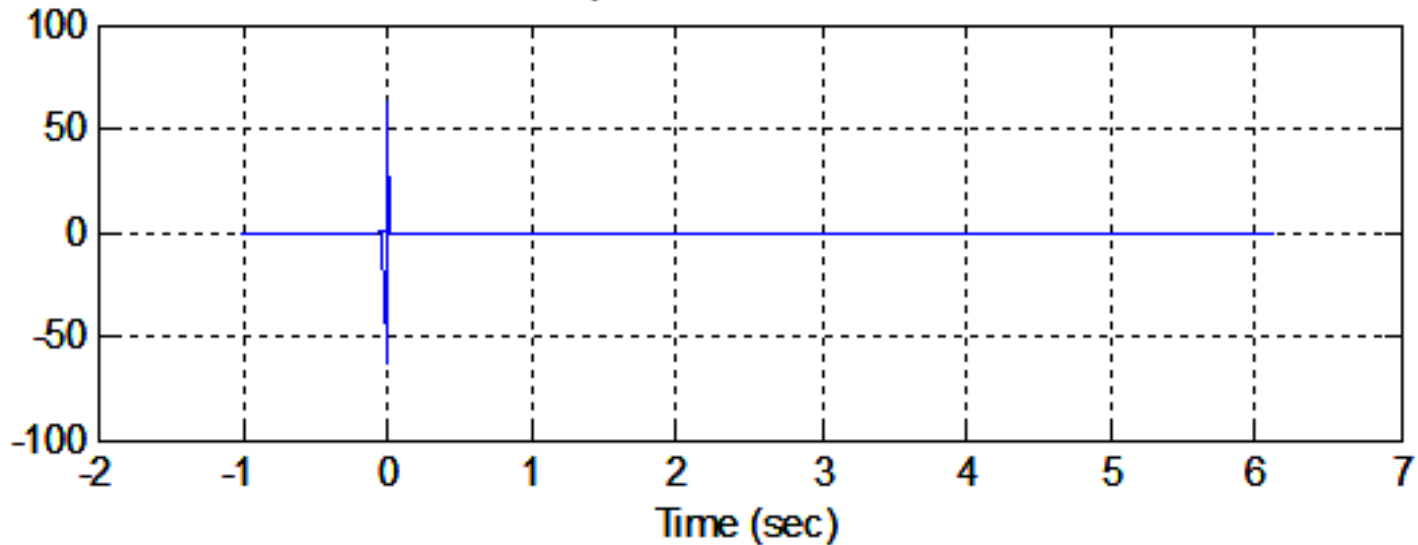
Результат решения прямой задачи с учетом спектра формы импульса.

Численный пример с распределенными источниками в слое и учетом формы импульса.

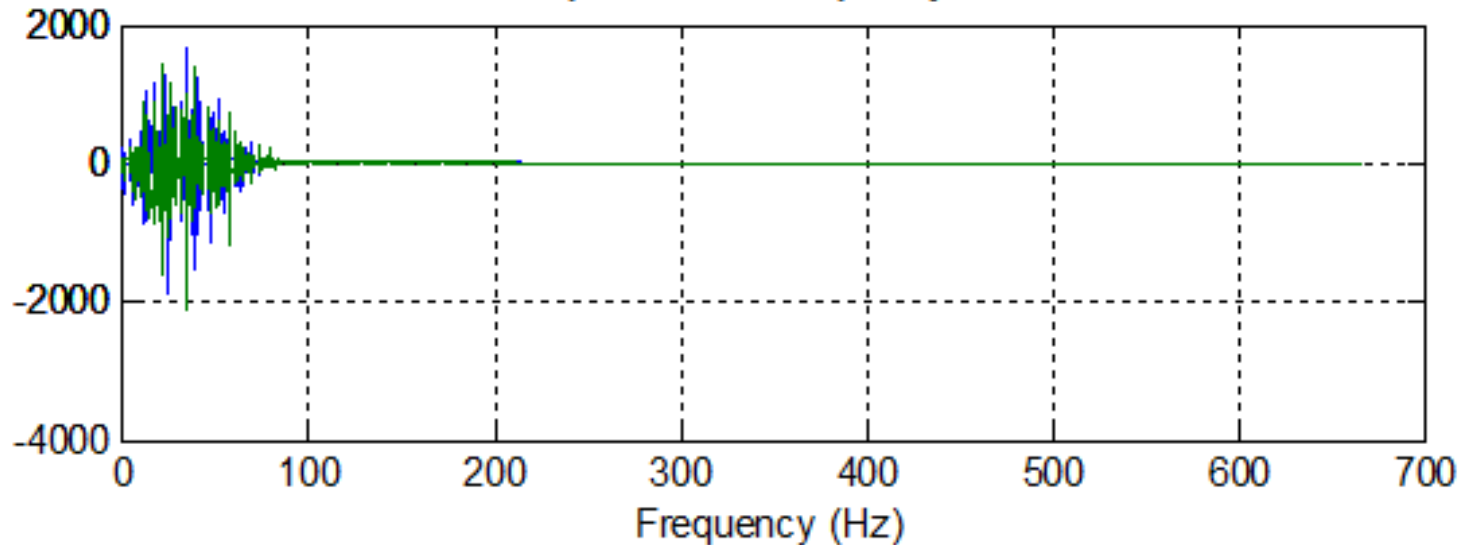


Пусть амплитуды и моменты появления источников будут случайными и эти источники распределены по всей тоще слоя. Отдельная форма импульса во временной области представлена на верхнем рисунке. Нижний рисунок показывает спектр случайного распределения амплитуд и времени появления.

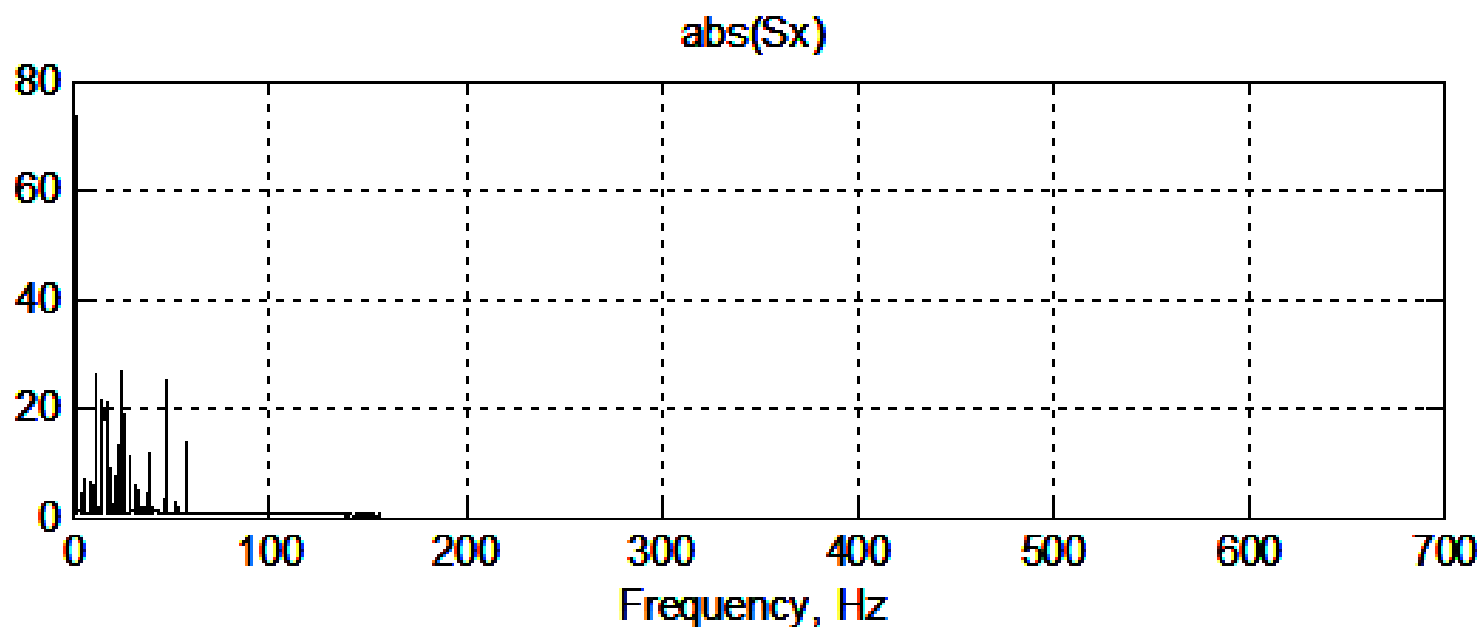
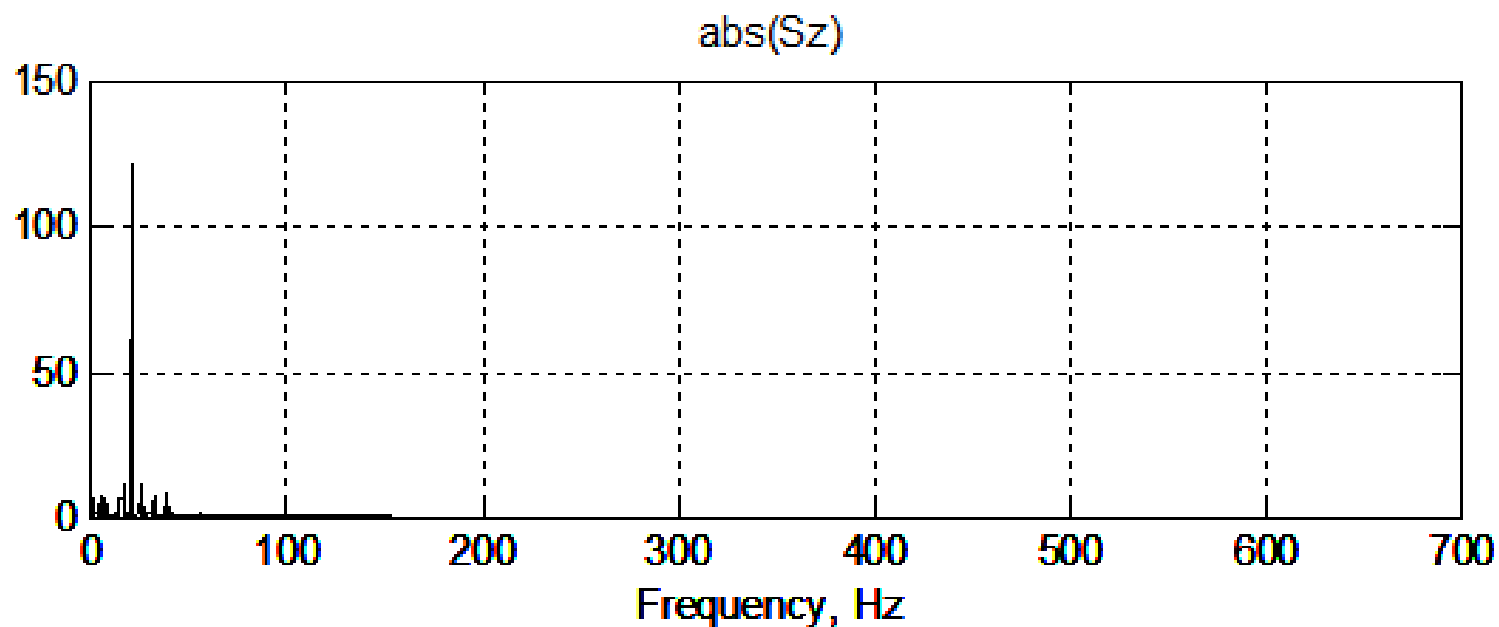
The impuls form in time domain



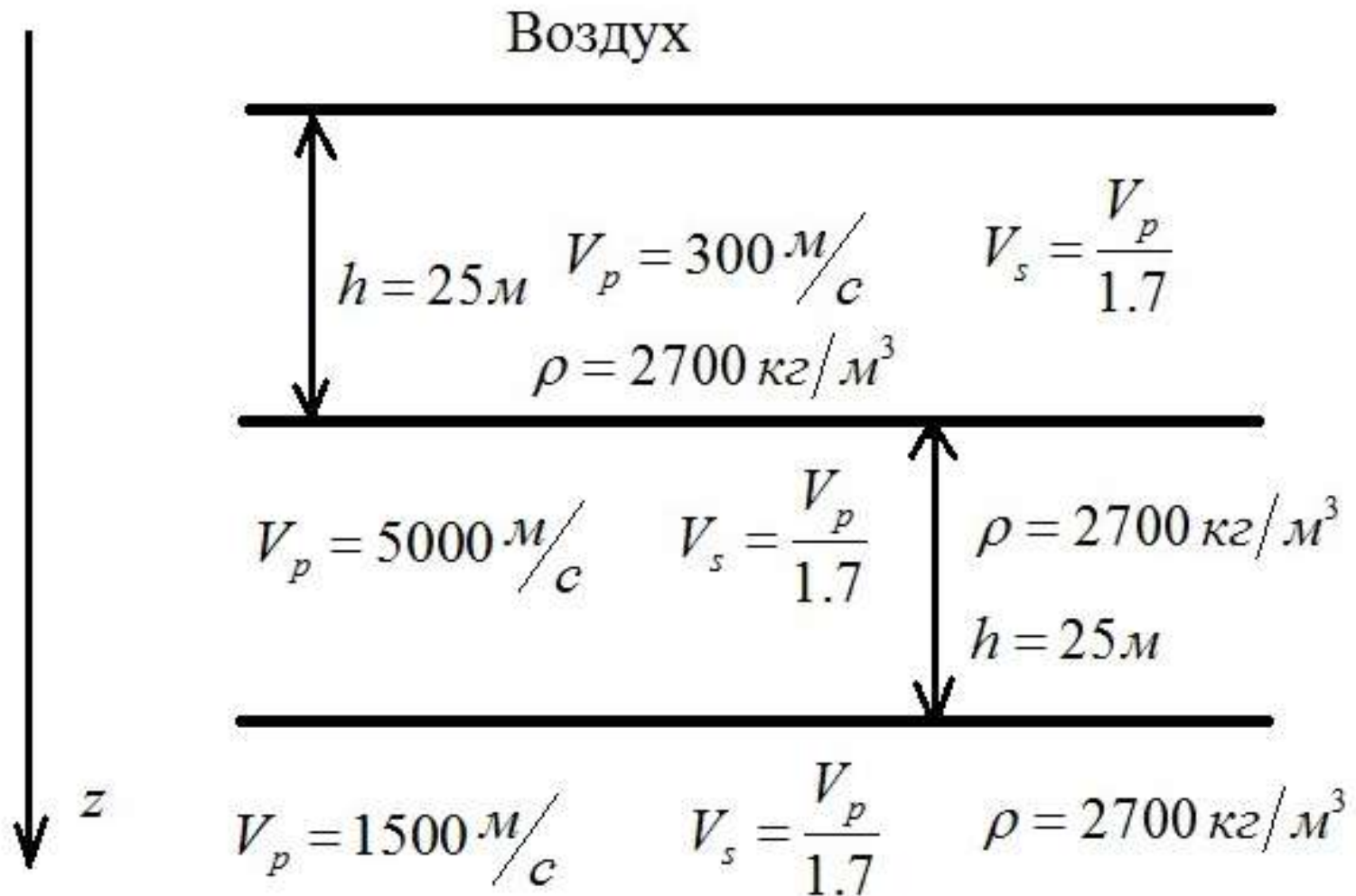
The impuls form in frequency domain



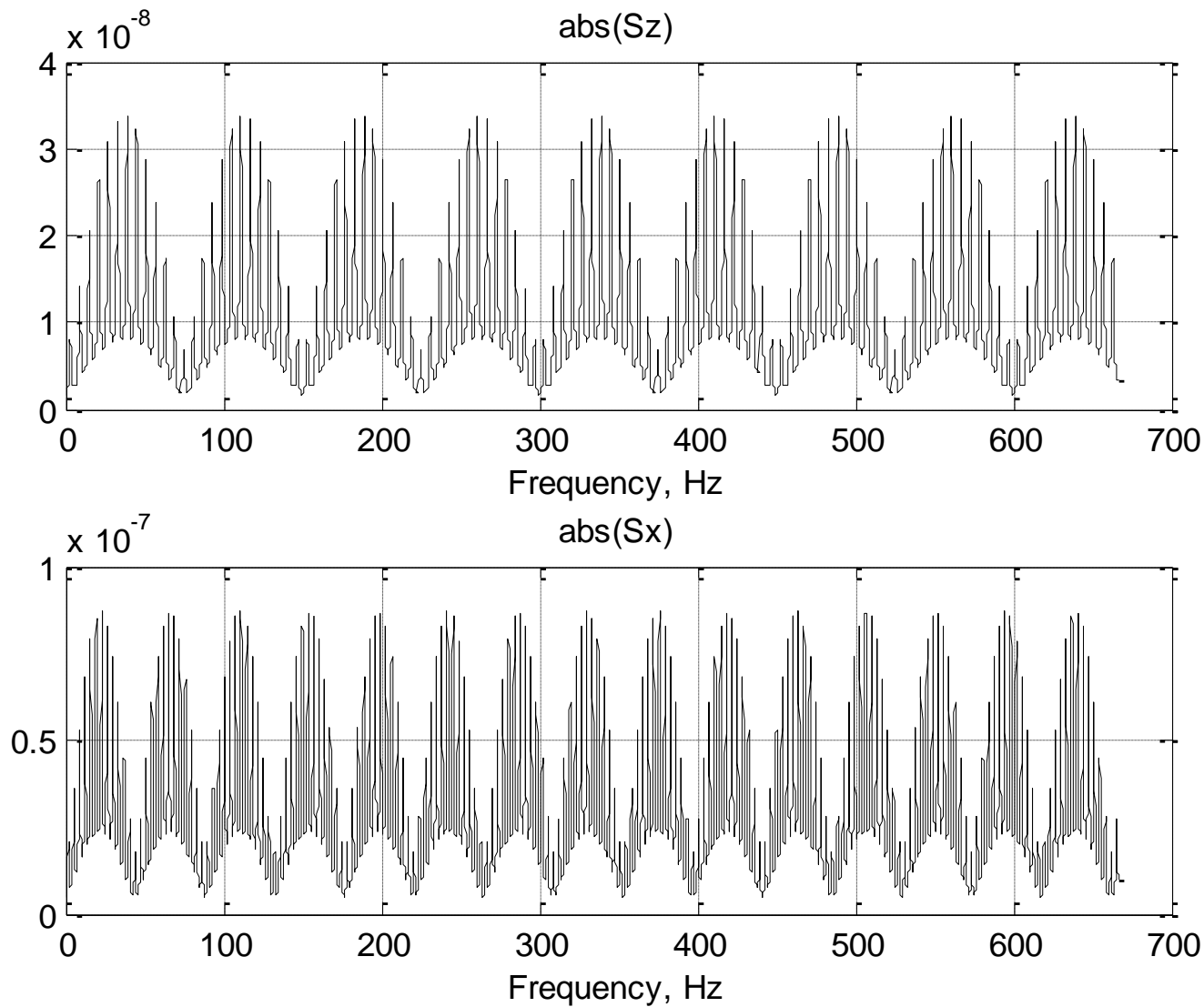
Результаты решения прямой задачи с использованием случайного сигнала с  
распределенными источниками в слое представлены на рисунке



Трёхслойная модель с нежёстким основанием.

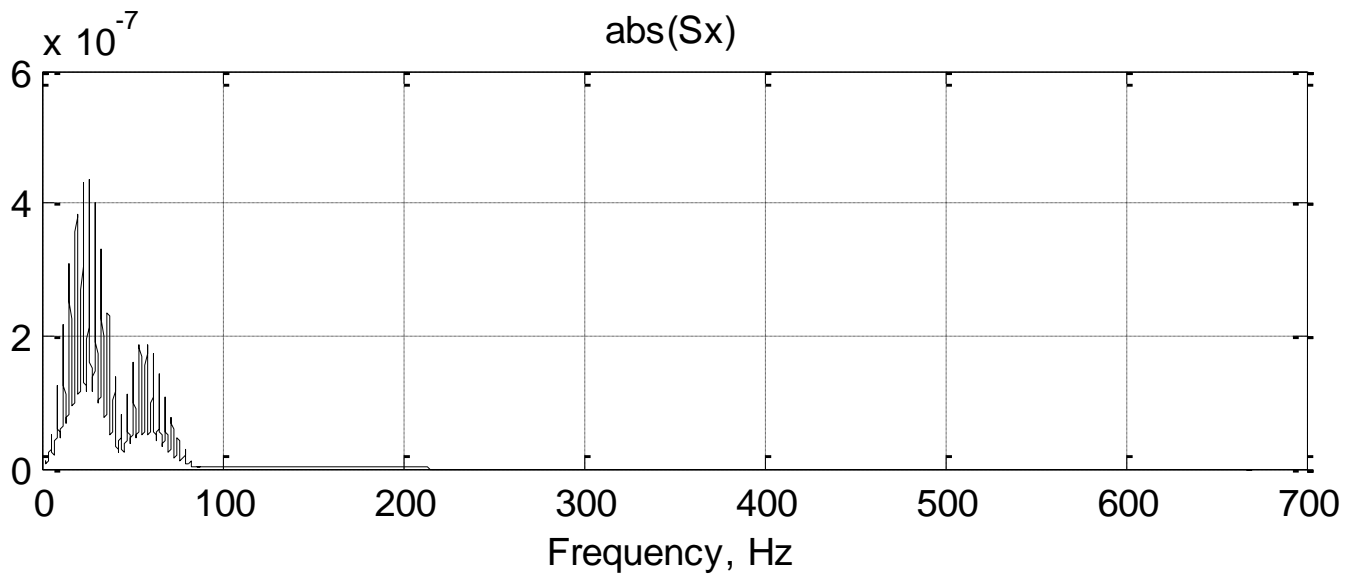
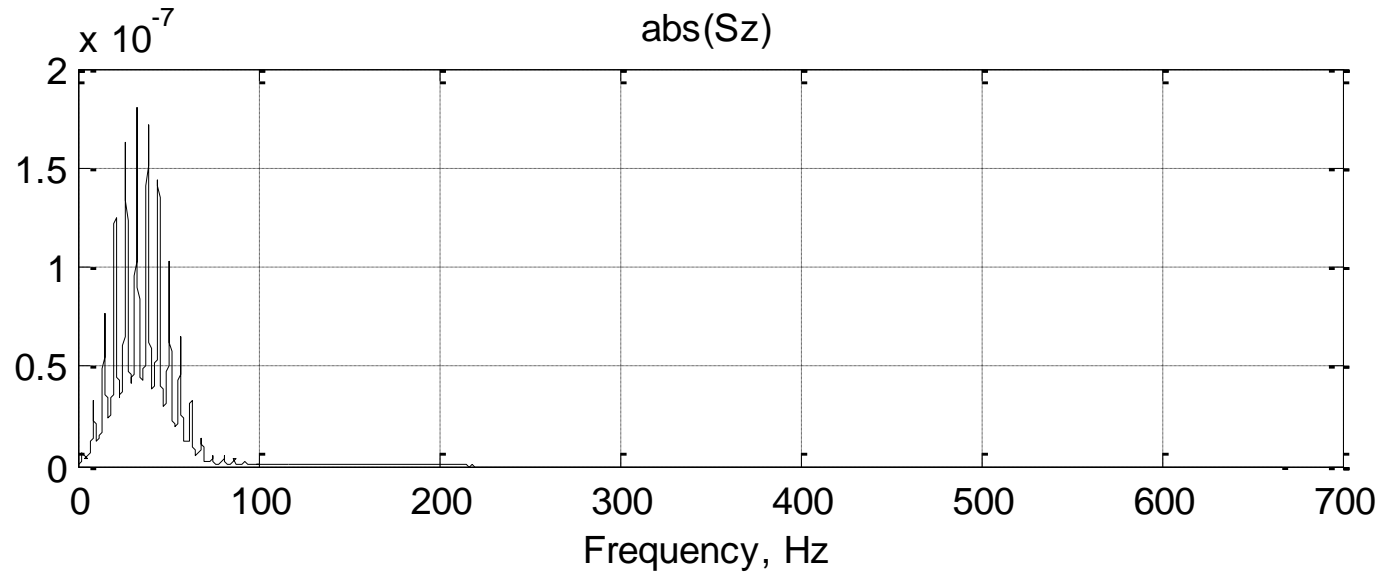


Амплитудный спектр вертикальной (вверху) и горизонтальной (внизу) компонент вектора смещения на дневной поверхности как функции частоты от одиночного источника, расположенного вблизи подошвы слоя (23м), лежащего на не жёстком основании.



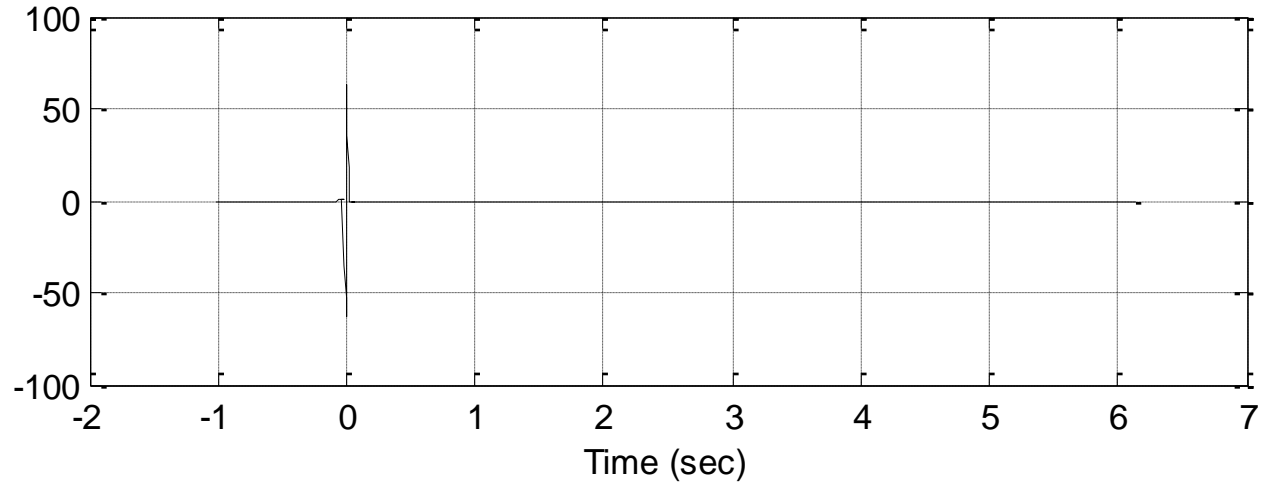


# Результат решения прямой задачи с учетом спектра формы импульса для слоя, лежащего на не жёстком основании.

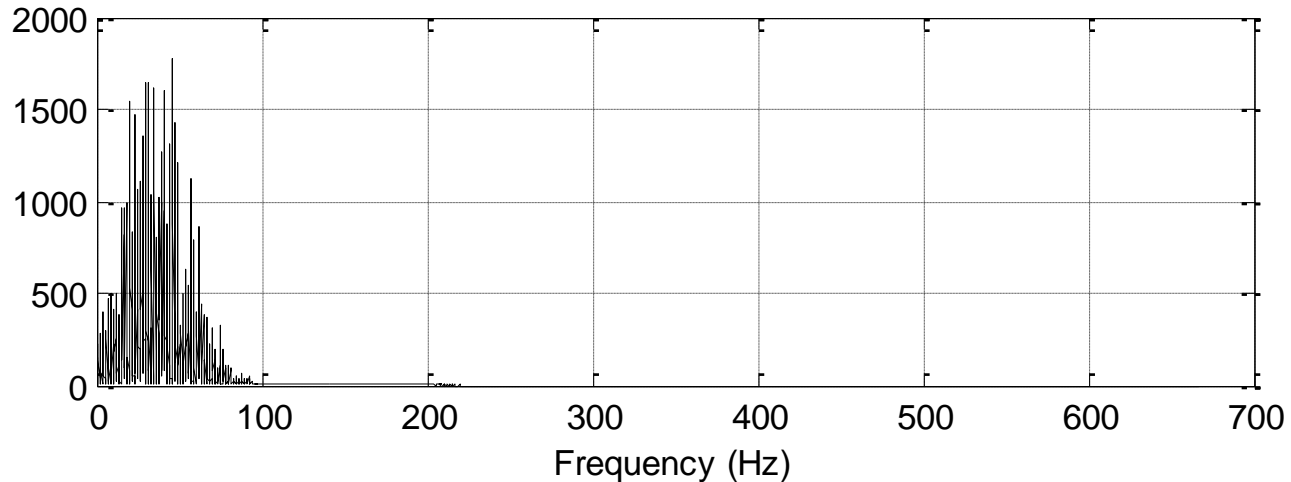


# Источники распределены по всему первому слою со случайной амплитудой и случайной фазой

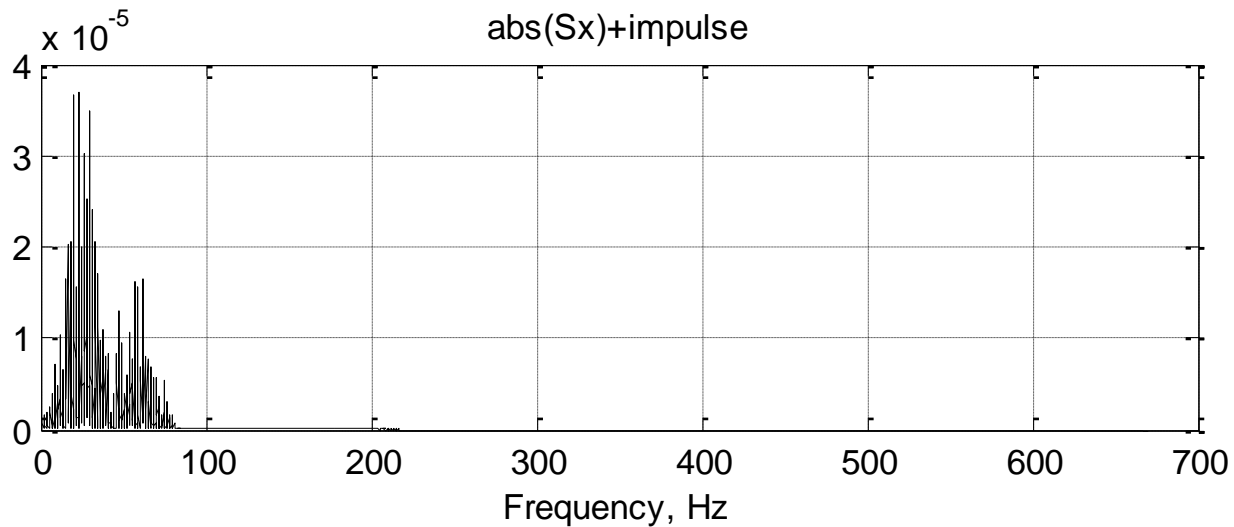
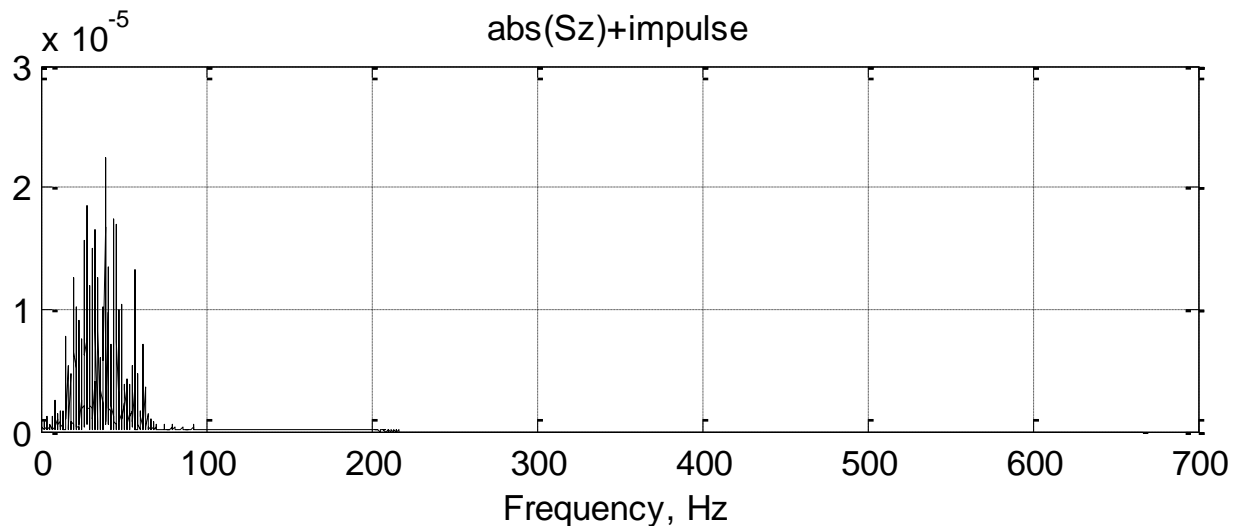
The impuls form in time domain



The impuls form in frequency domain



# Результат решения прямой задачи с учетом спектра формы импульса для слоя, лежащего на не жёстком основании.



## Вывод.

Интерпретация данных пассивной сейсморазведки, основанной на приближении к плоскому сейсмическому полю, не состоятельная.

Спасибо за внимание!