

**ОЦЕНКА ОТРАЖАТЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДЫ ПО КОМБИНАЦИИ
PP- И PS-ВОЛН ИЗ НЕСКОЛЬКИХ ПУНКТОВ ВЗРЫВА**

К.В. Баранов*, А.А. Табаков*, А.В. Баев**,

Л.В. Севастьянов***, А.В. Беленова ***

(* ОАО «ЦГЭ», г. Москва, ** МГУ, г. Москва, *** ООО «ГЕОБЕРС», г. Москва)

**REFLECTIVITY CHARACTERISTICS ESTIMATION USING
COMBINATION OF PP- AND PS-WAVES FROM
SEVERAL SHOT POINTS**

K.V. Baranov*, A.A. Tabakov*, A.V. Baev**,

L.V. Sevastyanov***, A.V. Belenova***

(* CGE, Moscow, ** Moscow State University, *** Geovers, Ltd., Moscow)

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы повышения качества привязки данных ВСП к данным ГИС и ОГТ путем суммирования трасс однократных отражений (ТОО) PP- и PS-волн из нескольких пунктов взрыва (ПВ). Эффективность методики продемонстрирована на модельных и реальных данных. Сделаны выводы о том, что использование предложенной методики позволяет повысить разрешенность изучения продуктивных пластов.

Abstract. This paper deals with method of increasing quality of CDP/LOG-VSP tie by stacking primary reflections of PP- and PS-waves from several shot points. The efficiency of

this method was illustrated on synthetic and real data. Using of proposed method increasing resolution of productive layers exploration.

1. Введение

В стандартной методике обработки для привязки данных ВСП к данным ГИС и ОГТ используется трасса однократных отражений и акустический импеданс, полученные в результате обработки данных ближнего ПВ ВСП. Трасса однократных отражений, полученная по отраженным продольным волнам с ближнего пункта взрыва ВСП, является важной характеристикой разреза. Однако из-за выноса ПВ и наклона пластов, рассчитанную таким образом ТОО нельзя в точности считать отражательной характеристикой границы при нормальном падении. В то же время, геологическим заданием на работы обычно предусматривается и решение задач изучения околоскважинного пространства по данным удаленных пунктов возбуждения, волновые поля которых также содержат информацию о распределении акустических импедансов ближайшей окрестности скважины и могут быть использованы для повышения качества увязки данных ВСП с данными ГИС и ОГТ. Рассматриваемый метод предназначен для восстановления отражательных характеристик среды ближних и удаленных ПВ с использованием отраженных обменных волн.

2. Описание метода

Впервые метод восстановления отражательных свойств среды по комбинации продольных и обменных волн был предложен в 2006 г. А.А. Табаковым [1]. Идея метода основывается на том, что коэффициент отражения продольных волн и коэффициент обмена назад для малых углов меняются в противоположную сторону. Уменьшение коэффициента отражения продольной волны (UPP) соответствует

возрастанию коэффициента отражения обменной волны (UPS), и наоборот – росту коэффициента UPP соответствует уменьшение значений коэффициента UPS. Очевидно, что из некоторой комбинации UPP и UPS можно восстановить коэффициент отражения при нормальном падении волны на границу.

Выражения для UPP при нормальном падении (UPP_0), UPP и UPS записываются в явном виде через свойства среды: плотность, скорости продольных и поперечных волн, угол падения продольной волны на границу раздела. Используя комбинацию UPP и произведения UPS на функцию F , корректирующую угловую зависимость удается восстановить UPP_0 . В случае небольших углов падения волны на границу раздела сред (менее 20°) зависимость функции F от свойств среды можно считать незначительной, следовательно, функция может быть использована как универсальная функция коррекции, зависящая только от угла падения волны на границу.

Возможно расширить границы применимости метода, построив функцию коррекции для двух случаев прохождения продольной волной границы сред:

- а) из «мягкой» в «жесткую» (рис. 1а),
- б) из «жесткой» в «мягкую» (рис. 1б).

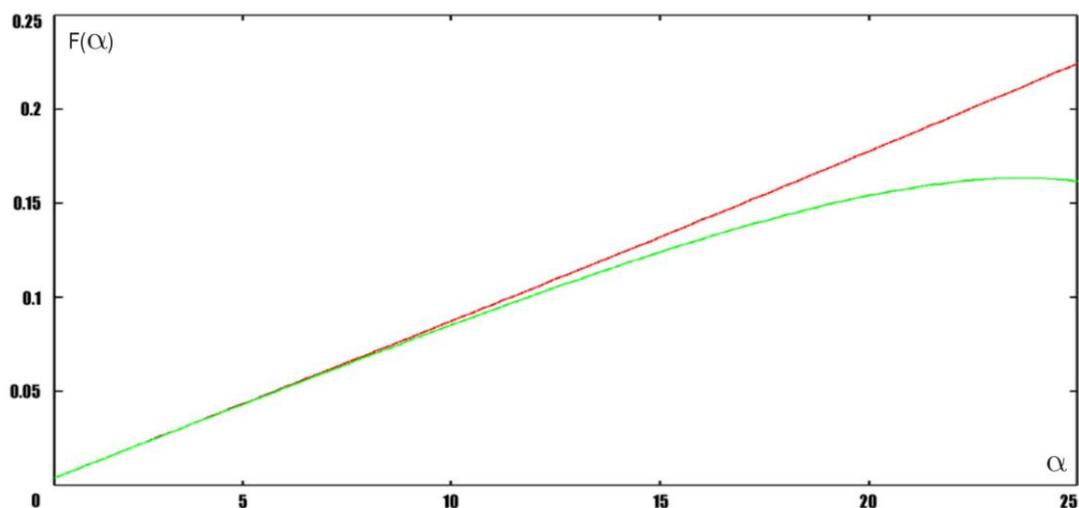
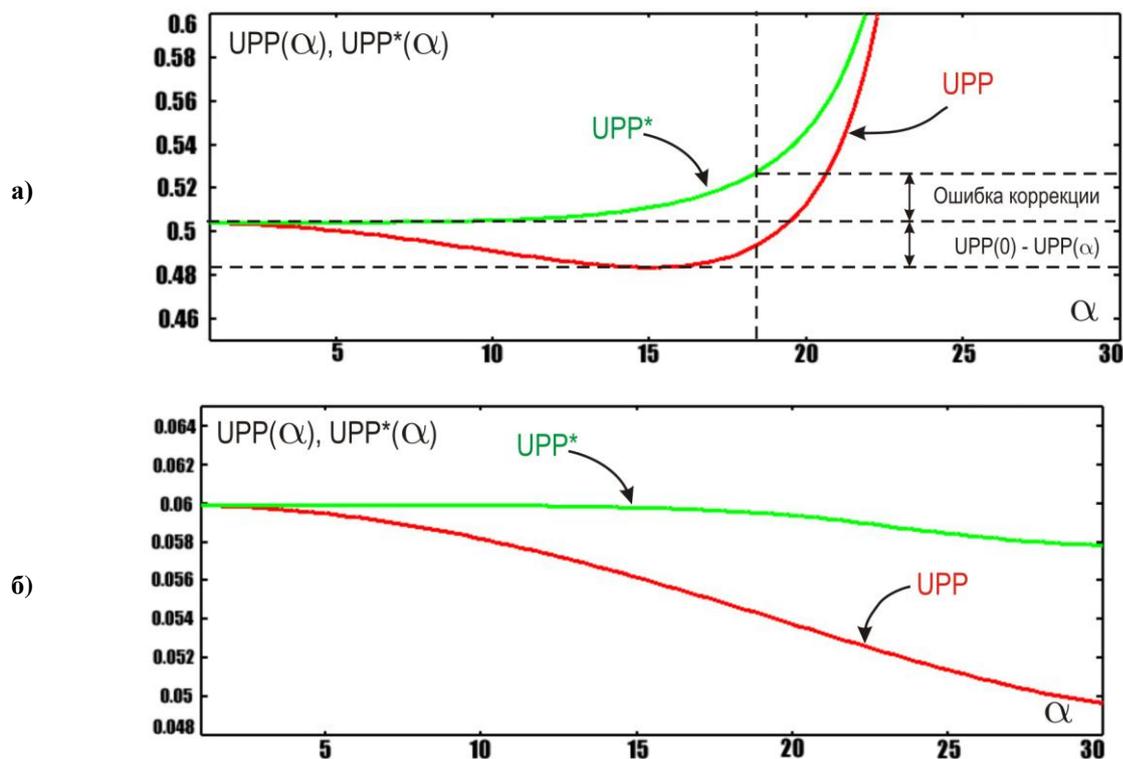


Рис. 1. Графики зависимости значения функции коррекции UPP от угла падения волны на границу двух сред:
а) из «мягкой» в «жесткую» (зеленый),
б) из «жесткой» в «мягкую» (красный)

3. Построение функции коррекции

Рассмотрим случай падения волны на границу двух сред с сильным перепадом жесткостей: $v_p^1 = 2500$ м/с и $v_p^2 = 1000$ м/с. Установлено, что коррекция значений UPP остается эффективной вплоть до угла, при котором, ошибка коррекции становится равной отклонению UPP^α от UPP_0° . Вблизи такого угла (примерно 18°), при указанном перепаде свойств среды, возникают нелинейные процессы, не учитываемые аналитическими выражениями для коэффициентов отражения (рис. 2а). Для реальной среды рассмотренный случай является предельным. Отсюда следует ограничение метода по углу падения волны на границу раздела. Для остальных характерных случаев перепада жесткостей, корректировать значения UPP эффективно и для значительно больших углов, что видно из рис. 2б, 2в, 2г.



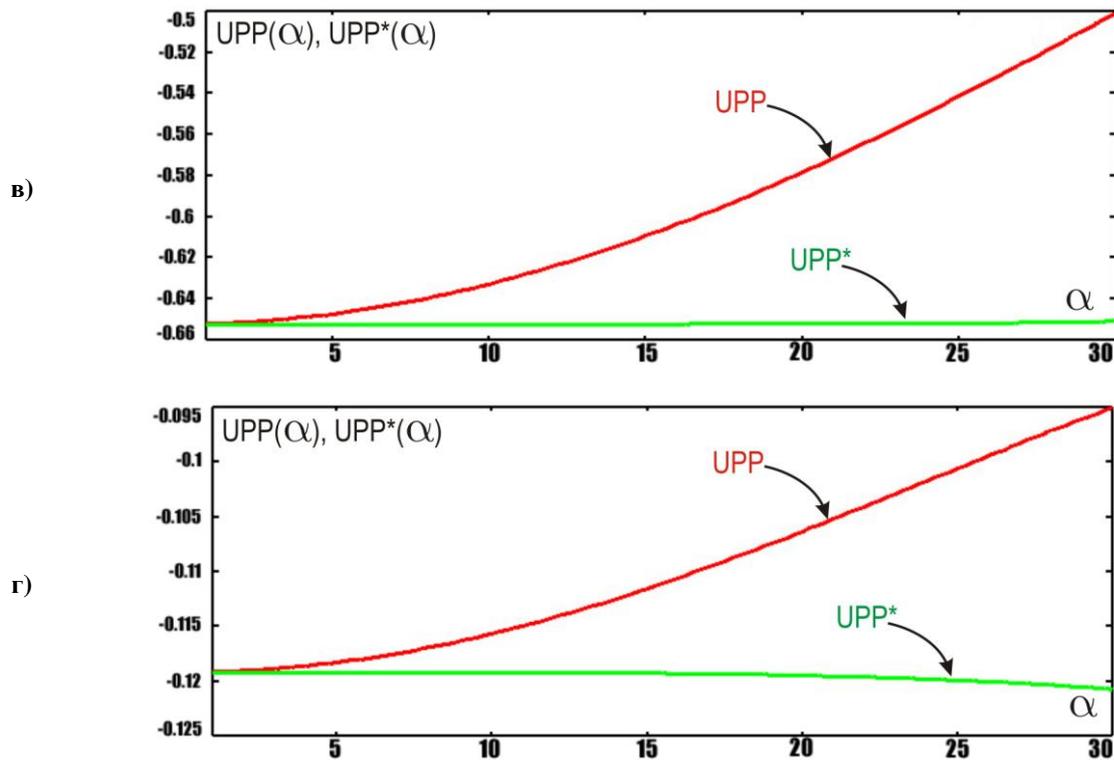


Рис. 2. Графики зависимости значений коэффициента отражения продольной волны от угла падения на границу раздела сред с перепадами жесткостей, соответствующими:

а) $v_p^1 = 2500$ м/с и $v_p^2 = 1000$ м/с, б) $v_p^1 = 2200$ м/с и $v_p^2 = 2000$ м/с,

в) $v_p^1 = 3500$ м/с и $v_p^2 = 1000$ м/с, г) $v_p^1 = 3000$ м/с и $v_p^2 = 2500$ м/с

4. Построение метода

Методика использования характеристик рассеяния из нескольких ПВ выглядит следующим образом:

1. Получение трасс однократных отражений продольных и обменных волн в масштабе глубин по всем ПВ
2. Суммирование трасс однократных отражений, полученных с использованием продольных и обменных волн для каждого ПВ (коррекция коэффициентов отражения за угол падения)
3. Расчет взаимно-корреляционных функций (ВКФ) между ТОО после коррекции
4. Определение весов и взаимных сдвигов трасс

5. Коррекция кабельных глубин для каждого ПВ (если необходимо)
6. Суммирование с весами всех полученных ТОО после коррекции
7. Увязка с данными ГИС и ОГТ

5. Модельный эксперимент

Для модельного эксперимента использовалась скоростная модель среды, полученная в результате обработки реальных данных ВСП. По этой модели были рассчитаны волновые поля для удаления ПВ 300 метров (ПВ₁) и 1000 метров (ПВ₂).

Проведена обработка волновых полей отраженных продольных и отраженных обменных волн: деконволюция по форме падающей волны, ввод кинематических поправок, коридорное суммирование и преобразование в масштаб глубин.

Для проверки методики получена эталонная трасса путем свертки идеальной импульсной сейсмограммы, построенной по модели среды, с заданным сигналом.

Коэффициент корреляции эталонной трассы с ТОО ПВ₁, полученной по продольным волнам составляет 0.88, после суммирования ТОО, полученных по продольным и поперечным волнам – 0.98.

Для ПВ₂ коэффициент изменился с 0.73 на 0.93. Это показывает, что суммирование продольных и поперечных волн нивелирует зависимость суммарного коэффициента от угла падения волны.

Также для ПВ₁ и ПВ₂ были получены ТОО с добавлением белого шума с уровнем интенсивности равным 10% от максимальной энергии сигнала. При этом, коэффициент корреляции эталонной трассы с зашумленной ТОО, полученной по продольным волнам ближнего пункта взрыва (ПВ₁) составляет 0.82. Коэффициент корреляции между эталонной трассой и комбинацией из зашумленных ТОО (полученных для ПВ₁ и ПВ₂) составил 0.93 (рис. 3).

Проведенный эксперимент показывает, что данная методика применима для повышения отношения сигнал/шум в трассе однократных отражений, используемой для увязки данных ВСП с данными ГИС и ОГТ.

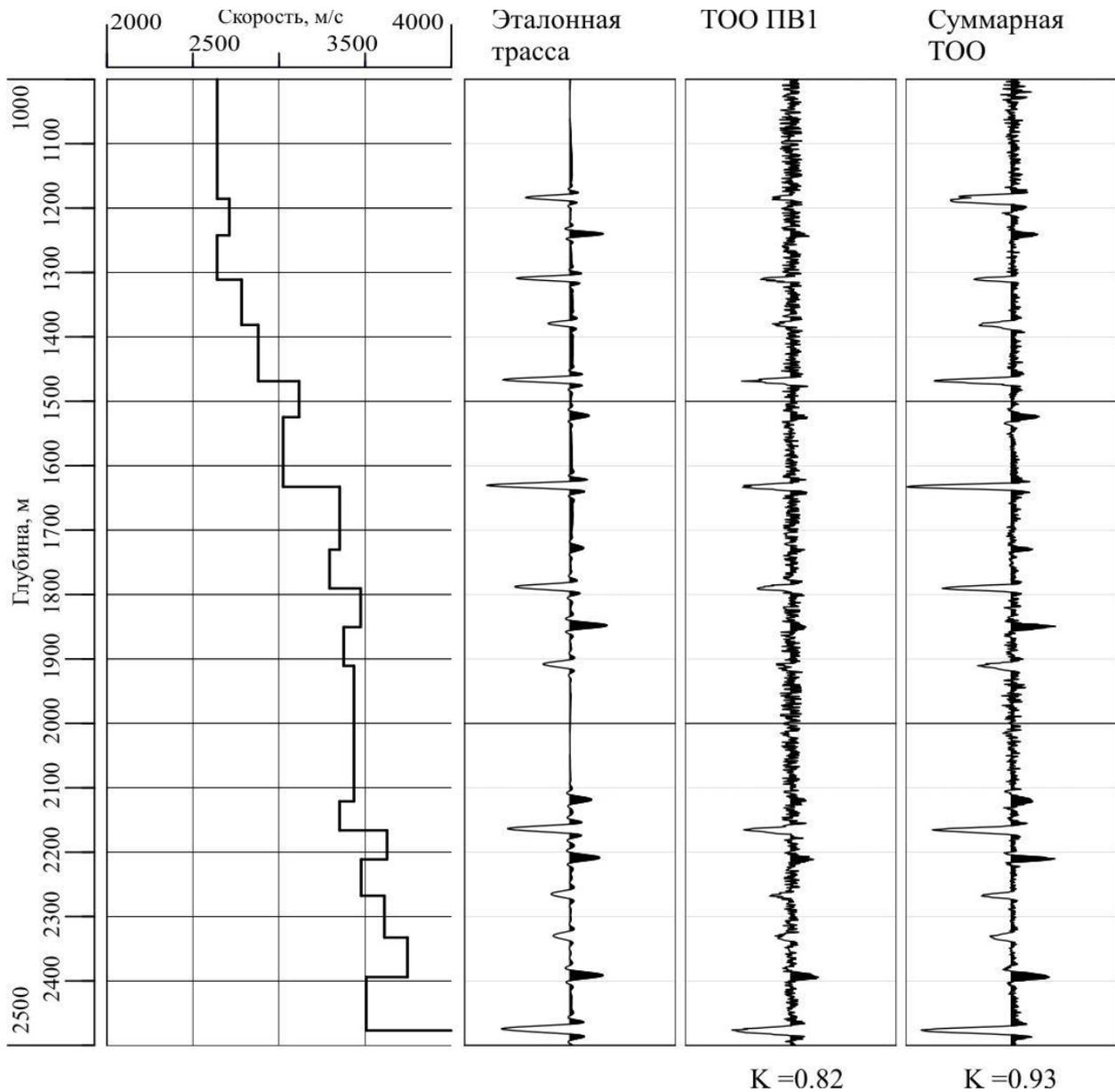


Рис. 3. Сопоставление скоростной модели среды с трассами однократных отражений, полученных в результате модельного эксперимента (K – коэффициент корреляции)

6. Эксперимент на реальных данных

Методика была успешно опробована и на реальных данных на одной из скважин Западной Сибири. Суммарная трасса однократных отражений имеет высокий коэффициент корреляции с трассой разреза ОГТ – 0.57 (рис. 4), против 0.44 при

использовании ТОО, полученной только по ближнему ПВ. В результате деконволюции разреза ОГТ по последней, коэффициент корреляции (между ТОО, полученной по данным ближнего ПВ ВСП и трассой разреза ОГТ) увеличился до 0.51, но возрос уровень шумов и некоторые тонкие фазы стали хуже прослеживаться (рис. 5). В то время как, при использовании суммарной трассы однократных отражений для деконволюции разреза ОГТ коэффициент корреляции составляет 0.69, причем форма сигнала становится нуль-фазовой, а разрешенность увеличивается без заметного усиления уровня помех (рис. 6).

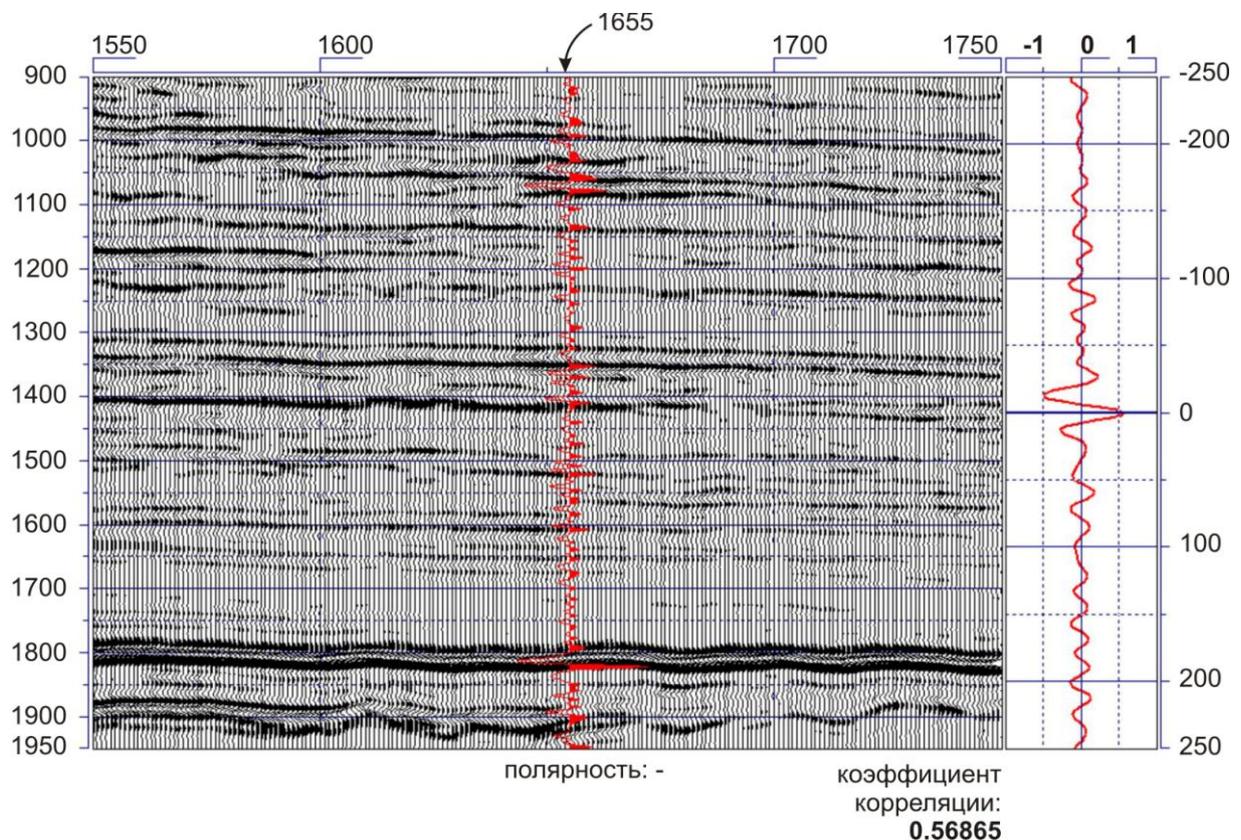


Рис. 4. Разрез ОГТ с наложением суммарной трассы однократных отражений (слева) и соответствующая взаимно-корреляционная функция (справа)

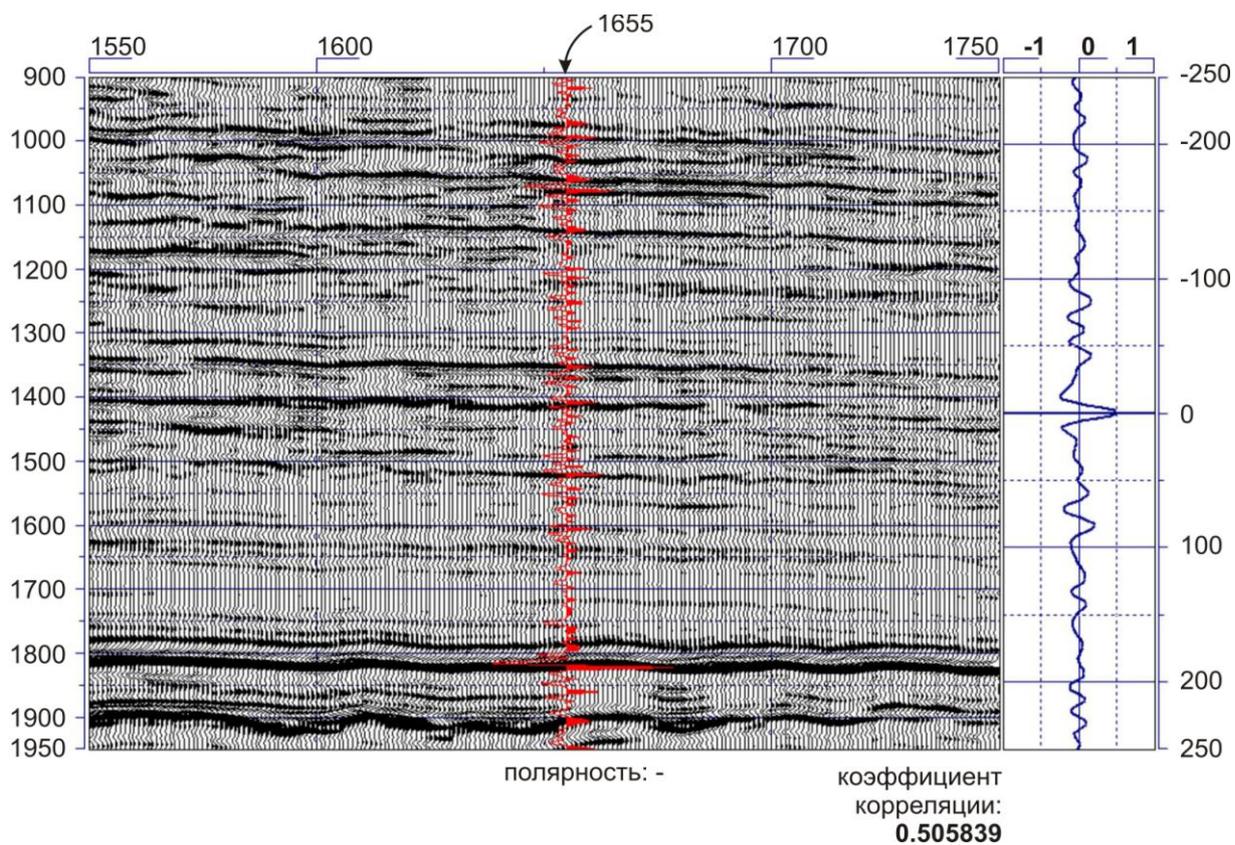


Рис. 5. Разрез ОГТ после деконволюции по трассе однократных отражений, полученной по данным ближнего ПВ (слева) и соответствующая взаимно-корреляционная функция (справа)

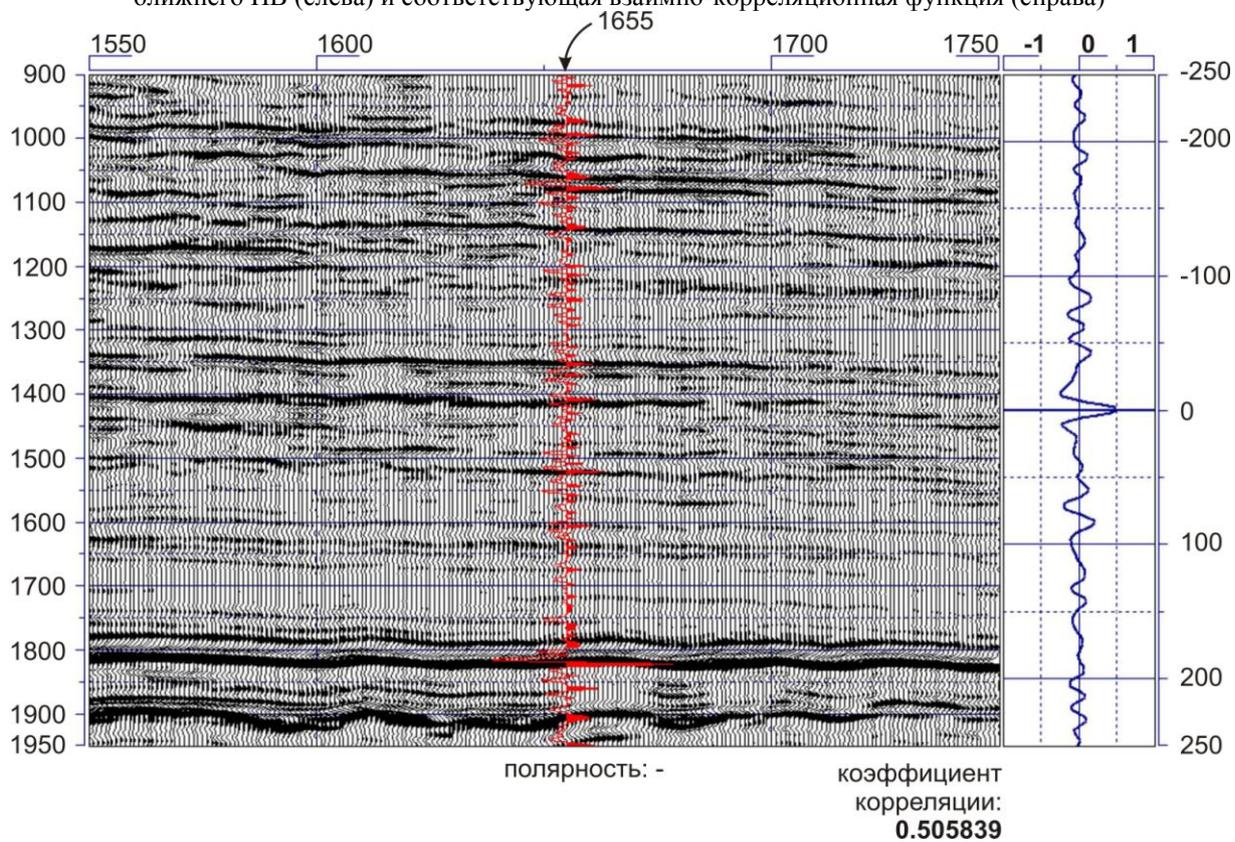


Рис. 6. Разрез ОГТ после деконволюции по суммарной трассе однократных отражений (слева) и соответствующая взаимно-корреляционная функция (справа)

Список литературы

1. К.В. Баранов, А.А. Табаков, А.В. Баев, Л.В. Севастьянов, А.В. Беленова. Оценка отражательных характеристик среды по комбинации PP- и PS-волн из нескольких пунктов взрыва. Тезисы докладов научно-практической конференции "Гальперинские чтения 2006", С. 34-38, 2006