

РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ ВСП С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОКОРРЕЛЯЦИОННЫХ ФУНКЦИЙ

* А.В. Копчиков¹, А.В. Баев², А.А. Табаков³

¹ ООО «Геоверс», 117418 Москва, ул. Новочеремушкинская, 69Б;

² Московский государственный университет;

³ ОАО «Центральная геофизическая экспедиция»

Solution of VSP dynamic inversion problem using correlated wave-fields

* A.V. Korchikov¹, A.V. Baev², A.A. Tabakov³

¹ Geovers ltd., 69B Novochemyomushkinskaya Str., Moscow 117418, Russia;

² Moscow State University;

³ JSC Central Geophysical Expedition

Summary

A possibility of using correlation functions for a VSP reverse dynamic problem solution is discussed. The correlation functions are used when dealing with data obtained during the drilling process. An algorithm for the one-dimensional reverse problem solution is constructed. This algorithm involves autocorrelations of source data. The theoretical basis of the method as well as the result of the numerical experiment is given in this paper.

Аннотация

Рассматривается возможность использования корреляционных функций для решения обратной динамической задачи ВСП. Необходимость использования корреляционных функций возникает при регистрации колебаний, возбуждаемых буровым долотом. Разработан алгоритм решения одномерной обратной динамической задачи ВСП по автокорреляционным полям исходных данных. Приведены теоретические обоснования используемого метода и результаты модельного эксперимента.

Введение

Анализ корреляционных полей сейсмических трасс ВСП позволяет утверждать, что в них содержится полная информация о геологическом разрезе вдоль скважины. При этом оказывается, что на основе корреляционных полей в схеме с поверхностным источником можно восстановить сейсмический разрез как ниже, так и выше уровня расположения регистрирующих датчиков. Показано, что задачу прогнозирования геологической среды удастся решить также в случае источника, расположенного на глубине. Таким источником может служить долото бура, что позволяет осуществить обработку данных ВСП в режиме мониторинга. Предлагаемая методика была опробована на модельных данных ВСП. В результате было показано, что качество прогнозирования на автокорреляциях сопоставимо с качеством прогнозирования по полным трассам ВСП. Предложенным методом интерпретации корреляционных полей смещений, регистрируемых на дневной поверхности, можно решать задачу определения геологического разреза непосредственно в режиме бурения скважин, а также определять текущее положение бурового долота.

Описание метода

Волновое поле продольного ВСП в горизонтально-слоистой среде содержит падающие и восходящие волны. На каждом уровне наблюдений полная сейсмограмма S может быть представлена суммой полей падающих S_1 и восходящих S_2 волн.

При решении задачи прогнозирования разреза ниже уровня наблюдения, исходной информацией является отражательная характеристика среды G , определяемая как результат деконволюции отраженных волн.

Без учета регуляризации имеем:

$$G(\omega) = \frac{S_2(\omega)}{S_1(\omega)}. \quad (1)$$

В случае если исходными данными являются не сами волновые поля, а их автокорреляции, также возможна оценка отражательной характеристики среды.

На вертикальном профиле автокорреляционных трасс ВСП (Рис.2) можно выделить вертикальное и два наклонных направления. Первое представлено автокорреляцией падающих и восходящих волн, второе – корреляцией первично-падающих и восходящих волн, третье – корреляцией восходящих и вторично-падающих волн. Сумма второго и третьего членов точно равна корреляциям полных падающих и восходящих волн.

Поскольку волны этих трех направлений могут быть получены селекцией волн по скоростям, то по автокорреляциям трасс ВСП, можно оценить сумму автокорреляций падающих и восходящих волн, а также взаимную корреляцию падающих и восходящих волн.

Покажем, что этого достаточно для оценки отражательной характеристики среды. Введем обозначения:

$$\begin{aligned} K_0(\omega) &= |S_1(\omega)|^2 + |S_2(\omega)|^2, \\ K_1(\omega) &= S_1^*(\omega)S_2(\omega). \end{aligned} \quad (2)$$

Для отношения $\frac{K_0}{K_1}$, имеем:

$$\frac{K_0}{K_1} = \frac{|S_1(\omega)|^2 + |S_2(\omega)|^2}{S_1^*(\omega)S_2(\omega)} = \frac{S_1(\omega)}{S_2(\omega)} + \frac{S_2^*(\omega)}{S_1^*(\omega)} = \frac{1}{G} + G^*. \quad (3)$$

Решением этого уравнения является выражение:

$$G(\omega) = \frac{1}{2} \frac{K_0}{K_1} - \frac{1}{2K_1} \sqrt{|K_0|^2 - 4|K_1|^2}. \quad (4)$$

Модельный эксперимент

Предлагаемый алгоритм был опробован на модельных данных ВСП.

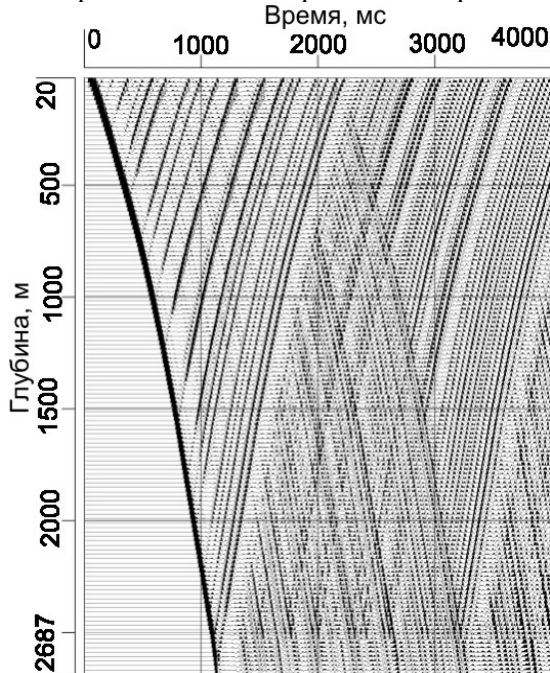


Рис.1. Модельное поле ВСП

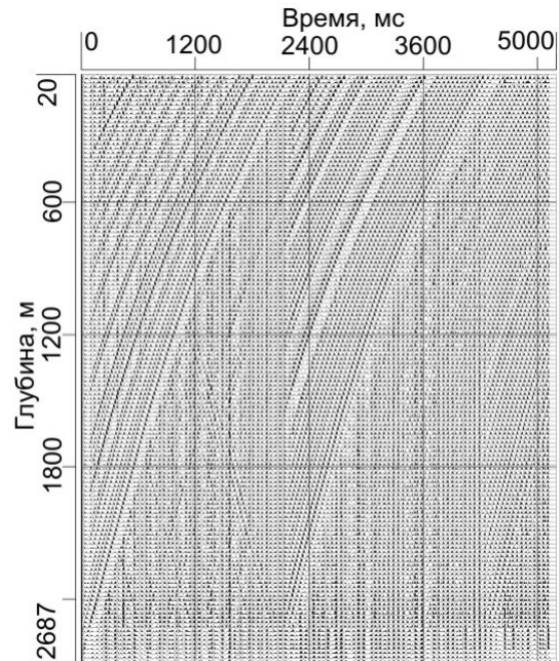


Рис.2. Автокорреляция модельного поля ВСП

На первом рисунке изображено исходное модельное поле ВСП в горизонтально-слоистой среде. На рисунке отчетливо выделяются первичные падающие волны, вторичные падающие волны и кратные отраженные волны. На втором рисунке изображено поле автокорреляций, рассчитанное по исходному модельному полю ВСП. В приведенном автокорреляционном поле выделяются: вертикальное направление, восходящие волны на двойных задержках и вторичные падающие волны на обратных двойных задержках. После применения процедур селекции эти поля отчетливо разделяются. На следующих трех иллюстрациях изображены волновые поля автокорреляций трасс ВСП после процедуры селекции. На рисунках представлены три основных направления: вертикальное и два наклонных (Рис.3). Отчетливо видна корреляционная волна от свободной поверхности.

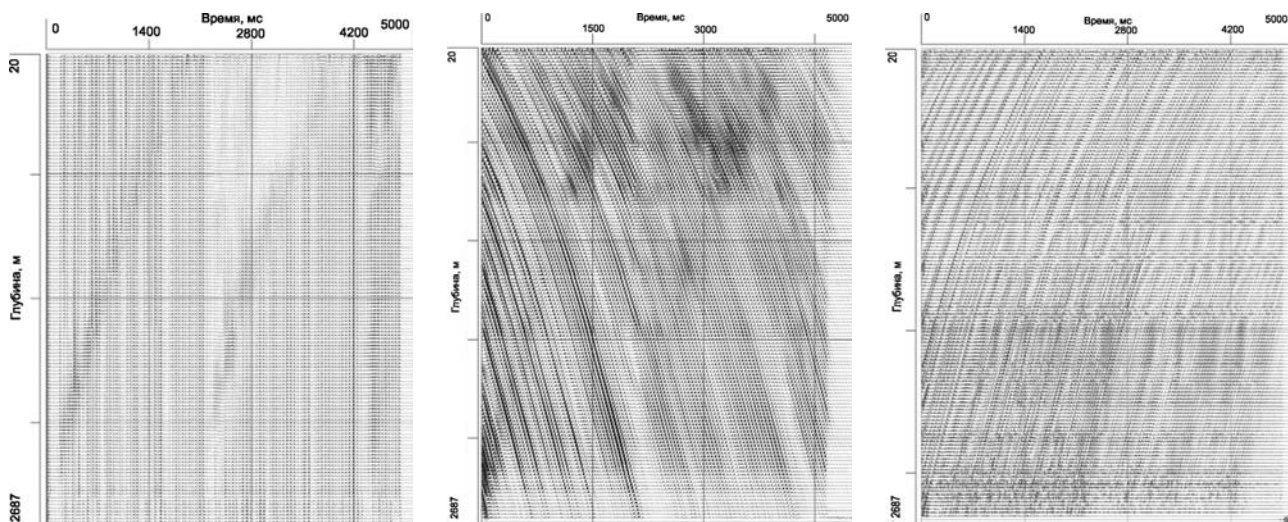


Рис.3 Волновые поля автокорреляций трасс ВСП после селекции

На следующих трех рисунках изображены акустические импедансы ниже интервала наблюдений в масштабе глубин (а – модельный, б – прогноз по ВСП, в – прогноз по автокорреляциям ВСП).

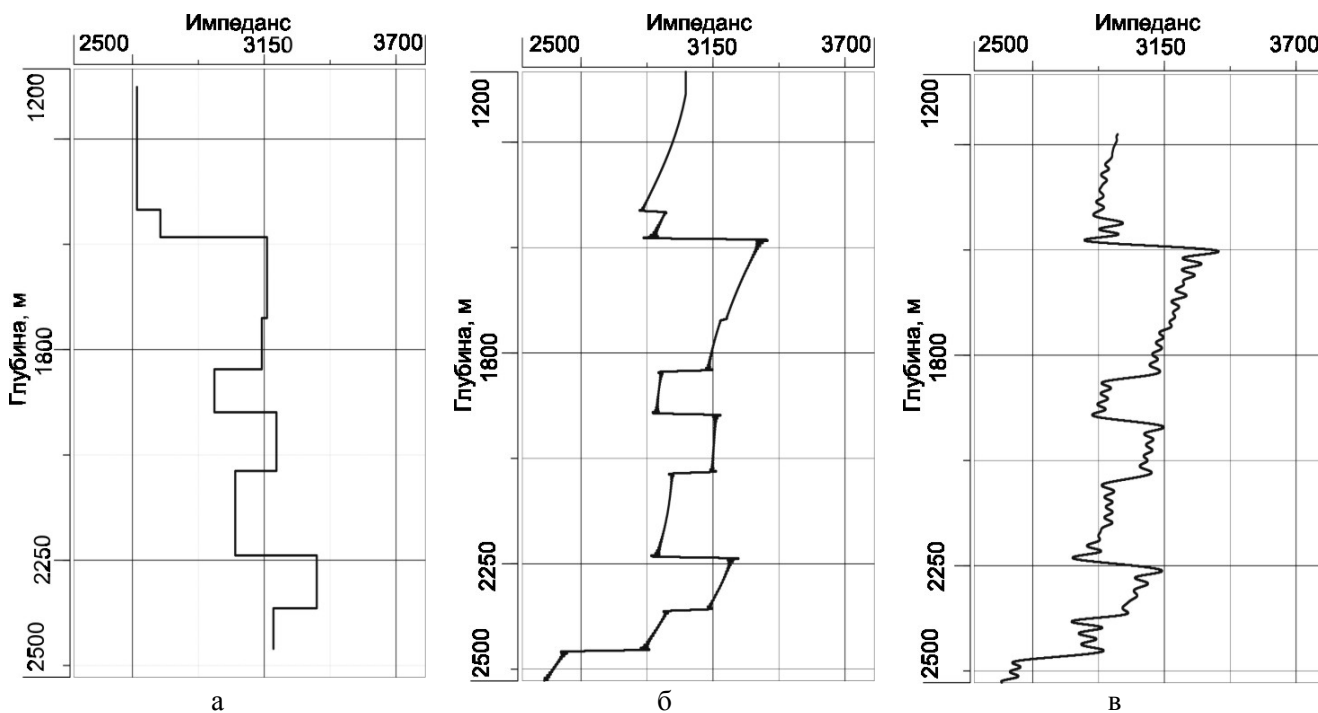


Рис.4. Акустические импедансы ниже интервала наблюдений в масштабе глубин

Заключение

Предложен альтернативный и при некоторых условиях точный метод изучения разреза и прогнозирования разреза ниже уровня расположения долота, основанный на использовании автокорреляционных функций. Показано, что замена обычных трасс ВСП на их автокорреляции позволяет, несмотря на потерю половины информации, решать обратные задачи оценки изучаемого разреза. Предложенным методом интерпретации корреляционных полей смещений, регистрируемых на дневной поверхности, можно решать задачу определения геологического разреза непосредственно в режиме бурения скважин, а также определять текущее положение бурового долота. Данная методика позволяет существенно повысить перспективы высокоразрешенного прогнозирования разреза ниже забоя скважины по шумам долота, так как при этом отпадает необходимость регистрации сигнала на буровом инструменте. Внедрение подобного мониторинга при бурении скважин может оказаться весьма эффективным в связи с все более широкой разработкой наклонных и горизонтальных скважин.

Литература

1. Табаков А.А., Везденев Е.М., Зарипова Д.М. Возможности прогнозирования разреза вверх и вниз по автокорреляциям трасс ВСП. В сб.: Геофизические исследования на нефть и газ в Узбекистане. Ташкент. Изд-во САИГИМС. 1978. Вып. 34. С. 78–84.
2. А.В. Баев, А.А. Табаков. Решение обратных задач сейсмопрофилирования и мониторинг при бурении скважин. Докл. РАН. 1992. Т. 324. № 1. С. 73–76.
3. А.В. Баев, А.А. Табаков, И.Е. Солтан, А.В. Копчиков. Решение обратных задач ВСП и мониторинг при бурении скважин на основе корреляционных полей. Тезисы научно-практической конференции «Гальперинские чтения – 2002». 2002. С. 167-170.