# ИСТОКОБРАЗНАЯ АППРОКСИМАЦИЯ В ЗАДАЧАХ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ И ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ

П.Н. Александров *, А.Н.Александров **
*(* ЦГЭМИ ИФЗ РАН, Троицк,*
*** ОАО «Саратовнефтегеофизика», Саратов)*

# SOURCEWISE APPROXIMATION IN PROBLEMS OF SEISMIC PROSPECTING AND GEOELECTRICS

P.N. Aleksandrov *, A.N. Aleksandrov **
*(*GEMRC IPE RAS, Troitsk, ** Saratovneftegeophysica JSC, Saratov)*

**Аннотация**.

Истокообразная аппроксимация широко используется в задачах гравиразведки и магниторазведки. Настоящее исследование посвящено применению ее к задачам сейсморазведки и электроразведки.

**Annotation**.

The sourcewise approximation used in problems of gravity prospecting and prospecting. The present research devote adaptation the sourcewise approximation to problems of the seismic prospecting and geoelectrics.

Суть истокообразной аппроксимации заключается в коррелировании наблюденного поля с функцией Грина уравнения, которому подчиняется соответствующее физическое поле. Основная цель – нахождение избыточных токов, смещений и напряжений, плотности и намагниченности, распределенных в геологической среде (нижнем полупространстве).

Пусть $Z_0$ - сейсмический импеданс полупространства с параметрами первого слоя, тогда можем получить $\Delta\mathbf{S} = \mathbf{S} - Z_0^{-1}\mathbf{P}_z^{st} = (Z^{-1} - Z_0^{-1})\mathbf{P}_{z\ \tau}^{st}$ (см. Приложение 1). Правая часть этого выражения определяет аномальное поле, связанное с неоднородным строением нижнего полупространства. В частности, для изотропного слоистого полупространства элемент разности сейсмических импедансов будет иметь вид $\Delta z = z_{xy} - z_{xy}^0$. Коррелируя это выражение по частоте $\omega$ с соответствующим элементом тензорной функции Грина $G = G(\omega)$ уравнений Ламе с упругими параметрами среды первого слоя и изначально заданным местоположением источника $z_s$ в виде дельта-функции Дирака, получим коэффициент корреляции для разных местоположений источника

$$\hat{r}(z_s) = \int_{-\infty}^{\infty} \Delta z(\omega)\overline{G}(\omega)d\omega ,$$

где черта сверху означает комплексно - сопряженную величину.

На рис. 1 представлены результаты истокообразной аппроксимации сейсмических данных для неоднородного полупространства, параметры которого указаны в таблице 1.

Таблица 1.

| Толщина слоя ($м$) | 500 | 50 | 100 | 500 | $\infty$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Скорость продольных волн ($м/с$) | 4000 | 4500 | 4000 | 4250 | 5000 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Скорость поперечных волн ($м/с$) | 4000/1.7 | 4500/1.7 | 4000/1.7 | 4250/1.7 | 5000/1.7 |
| Плотность ($кг/м^3$) | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |

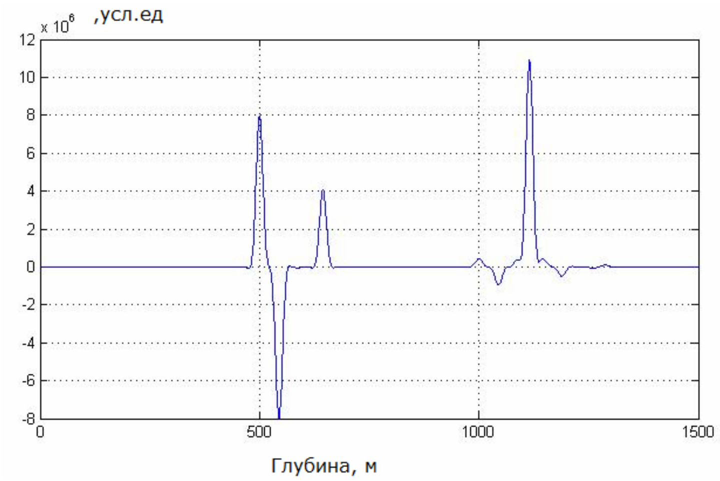


**Рис.1.** Результат истокообразной аппроксимации данных вибросейсморазведки – коэффициент корреляции между наблюденным сейсмическим полем и функцией Грина уравнений Ламе с упругими параметрами первого слоя. По оси ординат отложено значение коэффициента корреляции в зависимости от местоположения источника по глубине.

Для данных магнитотеллурического зондирования (МТЗ) данная аппроксимация требует использования преобразования Лапласа вместо преобразования Фурье по временной переменной. Иначе говоря, использования комплексной частоты. Это приводит к применению экспоненциального спектра. В этом случае достаточно заменить частоту $\omega$ на мнимую величину $\omega = i\alpha^2$, $i = \sqrt{-1}$. Остальные операции остаются такими же, как и в случае истокообразной аппроксимации данных вибросейсморазведки. Для модели среды, представленной в таблице 2, результат истокообразной аппроксимации изображен на рис.2.

Таблица 2.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Толщина слоя ($м$) | 500 | 50 | 100 | 500 | $\infty$ |
| Удельное сопротивление (Ом/м) | 100 | 50 | 100 | 66.6660 | 20 |

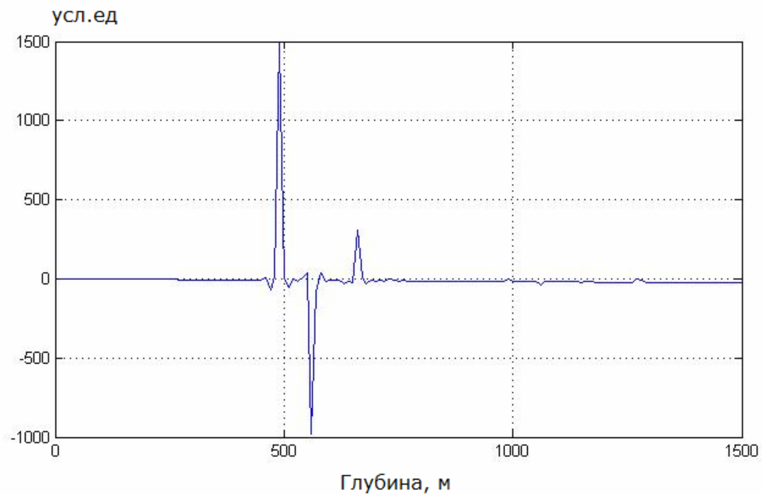


**Рис.2.** Результат истокообразной аппроксимации данных МТЗ - коэффициент корреляции между магнитотеллурическим импедансом для горизонтально слоистой среды и соответствующим элементом тензорной функции Грина уравнений Максвелла с электрическими параметрами первого слоя. По оси ординат отложено значение коэффициента корреляции в зависимости от местоположения источника по глубине.

Как следует из рис.1 и рис.2, истокообразная аппроксимация позволяет получать местоположение границ изменения физических параметров. Это дает основание не только определять строение геологической среды, но и в последующем находить физические параметры выделенных неоднородностей.

Приложение 1.

Все математические модели физических полей являются системами дифференциальных уравнений первого порядка в частных производных. Для одномерных сред (горизонтально-слоистая среда) с использованием преобразование Фурье по горизонтальным координатам и времени эти модели могут быть сведены к системам обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка $\frac{\partial \mathbf{X}}{\partial z} = A\mathbf{X}$, решение которой имеет вид $\mathbf{X}^n(z_n) = \left(\prod_{j=0}^{n-1} e^{A^j h_j}\right)\mathbf{X}^0$, где $h_j$ - толщина $j$-го слоя, $n$ - номер последнего слоя бесконечной толщины; $\mathbf{X}^0$ - вектор-столбец, заданный на дневной поверхности, поскольку при $z = z_0$ (данная плоскость совпадает с поверхностью земля-воздух) должно выполняться $\mathbf{X}^1(z_0) = \mathbf{X}^0$; $z_n$ - глубина залегания последней границы; $A^j$ - передаточная матрица $j$-го слоя, которая в общем случае, как и поле $\mathbf{X}$, зависит от пространственных $k_x$, $k_y$ и временной $\omega$ частот. В слое бесконечной толщины из представления $\mathbf{X}^n(z) = e^{A^n(z-z_n)}\mathbf{X}^n(z_n)$ выделим решение $\mathbf{X}^-$, возрастающее при $z \to +\infty$ и решение $\mathbf{X}^+$, убывающее при $z \to +\infty$: $\mathbf{X}^n(z) = \mathbf{X}^+ + \mathbf{X}^-$, основываясь на знаке действительной части собственных значений матрицы $A^n$. Удовлетворяя условию на бесконечности, необходимо положить $\mathbf{X}^+ = C\widetilde{S}C^{-1}\mathbf{X}^n(z) = 0$ везде, в том числе и при $z \to z_n$. $C$ - матрица, составленная из собственных векторов матрицы $A^n$. $\widetilde{S}$ - матрица, получающаяся из единичной матрицы заменой диагональных элементов нулем, если действительная часть соответствующего собственного значения меньше нуля, и единицей, если действительная часть соответствующего собственного значения больше нуля. Отсюда вытекает связь между компонентами поля $\mathbf{X}^0$:

$$C\widetilde{S}C^{-1}\mathbf{X}^n(z) = C\widetilde{S}C^{-1}\left(\prod_{j=0}^{n-1} e^{A^j h_j}\right)\mathbf{X}^0 = D\mathbf{X}^0 = 0\,,\ D = \begin{pmatrix} d_{11} & d_{12} \\ d_{21} & d_{22} \end{pmatrix},\ Z = -d_{11}{}^{-1}d_{12} = -d_{21}{}^{-1}d_{22}\,.$$

Для задачи МТЗ, вводя соответствующий вектор $\mathbf{X} = \begin{pmatrix} \mathbf{H}_\tau \\ \mathbf{E}_\tau \end{pmatrix}$, получим: $\mathbf{E}_\tau = Z\mathbf{H}_\tau$.

Для задачи вибросейсморазведки получим: $\mathbf{X} = \begin{pmatrix} \mathbf{P}_z \\ \mathbf{S} \end{pmatrix}$, $\mathbf{P}_z = \mathbf{P}_z^{st}$, $\mathbf{S} = Z^{-1}\mathbf{P}_z^{st}$.

***********