



Решение обратных задач ВСП и мониторинг при бурении скважин на основе корреляционных полей

А.В. Баев (МГУ),
А.А. Табаков, И.Е. Солтан (ОАО “ЦГЭ”),
А.В. Копчиков (ООО “ГЕОВЕРС”)

Москва, Гальперинские Чтения - 2002

Введение

- ✚ Решение задачи использования шумов, возбуждаемых долотом в процессе бурения.
- ✚ В качестве источника волнового поля, аналогично обращенному ВСП, впервые предложено Bob Martage (Western Geophysical) в начале 80х годов. Разработанная система была названа автором TOMEX. Она породила большие, но как выяснилось позже, не вполне обоснованные надежды на закрытие традиционного ВСП.
- ✚ Для формирования волновых полей с компактным сигналом, было предложено коррелировать поля, регистрируемые на поверхности с сигналами от датчика закрепленного на вертлюге.

В результате многочисленных экспериментов выяснилось, что погрешности времен, оцененные авторами 4мс, узкий и нестабильный по глубине спектры результирующих трасс, не позволили использовать метод для решения задач изучения разреза и позиционирования долота с необходимой точностью.
- ✚ В докладе представлен альтернативный и при некоторых условиях точный метод изучения разреза и прогнозирования разреза ниже долота, основанный на использовании автокорреляционных функций.
- ✚ Показано, что замена обычных трасс ВСП на их автокорреляции (естественно с потерей половины информации) позволяет тем не менее решать обратные задачи оценки изучаемого разреза, в том числе и такую нетрадиционную, как прогнозирование разреза вверх от долота.

Теория прогнозирования разреза по автокорреляциям трасс ВСП

- Представим исходное поле трасс ВСП, как сумму полей волн, распространяющихся вверх и вниз.

$$f = f_1 + f_2, \quad f_1 \sim W D n, \quad f_2 \sim W U p$$

- Выполним расчет поля автокорреляций по исходному полю трасс ВСП. На полученном поле автокорреляций выделяются три основных направления распространения сейсмических волн: вертикальное и два наклонных (первичные отраженные и вторичные падающие волны), что следует из разложения корреляционного поля.

$$k(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t+\tau) f^*(t) dt = \int_{-\infty}^{+\infty} f_1(t+\tau) f_1^*(t) dt + \int_{-\infty}^{+\infty} f_2(t+\tau) f_2^*(t) dt +$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f_2(t+\tau) f_1^*(t) dt + \int_{-\infty}^{+\infty} f_1(t+\tau) f_2^*(t) dt.$$

Отметим, что первые два члена представляют собой автокорреляцию падающих и отраженных волн. Второй и третий – автокорреляции падающей с отраженной и отраженной с падающей, соответственно.

Введем $k_0(\tau)$, $k_1(\tau)$, $k_2(\tau)$ - корреляционные функции смещений для вертикального и двух наклонных направлений соответственно.

$$k_0(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} f_1(t + \tau) f_1^*(t) dt + \int_{-\infty}^{+\infty} f_2(t + \tau) f_2^*(t) dt ,$$

$$k_1(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} f_2(t + \tau) f_1^*(t) dt , \quad k_2(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} f_1(t + \tau) f_2^*(t) dt .$$

Тогда $k(\tau)$ можно записать в виде суммы $k(\tau) = k_0(\tau) + k_1(\tau) + k_2(\tau)$.

В терминах преобразований Фурье $K_0(\omega)$, $K_1(\omega)$ функций $k_0(\tau)$, $k_1(\tau)$ это означает, что известны

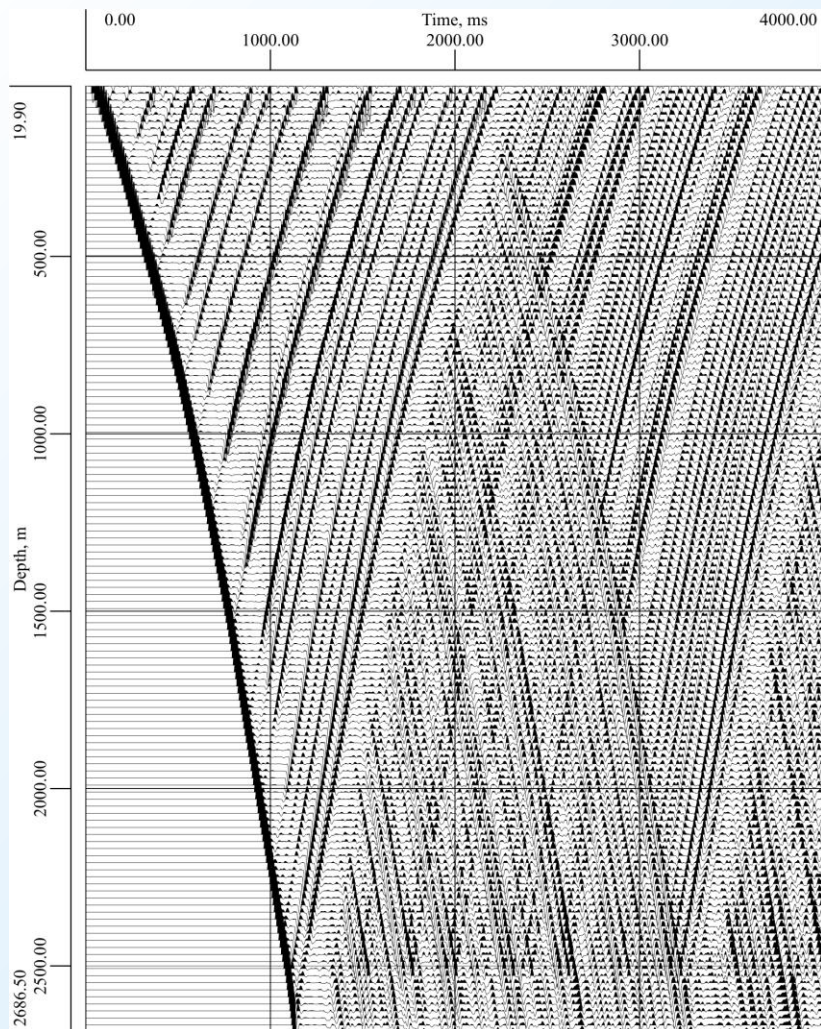
$$K_0(\omega) = |F_1(\omega)|^2 + |F_2(\omega)|^2, \quad K_1(\omega) = F_1(\omega)^* F_2(\omega).$$

Для решения обратной задачи ВСП была получена следующая точная формула

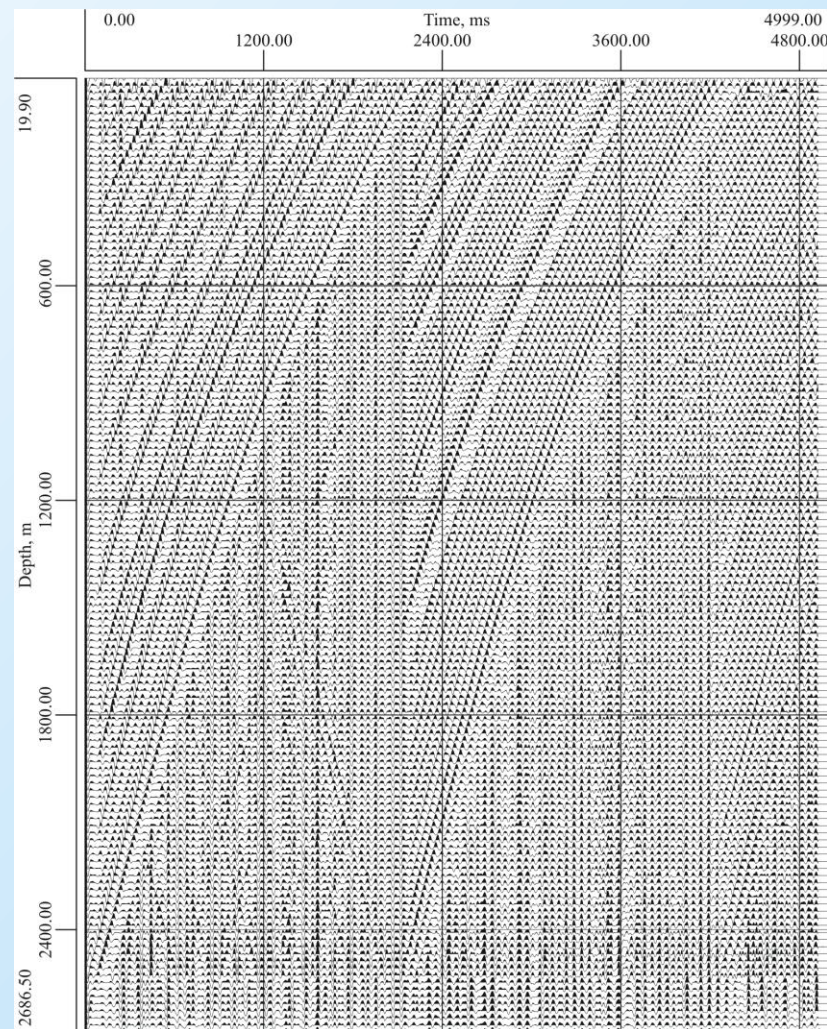
$$G(\omega) = \frac{F_2(\omega)}{F_1(\omega)} = \frac{1}{2} \frac{K_0^*}{K_1^* |K_0|} \left(|K_0| - \sqrt{|K_0|^2 - 4 |K_1|^2} \right),$$

где $G(\omega)$ - преобразование Фурье идеальной импульсной сейсмограммы полупространства, лежащего ниже точки наблюдения.

Модельный эксперимент

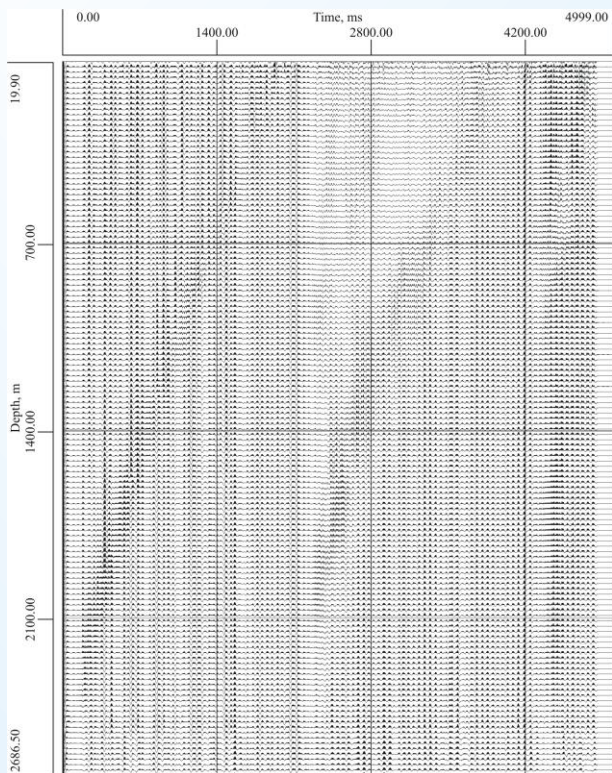


Модельное поле ВСП

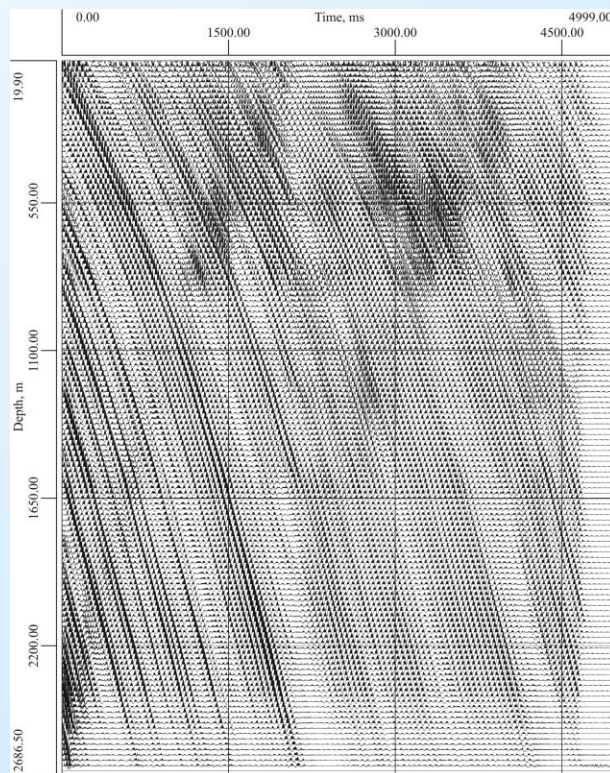


Автокорреляция модельного поля ВСП

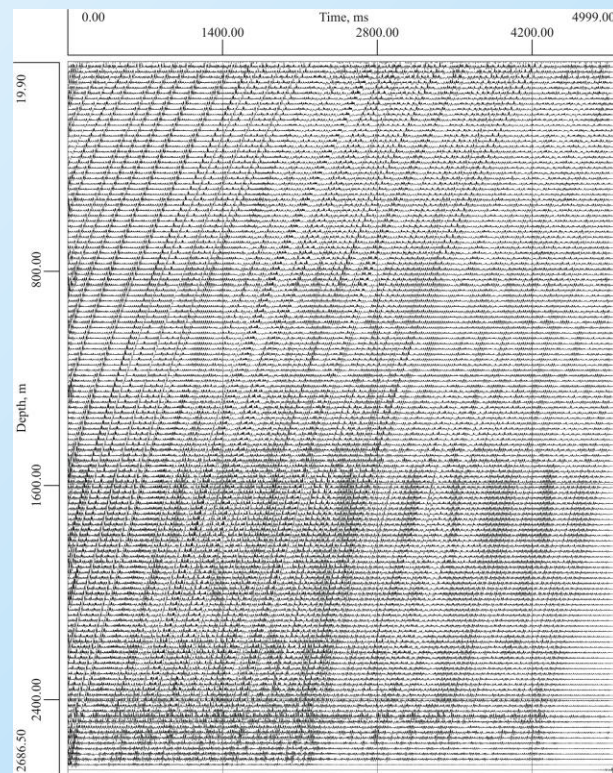
Волновые поля автокорреляций трасс ВСП после процедуры селекции.
Три основных направления распространения сейсмических волн:
вертикальное и два наклонных.



(a)

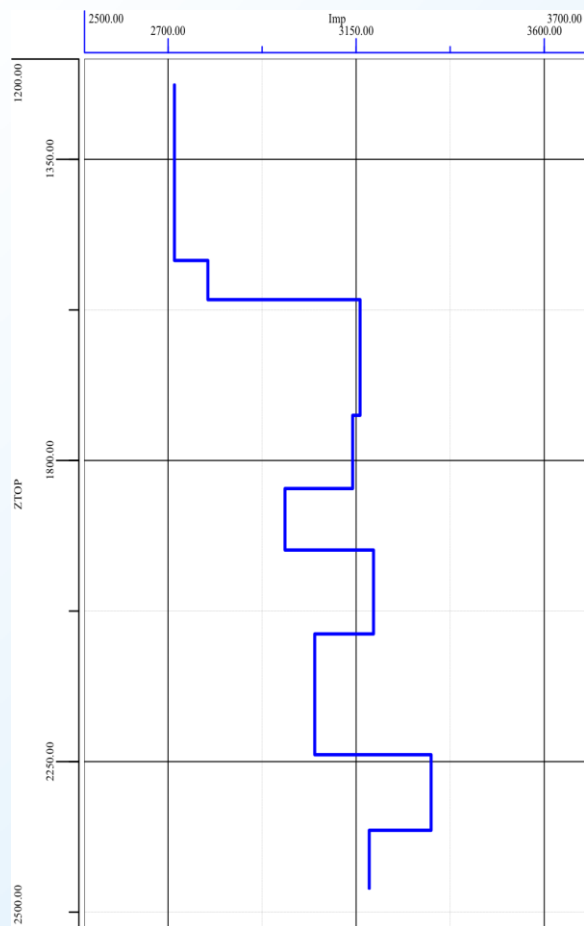


(б)

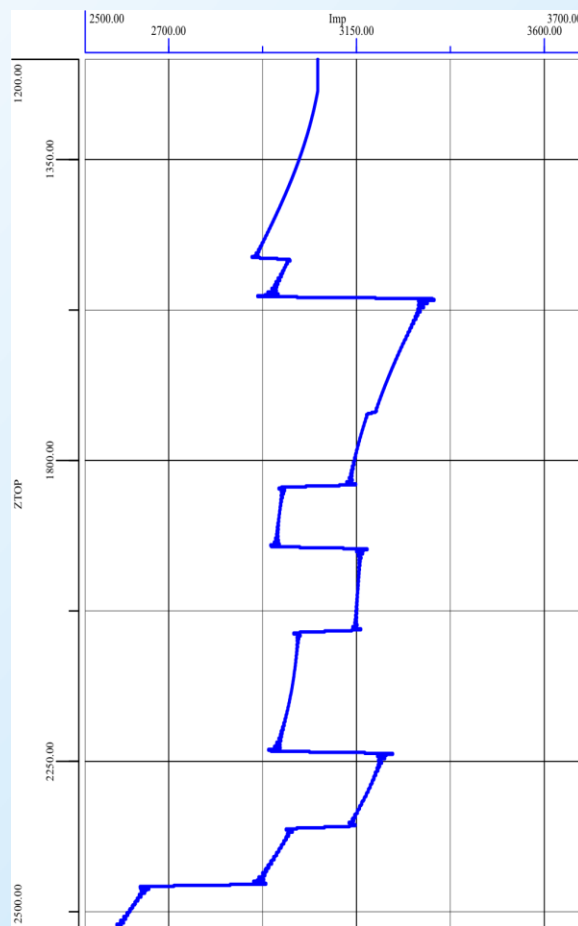


(B)

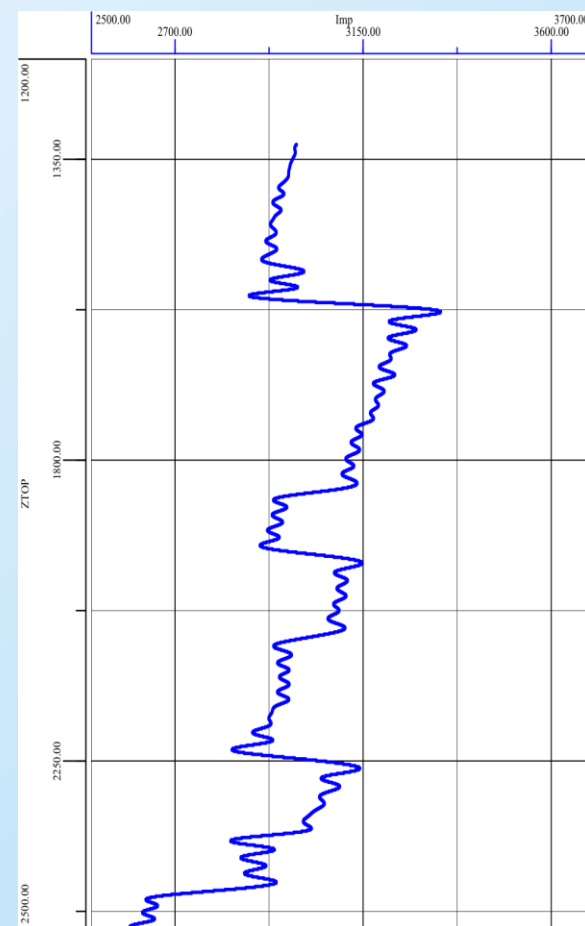
Акустические импедансы ниже интервала наблюдений в масштабе глубин



Модельный



Прогноз по ВСП



Прогноз по
автокорреляциям ВСП

Выводы и рекомендации

- ✚ Предложенным методом интерпретации корреляционных полей смещений, регистрируемых на дневной поверхности можно решать задачу определения геологического разреза непосредственно в режиме бурения скважин, а так же 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.