

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СЛОИСТЫХ ПОГЛОЩАЮЩИХ СРЕД

Нгуен Суан Хунг, Сидоренко С.Н.

Научный руководители – Иванченков В.П., Кочегуров А.И.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
suankhung@mail.ru

Введение

При прогнозе геологического разреза первой задачей является построение информационной модели объекта исследования. В этом этапе обычное представление геологической среды в виде слоистой, идеально упругой оказывается недостаточным в связи с отсутствием учета поглощающих и дисперсионных свойств среды. Для решения этой недостаточности геологическая среда представляется в виде слоистых поглощающих сред с горизонтальными границами раздела, т.е. в виде линейной системы или линейного фильтра.

На рисунке 1 показывается простая модель, состоящая из трех плоско-параллельных слоистых поглощающих толщ.

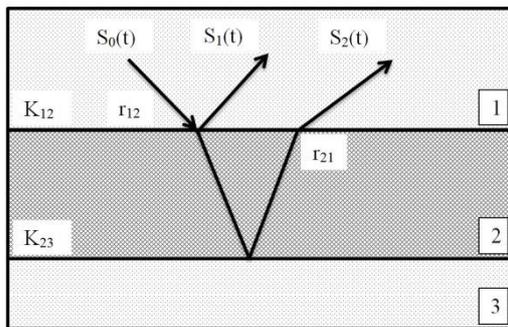


Рис.1. Модель плоско-параллельных слоистых поглощающих толщ. $S_0(t)$ – исходный сейсмический сигнал; $S_1(t)$, $S_2(t)$ – сигналы, отраженные от кровли и подошвы изучаемой толщи 2;

Процесс отражения, показанный на рисунке 1, можно представить в виде эквивалентной системы, представленной на рисунке 2.

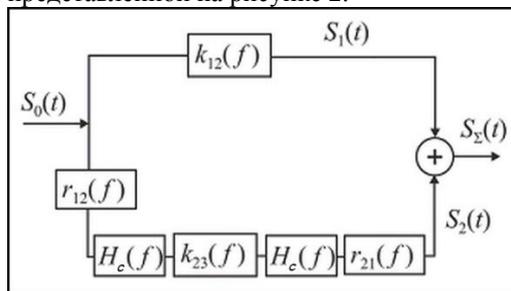


Рис.2. Модель плоско-параллельных слоистых поглощающих толщ в виде эквивалентной системы

Частотную характеристику такой системы можно записать в виде:

$$H_2(f) = r_{12}(f) \cdot H(f) \cdot k_{23}(f) \cdot r_{21}(f) + k_{12}(f)$$

где $k_{12}(f)$ и $k_{23}(f)$ – коэффициенты отражения от кровли и от подошвы второго слоя; $r_{12}(f)$ и $r_{21}(f)$ – коэффициенты преломления на кровле второго слоя; $H(f) = H_c(f) \cdot H_c(f)$ – частотная характеристика, характеризующая распределение сигнала в поглощающем слое 2.

Частотную характеристику системы так же можно записать в виде:

$$H_2(f) = |H_2(f)| \cdot e^{j\varphi_2(f)}$$

где $|H_2(f)|$ – амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) и $\varphi_2(f)$ – фазо-частотная характеристика (ФЧХ) второго слоя.

Форма спектра отраженного сигнала от кровли второго слоя:

$$S_1(f) = k_{12}(f) \cdot S_0(f)$$

Форма спектра отраженного сигнала от подошвы второго слоя:

$$S_2(f) = r_{12}(f) \cdot H(f) \cdot k_{23}(f) \cdot r_{21}(f) \cdot S_0(f)$$

$$S_2(f) = |S_2(f)| \cdot e^{j\varphi_s(f)}$$

Фазовый спектр отраженного сигнала $S_2(f)$ определяется по следующей форме:

$$\varphi_s(f) = \varphi_{r_{12}}(f) + \varphi_H(f) + \varphi_{k_{23}}(f) + \varphi_{r_{21}}(f) + \varphi_0(f)$$

где $\varphi_k(f)$ – фазовый коэффициент отражения; $\varphi_r(f)$ – фазовый коэффициент преломления; $\varphi_H(f)$ – фазочастотная характеристика системы; $\varphi_0(f)$ – начальная фаза исходного сигнала.

Для построения модели поглощающей среды, состоящей из произвольного числа слоев делим аналогично. В этом случае более удобно для вычисления пронумеровать слои от нижнего к верхнему слою, как на рисунке 3.

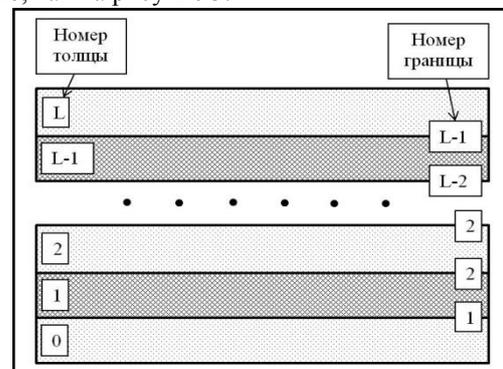


Рис.3. Схема нумерации слоев и границ

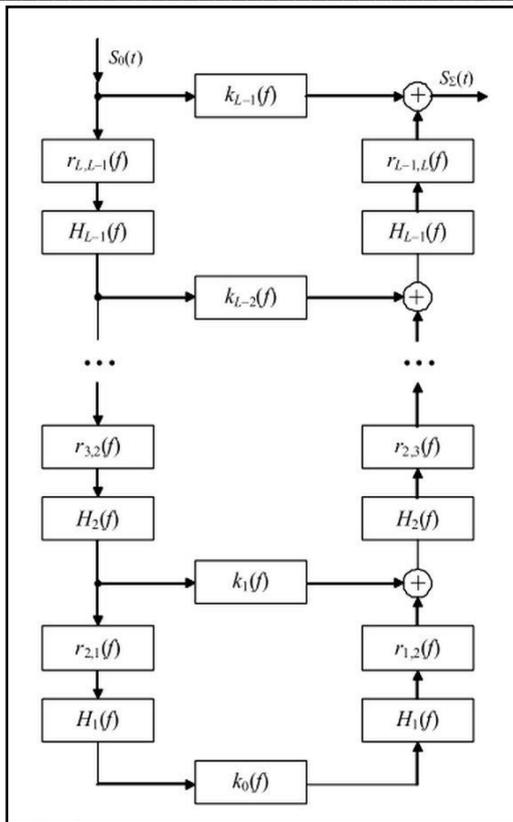


Рис. 4. Структурная схема модели многослойной поглощающей среды

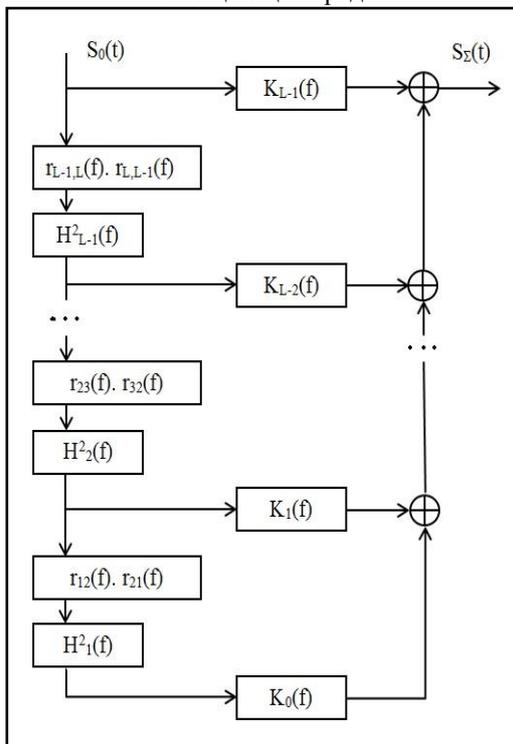


Рис. 5. Эквивалентная структурная схема модели многослойной поглощающей среды

На рисунках 4, 5 представлены две эквивалентные схемы для многослойной поглощающей среды, описываемой на рисунке 3. При использовании этих структурных схем, не трудно показать,

что частотная характеристика системы определяется по следующему математическому выражению:

$$H_{\Sigma}(f) = K_{L-1}(f) + \sum_{i=0}^{L-2} K_i(f) \prod_{n=i+1}^{L-1} H_n(f) \cdot r_{n-1,n}(f) \cdot r_{n,n-1}(f)$$

На основе этого выражения можно рассчитать синтетическую сейсмограмму на поверхности по формуле:

$$S_{\Sigma}(t) = F^{-1} \{S(f) \cdot H_{\Sigma}(f)\}$$

где $F^{-1}\{\dots\}$ – обратное преобразование Фурье.

Заключение

Построенная информационная модель слоистой поглощающей среды позволяет при решении задач прогноза геологического разреза учитывать поглощающие и дисперсионные свойства среды.

Совокупность сейсмограмм, полученных с помощью данной модели, позволяет построить волновое поле и использовать его при проведении дальнейших исследований.

Для реализации на персональных ЭВМ построенной модели поглощающих сред, состоящих из значительного числа слоев используется алгоритм, основанный на рекуррентном вычислении частотной характеристики среды от слоя к слою, т.е. нахождении функции:

$$R_i(f) = K_i(f) + R_{i-1}(f) \cdot H_i(f); \quad i = \overline{1, L-1}.$$

$$R_0(f) = K_0(f)$$

$$H_i(f) = H_i^2(f) \cdot r_{i,i+1}(f) \cdot r_{i+1,i}(f);$$

$$H_{\Sigma}(f) = R_{L-1}(f)$$



Литература

1. Авербух А.Г. Изучение состава и свойств горных пород при сейсморазведке. – М.: Недра, 1982. – 232 с.
2. Боганик Г.Н., Гурвич И.И. Сейсморазведка: Учебник для вузов. Тверь: Издательство АИС, 2006. 744 с.
3. Иванченков В.П., Вылегжанин О.Н., Орлов О.В. и др. Методы фазочастотного анализа волновых полей и их применение в задачах обработки данных сейсморазведки // Известия Томского политехнического университета. – 2006. – Т. 309. – № 7. – С. 65–70.
4. Иванченков В.П., Кочегуров А.И. Определение временного положения сейсмических сигналов по оценкам их фазочастотных характеристик // Геология и геофизика. – 1988. – № 9. – С. 77–83.