

# ЧАСТНОЕ РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ СЕЙСМИКИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СРЕДЫ ПО КОМБИНАЦИИ ВОЛН РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ

Л.В. Севастьянов<sup>\*\*\*</sup>, А.А. Табаков<sup>\*</sup>, А.В. Баев<sup>\*\*</sup>,  
К.В. Баранов<sup>\*</sup>

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

# PARTICULAR INVERSE DINAMIC PROBLEM SOLUTION OF REFLECTIVITY RESTORATION USING COMBINATION OF DIFFERENT TYPE WAVES

L.V. Sevastyanov<sup>\*\*\*</sup>, A.A. Tabakov<sup>\*</sup>, A.V. Baev<sup>\*\*</sup>, K.V. Baranov<sup>\*</sup>

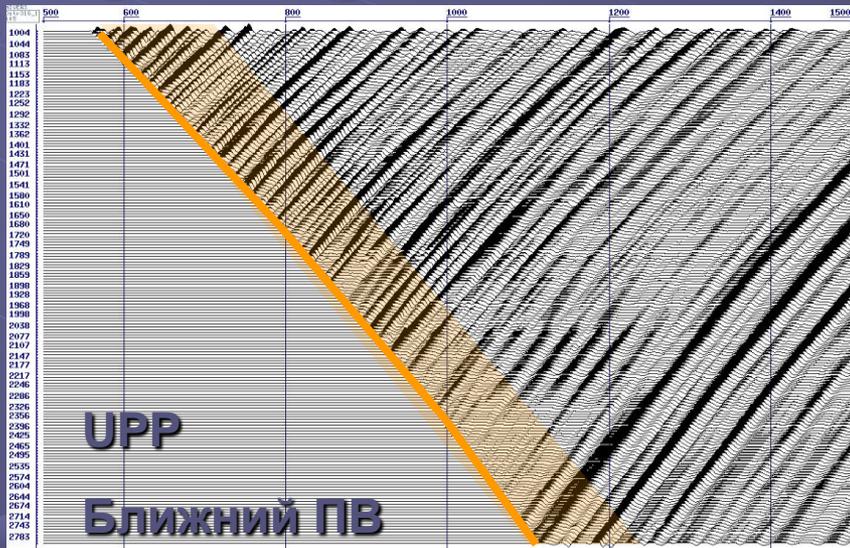
(\*CGE, Moscow, \*\*Moscow State University, \*\*\*Geovers, Ltd., Moscow )

# Цели и задачи

В стандартной методике обработки данных ВСП из ближних пунктов взрывов (ПВ) основным результатом является трасса однократных отражений (ТОО), полученная коридорным суммированием волновых полей отраженных продольных волн. В тоже время геологическим заданием на работы обычно предусматривается и изучение околоскважинного пространства по данным удаленных пунктов возбуждения, волновые поля которых также содержат информацию о распределении акустического импеданса.

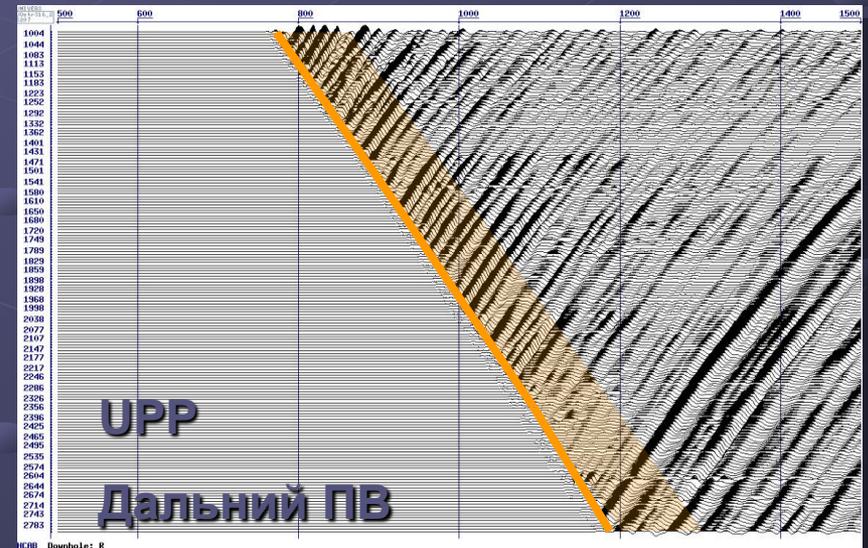
Задачи метода:

- Устранение зависимости коэффициента отражения от угла падения
- Восстановления отражательной характеристики с использованием рассеянных волн
- Качество данных можно повысить используя волновые поля с ближних и удаленных ПВ.



а)

Область накопления ТОО



б)

Область накопления ТОО

Рис.1. Поле отраженных продольных волн: а) ближний ПВ б) дальний ПВ

# Оценка соотношений по энергиям рассеянных на границе волн

2

Рассмотрим соотношения по потокам энергий рассеянных на границе волн.

Поток энергии отраженных волн и поток энергии преломленных слабо зависит от угла падения на границу, в диапазоне от 0 до критических значений.

$$E_{DPP0} = E_{UP0} + E_{DPP0}$$

$$E_{DP} = E_{UP} + E_{US} + E_{DPP} + E_{DPS}$$

$$E_{DPP0} = E_{DP}$$

$$E_{UP0} = \underbrace{E_{UP} + E_{US}}_{\text{Слабо зависит от угла падения}} + \underbrace{E_{DPP} + E_{DPS} - E_{DPP0}}_{\text{Мало для углов падения меньше критических}}$$

В случае нормального падения

В случае падения на границу под углом

$$E_{UP0} \approx E_{UP} + E_{US}$$

Для случая изотропной среды поток энергии можно выразить через амплитуду волны и параметры полупространств:

$$a_{UP0}^2 = a_{UP}^2 + \frac{v_{S1} \cos(\alpha_s)}{v_{P1} \cos(\alpha_p)} a_{US}^2 \quad (1)$$

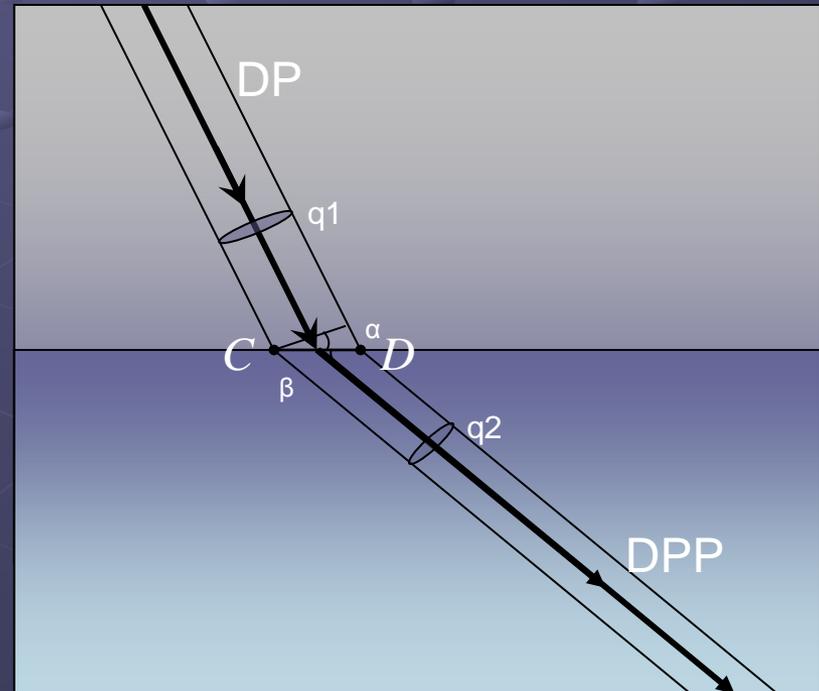


Рис.2. Схема изменения сечения лучевой трубки при преломления продольной волны падающей на плоскую границу раздела сред.

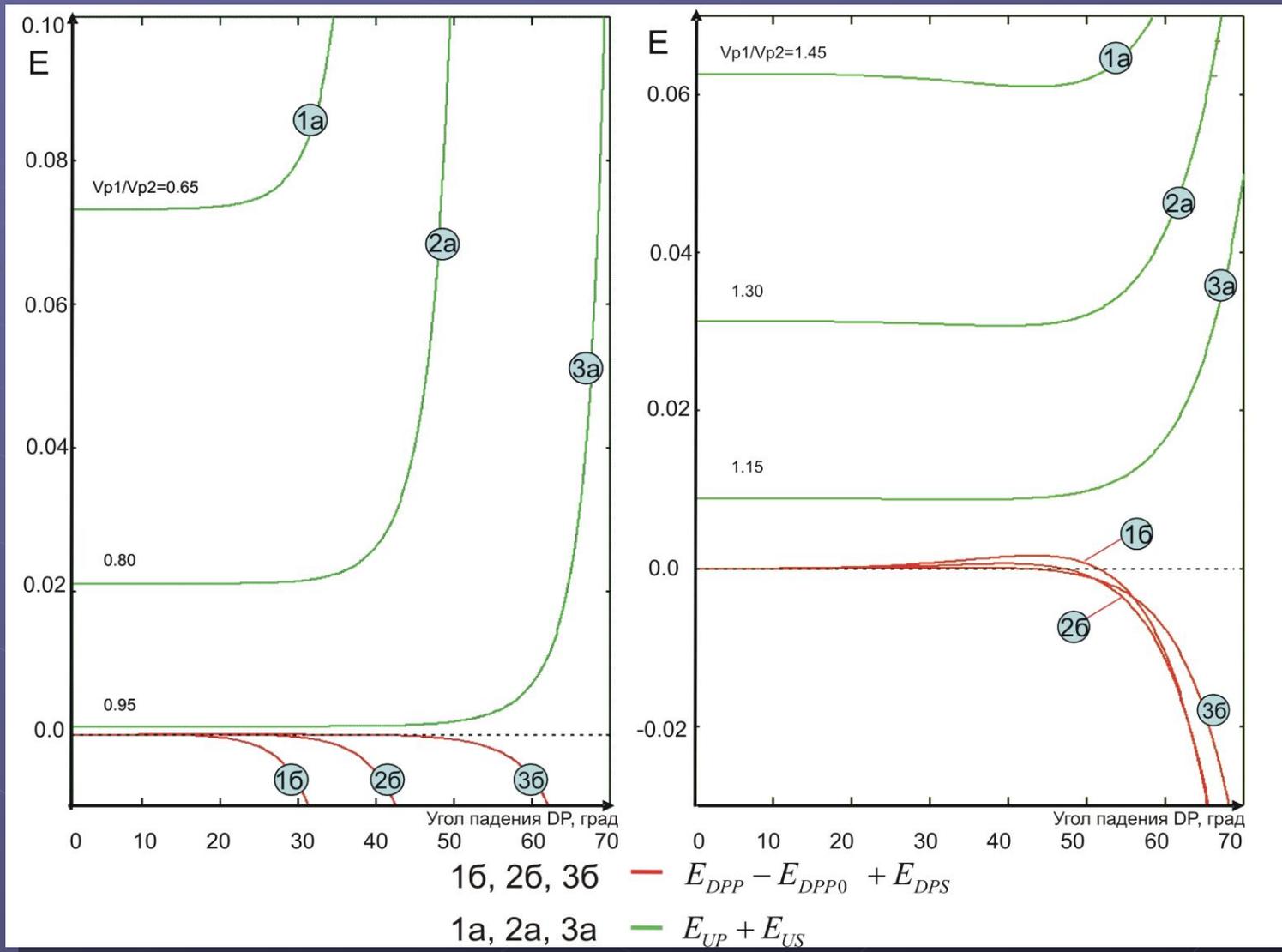


Рис.3. Зависимости потоков энергий отраженных и преломленных волн для различных параметров границы раздела сред.

# Восстановление коэффициента отражения при нормальном падении

Из решения системы уравнений Nott-Zoepritz в приближении малости углов падения и  $Vp/Vs=0,5$  следует, что коэффициент отражения функция четная вблизи нуля.

Введем замену переменных для коэффициентов отражения:

$$\begin{aligned} A_{up}(\alpha_{nao}) &= A(\alpha_{nao}^2) \rightarrow A(\theta^2) \\ A_{us}(\alpha_{nao}) &= \alpha_{nao} B(\alpha_{nao}^2) \rightarrow \theta B(\theta^2) \end{aligned}$$

Вблизи нуля коэффициент отражения продольной и поперечной волны можно связать

$$A(\theta^2) = 2B(\theta^2) \quad (2)$$

Представим  $A(\theta^2)$  в виде разложения по степеням  $\theta$ :

$$A(\theta^2) = A_0 - G(\theta^2)\theta^2 \quad (3)$$

Используем приближенное равенство (1) с заменой переменных для определения  $G$

$$\begin{aligned} A_{up0}^2 &= A_{up}^2 + \frac{v_{s1} \cos(\alpha_s)}{v_{p1} \cos(\alpha_p)} A_{us}^2 \rightarrow \\ \rightarrow A_0^2 &= A^2 \theta^2 + \frac{1}{2} \theta^2 B^2 \theta^2 \quad (4) \end{aligned}$$

Возведем в квадрат выражение (3) и оставим слагаемые только до второго порядка

$$A_0^2 = A^2 \theta^2 + 2G \theta^2 A \theta^2 \quad (5)$$

Сравнивая равенство (3) и (4) получаем множитель

$$G(\theta^2) = A(\theta^2) \quad (6)$$

Подставляя множитель в выражение (3) и используя (2)

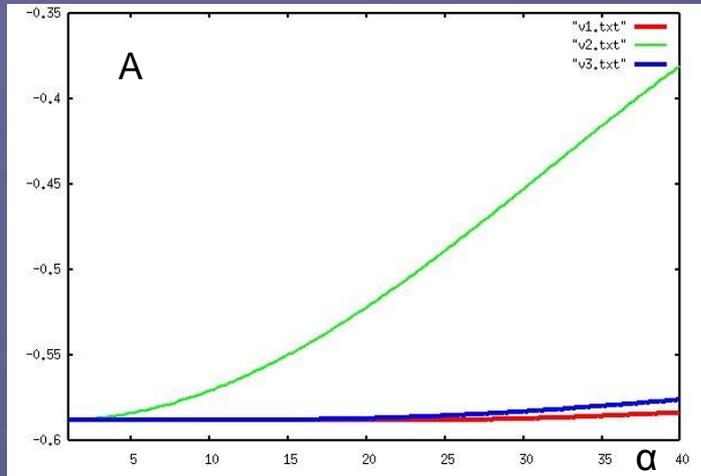
$$A(\theta^2) = A_0 - \frac{1}{2} B \quad (7)$$

Перейдем к обозначениям через коэффициенты отражения

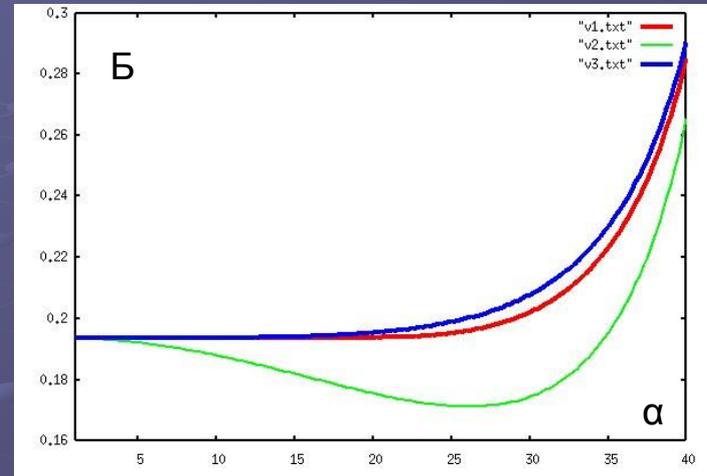
$$A_{up0} = A_{up} + \frac{1}{2} \alpha_{nao} A_{us} \quad (8)$$

Полученное выражение (8) позволяет восстановить коэффициент отражения при нормальном падении используя коэффициенты отражения продольной и поперечной волны корректирующей функции с точностью до 2-го порядка малости по углу падения.

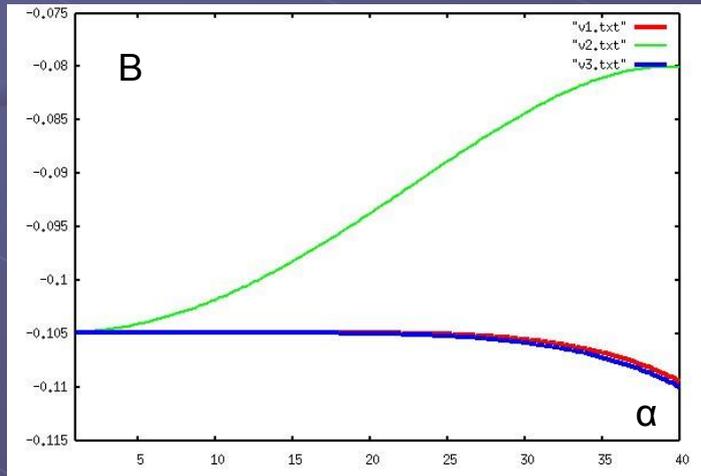
$v_{p1}/v_{p2} = 3$



$v_{p1}/v_{p2} = 0.8$



$v_{p1}/v_{p2} = 1.2$



$v_{p1}/v_{p2} = 0.5$

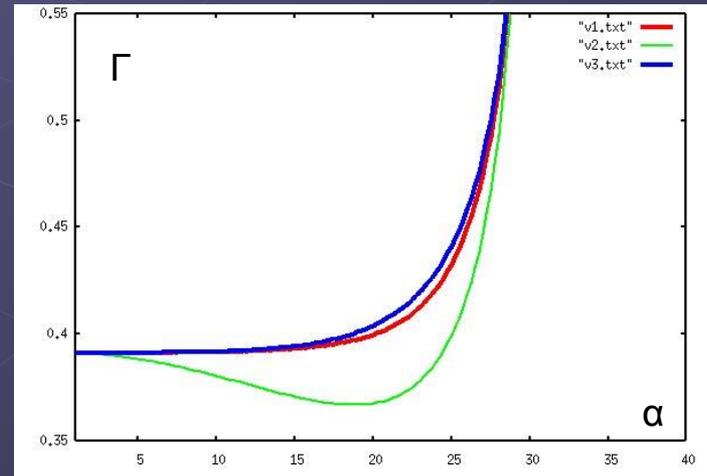
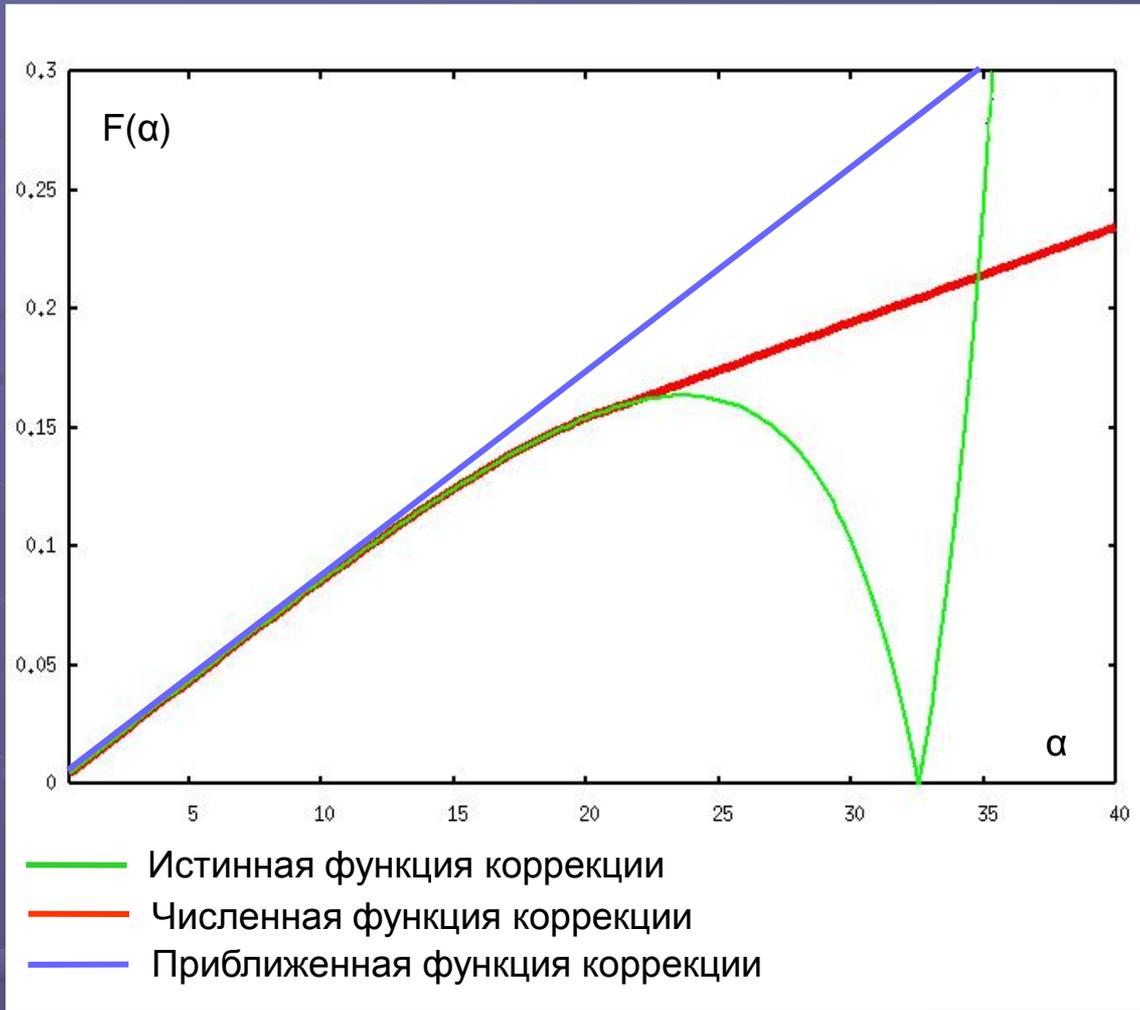


Рис.2. Восстановление коэффициента отражения численной функцией (красная линия) и приближенной функцией (синяя линия). Истинный коэффициент отражения  $UR$  – зеленая линия



Функция построена таким образом, чтобы оптимально нивелировать зависимость от угла в реальном диапазоне перепадов жесткостей, в интервале  $v_{p1}/v_{p2}$  от 0,5 до 3 и в диапазоне углов падения на границу раздела сред от 0 до 20.

Рис.2. Функции коррекции коэффициента отражения за угол падения на границу раздела.

## Оценка углов падения на границу

Для вычисления коэффициента отражения при нормальном падении на основе (7) необходимы углы рассеивания отраженных продольных волн  $\alpha_{UP}$ .

Эти углы можно рассчитать по трехкомпонентным трассам однократных отражений одновременно с углами наклона и азимутами границ раздела сред.

Реальные данные имеют ограниченный спектр и шумы, которые не позволяют определить значения углов рассеивания в каждой точке по глубине, поэтому по исходным трассам рассчитывается усредненная трасса по методу главных компонент.

Значениями этой трассы являются собственные вектора автокорреляционной матрицы, построенной в скользящем окне исходной трехкомпонентной трассы. При этом каждой точке соответствует вес (собственное значение), по которому можно исключить недостаточно точные значения.

Углы рассеивания нужно рассчитывать по усредненной трехкомпонентной трассе.

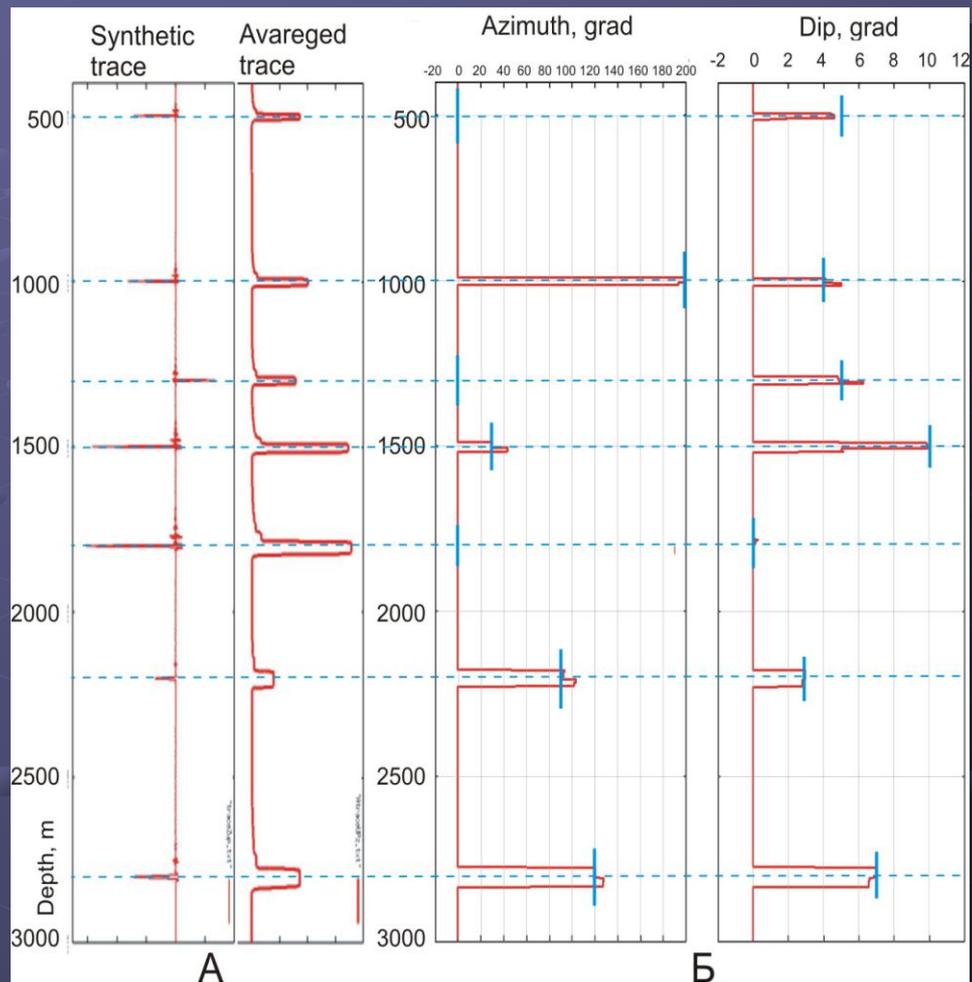


Рис. 2. А – ТОО (Z-компонента) и собственные вектора ТОО (Z-компонента) на базе длины волны, Б – рассчитанные углы и азимуты границ. Пунктиром изображены глубины границ на скважине. Вертикальные отсечки на графиках азимутов и углов - истинные значения углов и азимутов

# Методика использования характеристик рассеивания из нескольких ПВ:

- Получение трасс однократных отражений продольных и обменных волн по всем ПВ в масштабе глубин
- Получение трассы собственных векторов (усредненной трассы) на базе длины волны
- Оценка углов рассеивания и векторов нормали границ раздела сред по нескольким ПВ
- Комбинация трасс однократных отражений продольных и обменных волн индивидуально для каждого ПВ – коррекция коэффициентов отражения за угол падения
- Весовое суммирование трасс однократных отражений всех ПВ

- Найдено частное решение обратной динамической задачи восстановления отражательной характеристики околоскважинного пространства с использованием отраженных волн различных типов
- Основы данного метода могут эффективно применяться в наземной сейсморазведке
- Дальнейшее развитие метода предполагает использование всех типов рассеянных волн для решения обратной задачи восстановления свойств среды
- The partial solution of reflectivity restoration using reflected waves of different types is derived
- The main principles of this method could be useful in surface seismic processing
- The further development of this method proposes using all wave types for dynamic parameters restoration