

ООО “Геоверс”

# Наклонометрия в обсаженных скважинах и другие усовершенствования в геолого-геофизических применениях метода ВСП

А.А. Табаков, В.Н.Ференци, Ю.А.Степченков, А.С. Колосов, Л.В. Калван.

Geovers Ltd.

# Dipmetering in cased wells and other developments in geology-geophysical applications

A.A.Tabakov, V.N. Ferentzi, Y.A. Stepchenkov, A.S.Kolosov, L.V.Kalvan.

Galperin Readings 2015

1. Введение.
2. Методика полевых работ.
3. Обработка данных.
4. Выбор ширины спектра и крутизны срезов.
5. Оценка формы сигнала и преобразование данных ОГТ к нулевой фазе поворотом фазы.
6. Наклонометрия в обсаженных скважинах.
7. Выводы и рекомендации.

# 1. Введение / Introduction

Вертикальное сейсмическое профилирование в параметрическом применении решает следующие основные задачи:

- Оценка эффективных скоростей продольных и поперечных волн и параметров VTI анизотропии с учетом частотнозависимого поглощения.
- Оценка отражательных характеристик среды.
- Увязка с данными ГИС путем инверсии широкополосной (1.5-250Гц) трассы однократных отражений.
- Оценка относительного фазового поворота и деконволюция ВСП-ОГТ для приведения сигнала к нулевой фазе.
- Детальная привязка наземных отражений.
- Оценка углов и азимутов наклона границ (инклинометрия в обсаженных скважинах).
- Получение изображения среды и его сопоставление с ОГТ по продольным и обменным поперечным волнам с целью контроля скоростной модели ВСП.
- Оценка вертикальной трещиноватости.

Корректное решение поставленных задач предъявляет специфические требования к полевым работам и обработке данных. В докладе рассматриваются эти требования и новые результаты, полученные при развитии программного обеспечения. Новыми являются:

- технологии оценки оптимального фазового поворота;
- широкополосная обработка (7 октав);
- рекомендации по сохранению частот и формированию спектра;
- технология оценки углов и азимутов наклона отражающих границ (наклонометрия в обсаженных скважинах).

## 2.Методика полевых работ / Field works approach

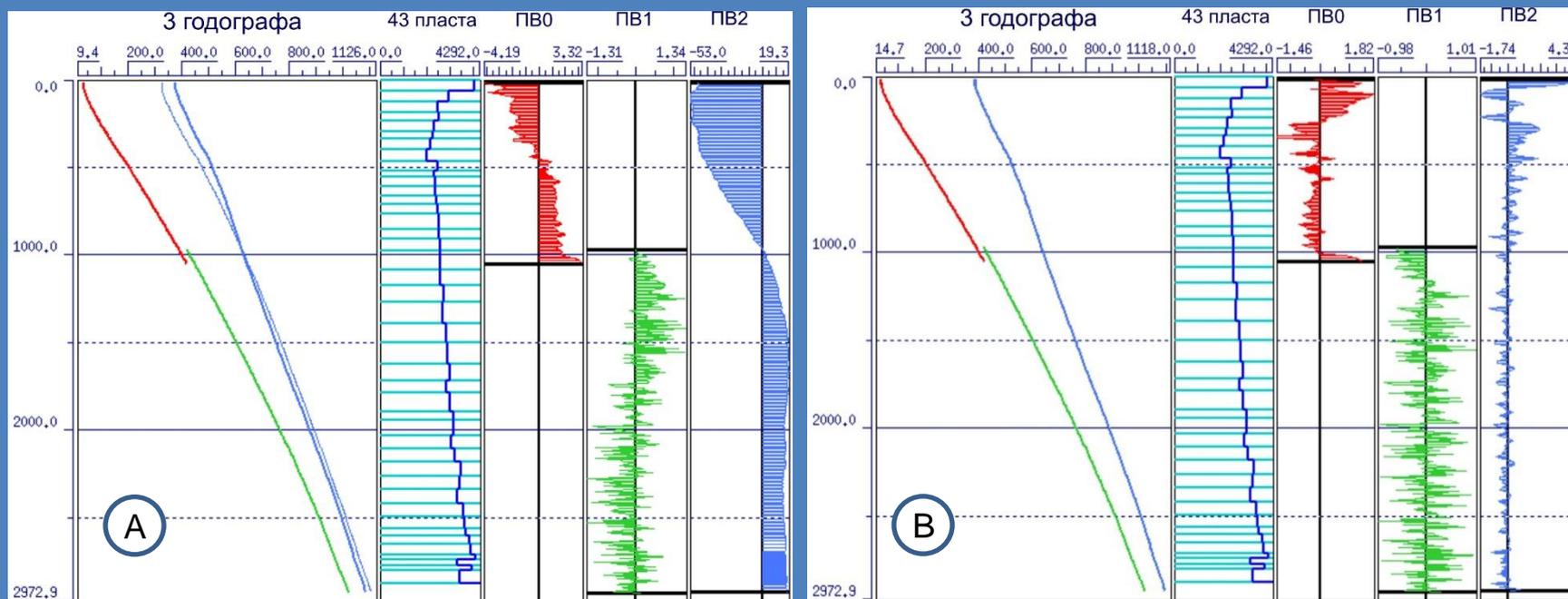
Для разделения параметров скорости и анизотропии рекомендуется использовать три пункта возбуждения:

П1 – удаление до 100м, интервал наблюдений 0 – 400м.

П2 – удаление порядка 0.1 максимальной глубины.

П3 – удаление порядка 0.4 максимальной глубины.

Совместная оптимизационная оценка скоростей, обслуживающих наилучшим образом все ПВ, обеспечивает разделение параметров скоростей и анизотропии.



Совместный оптимизационный подбор скоростей по трем годографам. А - без учета анизотропии, В – с учетом анизотропии.

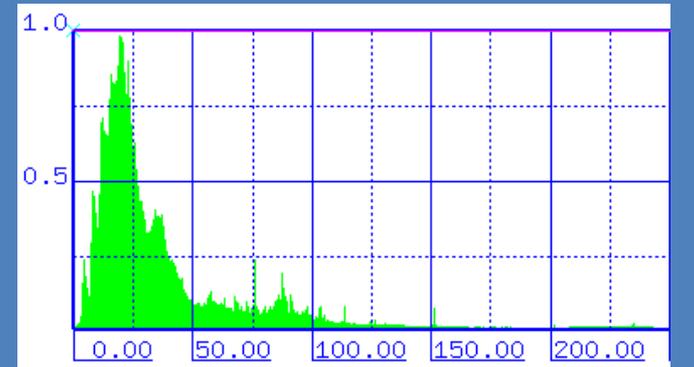
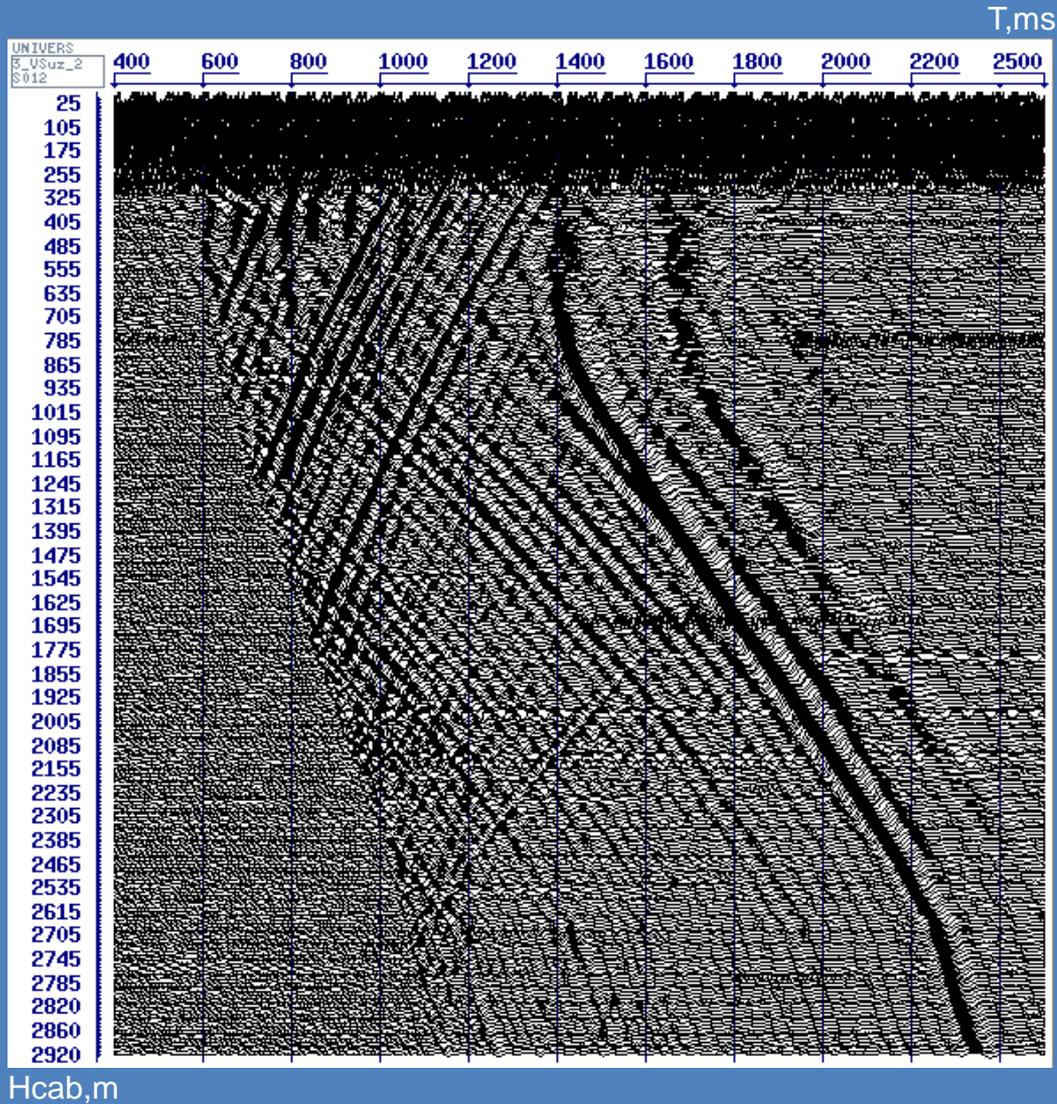
## 3.Обработка данных / Processing

При обработке данных решается два блока задач: выделение сигналов на фоне помех с деконволюцией и преобразование к виду, отражающему геологический разрез. В настоящей презентации в первую очередь освещаются вопросы решения задач первого блока. Эффективность последующих шагов и всего проекта зависит от эффективности решения задач выделения сигналов на фоне помех.

### 3.1. Фундаментальные принципы обработки в технологии СВЧ.

- Выделение полезных волн в процессе анализа (разложения) волнового поля на составляющие компоненты разного типа.
- Последовательное итеративное уточнение компонент волнового поля путем фильтрации недопустимых для каждой компоненты вариаций и извлечения проекций этой компоненты на все другие.
- Раздельная обработка высоких и низких частот.
- Выполнение условия аддитивности на всех этапах обработки.
- Последовательное приближение к максимально широкому спектру (типично 2-250Гц, 7 октав) с плавными границами спектра.
- Все процедуры могут выполняться как в векторном, так и в однокомпонентном варианте.

### 3.Обработка данных / Processing

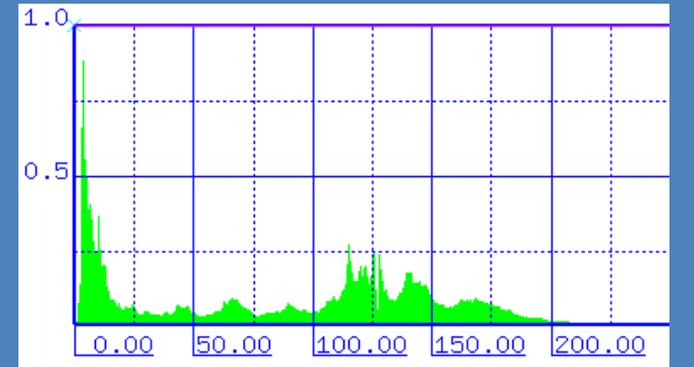
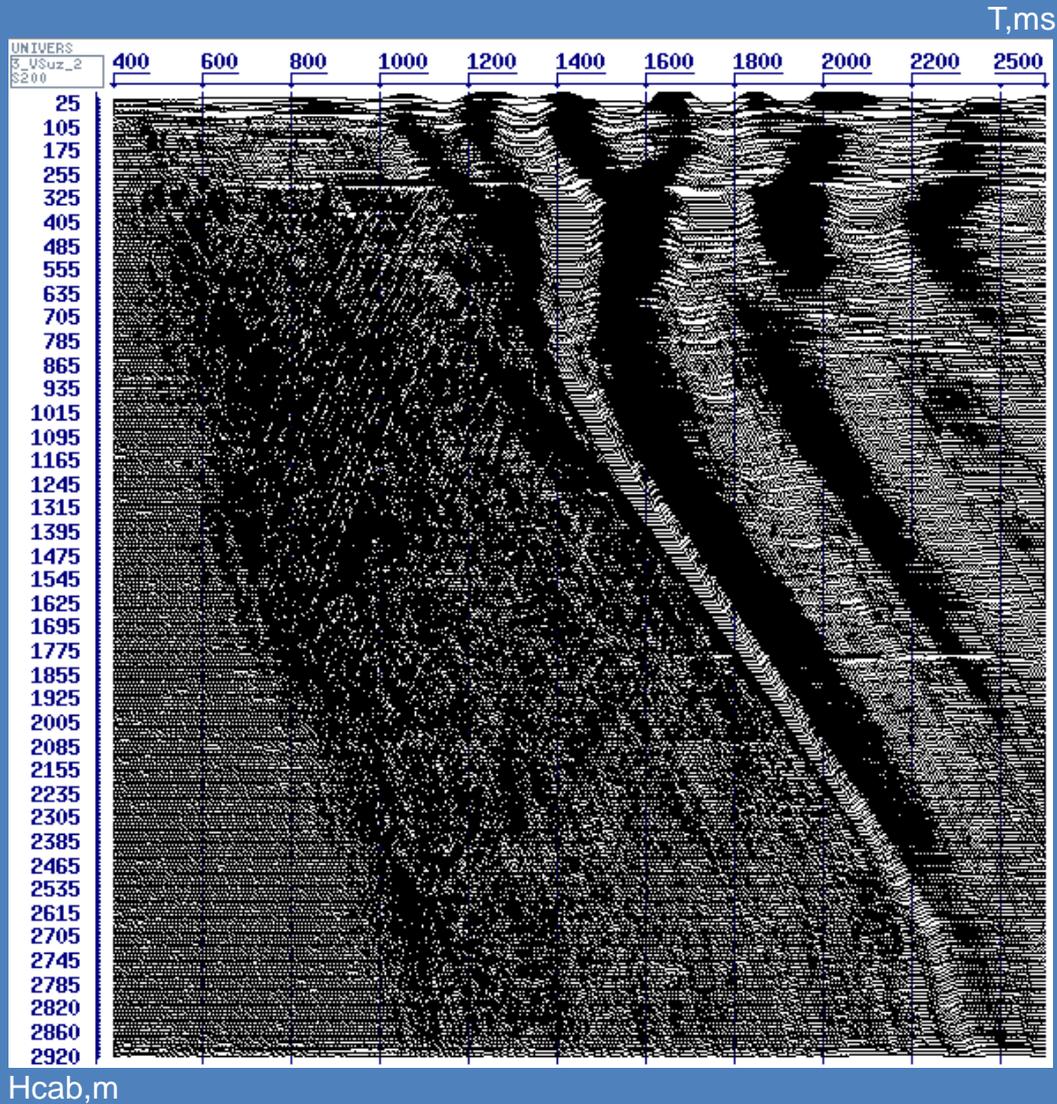


Спектр.

f, Hz

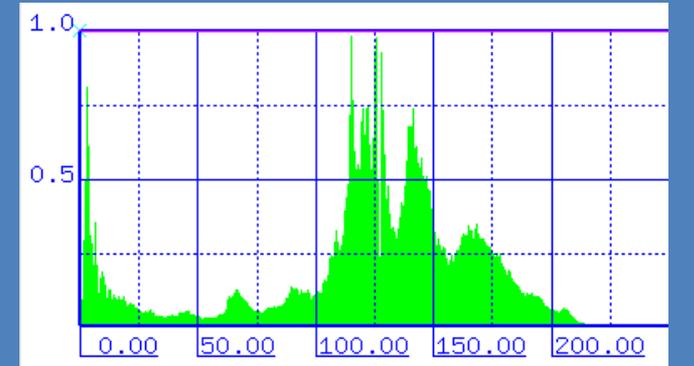
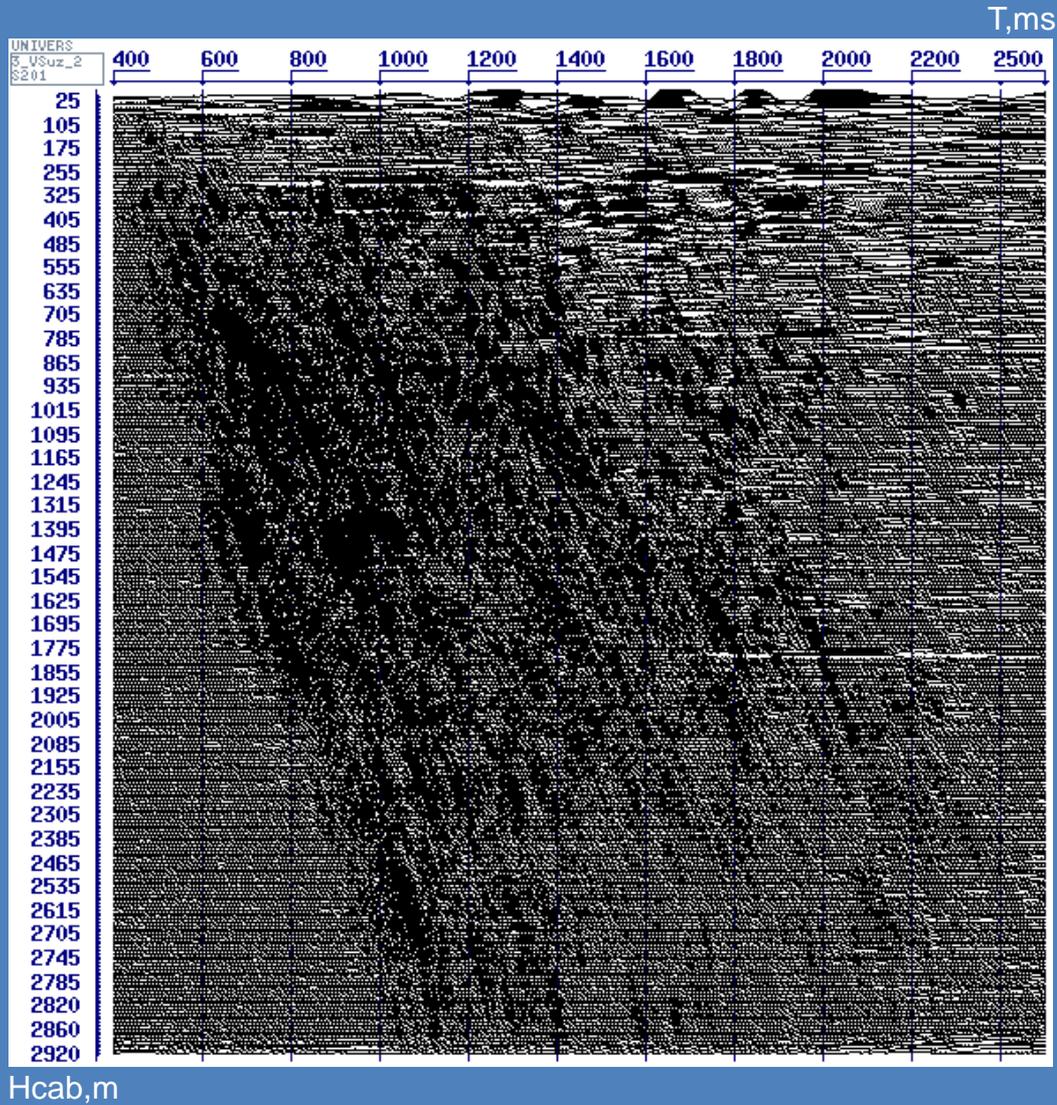
Исходное поле ВСП, R-компонента.

### 3.Обработка данных / Processing



Поле ВСП после пиковой деконволюции,  
R-компонента.

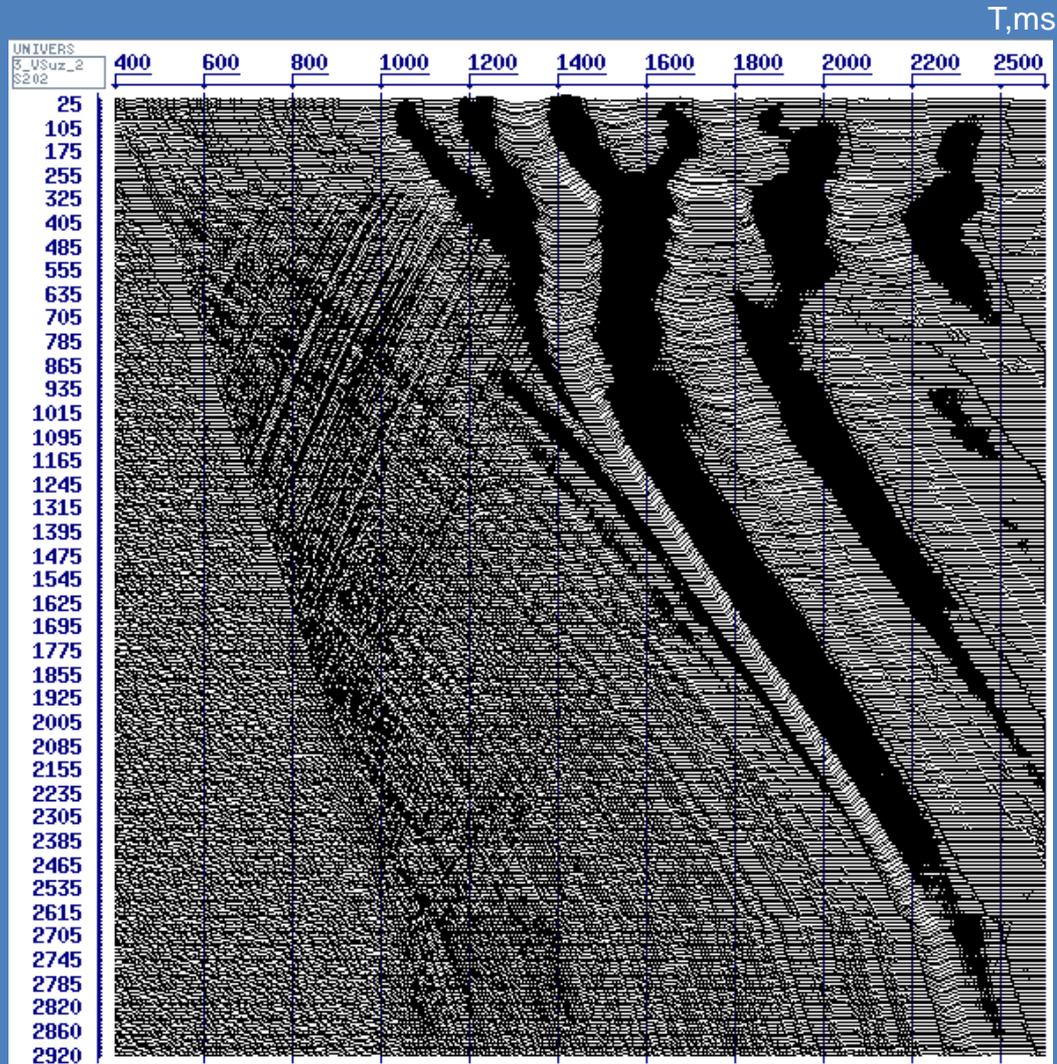
### 3.Обработка данных / Processing



Спектр. f, Hz

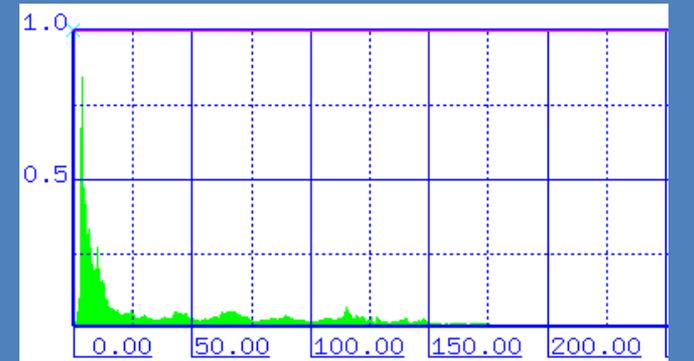
Шумы, R-компонента.

### 3.Обработка данных / Processing



Нсab,m

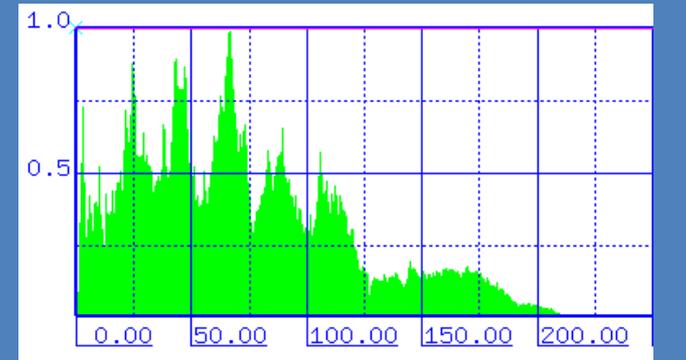
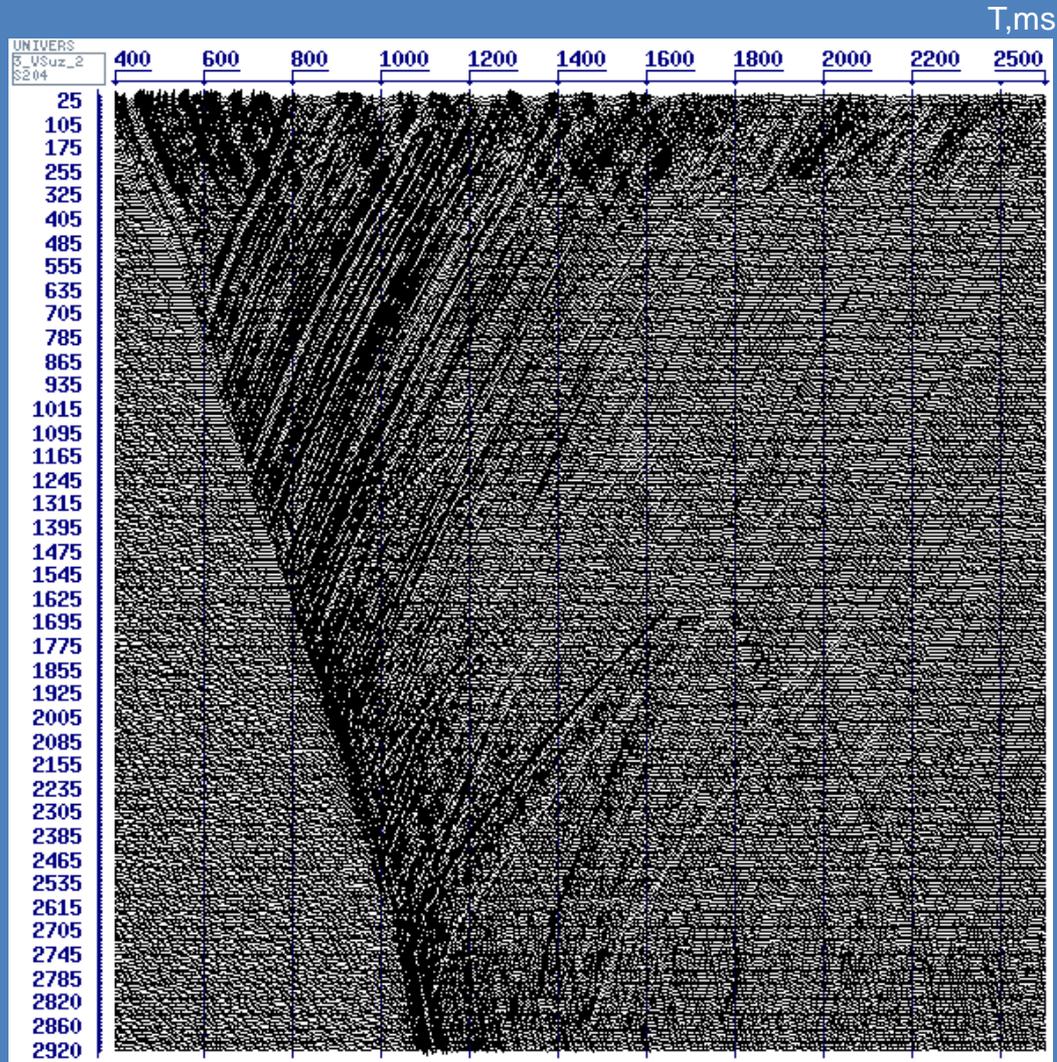
Поле ВСП после вычитания шумов, R-компонента.



Спектр.

f, Hz

### 3.Обработка данных / Processing



Спектр. f, Hz

Hcab,m

Поле ВСП после вычитания падающих S-волн,  
R-компонента.

## 4.Выбор ширины спектра и крутизны срезов / Spectra and signals

Ширина спектра и крутизна срезов фильтра, которые можно задавать по воле обработчика при деконволюции, имеют значение для отношения сигнал/шум и для разрешенности результата .

Расширение спектра ведет к повышению разрешенности в смысле повышения видимой частоты, однако при большой крутизне среза во временной области возникают осцилляции, которые соответствуют ложным отражениям противоположного знака.

Исследованы эффекты, возникающие при изменении крутизны среза справа. Минимальная крутизна 0-250Гц (косинусоида) обеспечивает почти полное подавление осцилляций при некотором понижении видимой частоты единственного полупериода. Сигнал практически однополярный (рис.4.1).

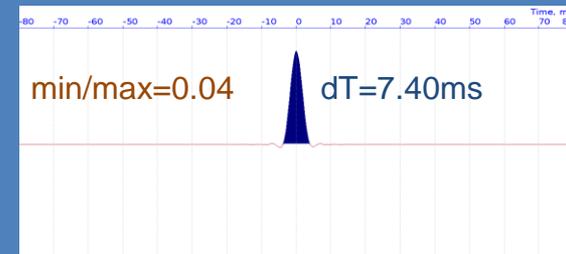
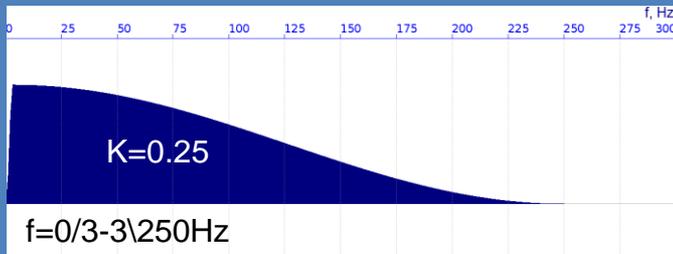
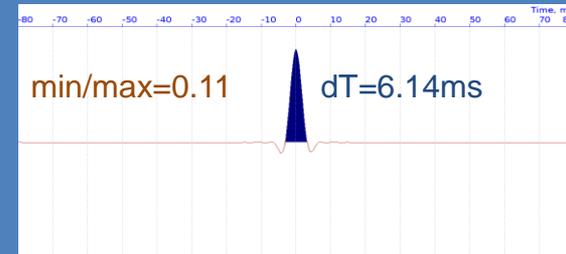
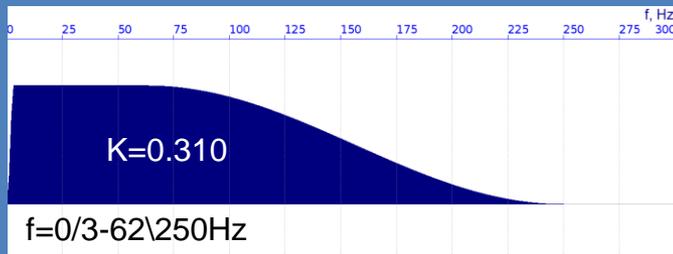
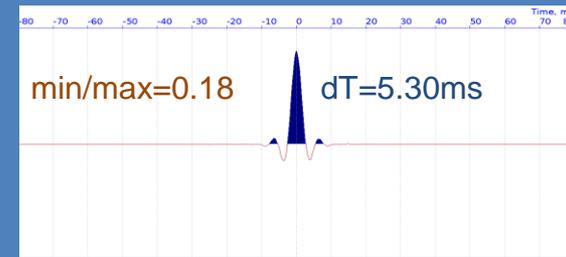
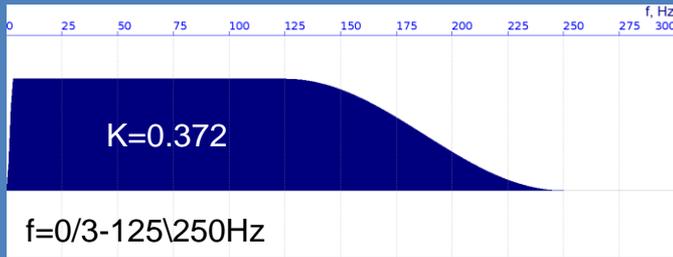
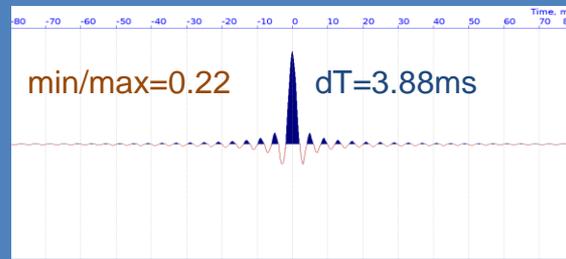
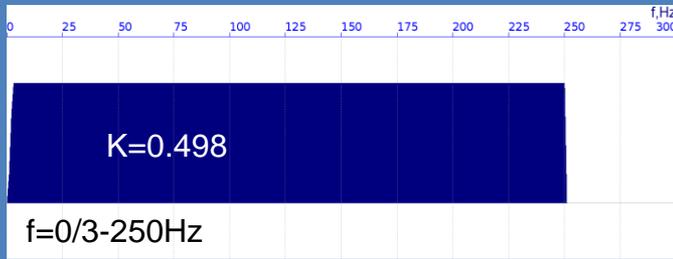
Левый срез порядка 0/3Гц практически обязателен из-за невозможности разделения очень низких частот по скоростям на ограниченной базе наблюдений.

Расширение спектра в сторону высоких частот ведет к повышению видимой частоты, что очевидно (рис.4.2). Обычная для хорошей съемки верхняя частота 90Гц дает видимую частоту порядка 35Гц.

Обрезание низких частот приводит к увеличению осцилляций (рис. 4.3).

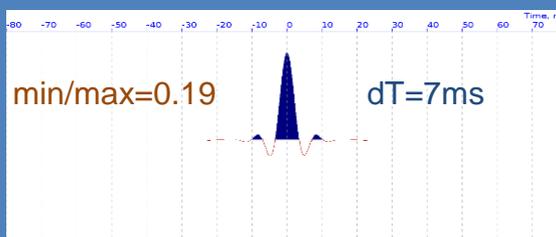
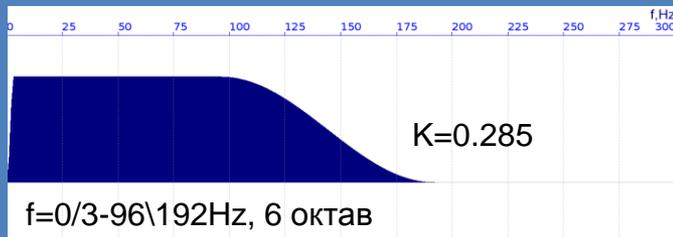
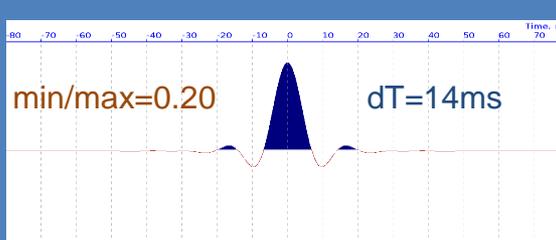
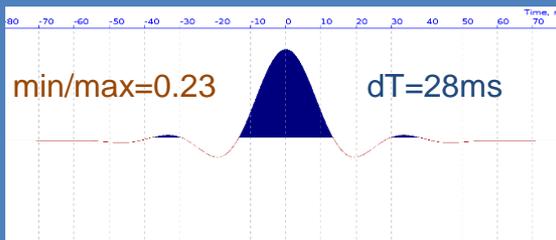
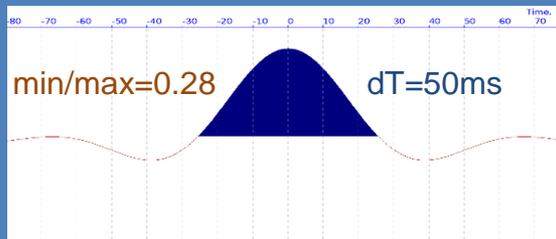
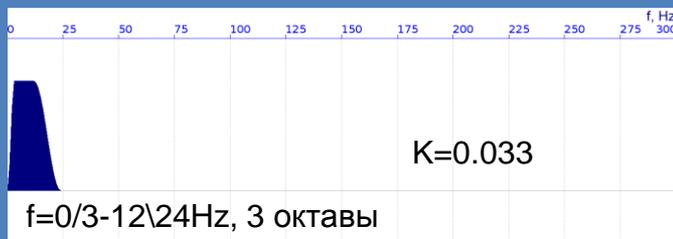
Основная рекомендация – расширение спектра до 7 октав (2-250Гц) с плавным правым срезом (0-250Гц).

## 4. Выбор ширины спектра и крутизны срезов / Spectra and signals



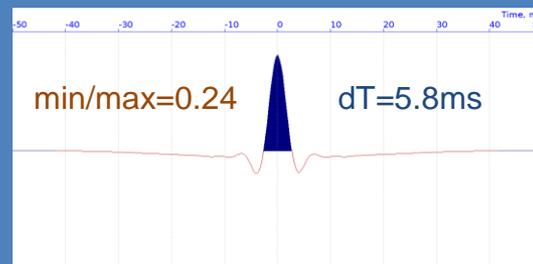
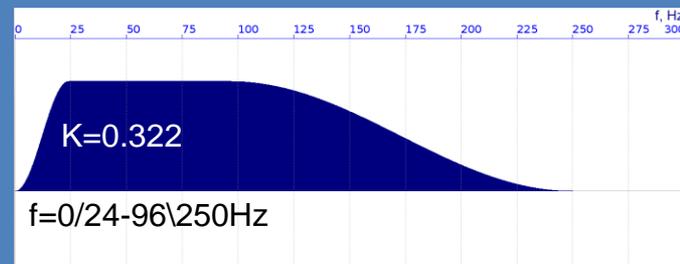
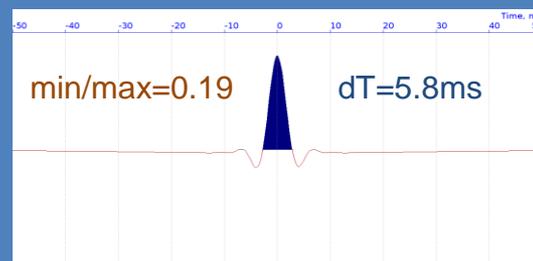
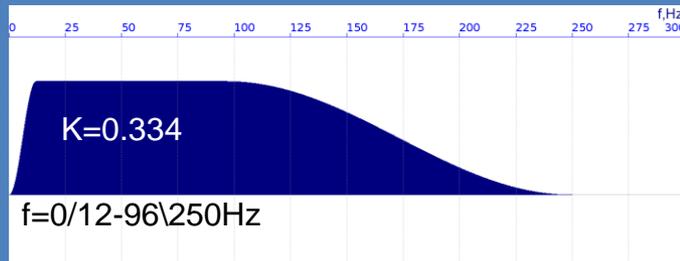
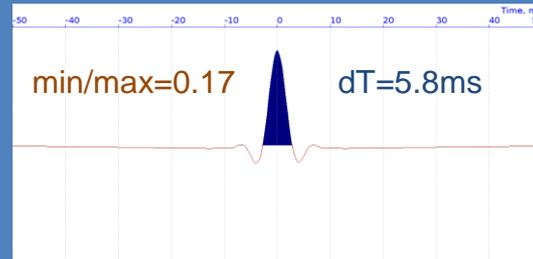
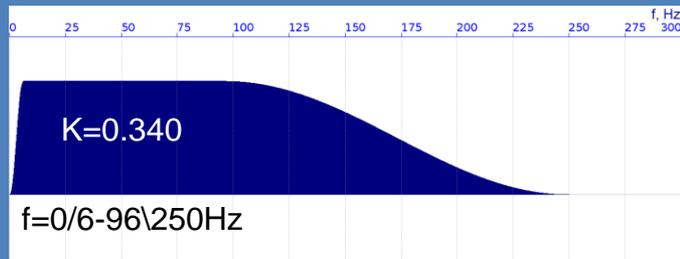
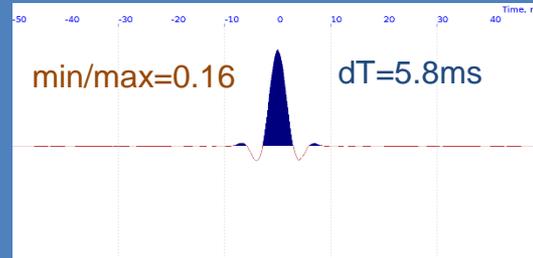
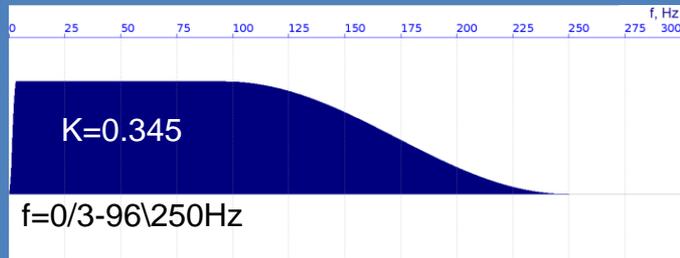
4.1. Изменение крутизны среза справа.  $K$  – коэффициент заполнения спектра,  $dT$  – ширина главного экстремума сигнала на пересечении с нулем,  $\text{min/max}$  – отношение побочного минимума к главному максимуму сигнала.

## 4. Выбор ширины спектра и крутизны срезов / Spectra and signals



4.2. Расширение в сторону высоких частот.  $K$  – коэффициент заполнения спектра,  $dT$  – ширина главного экстремума сигнала на пересечении с нулем,  $\text{min/max}$  – отношение побочного минимума к главному максимуму сигнала.

## 4. Выбор ширины спектра и крутизны срезов / Spectra and signals

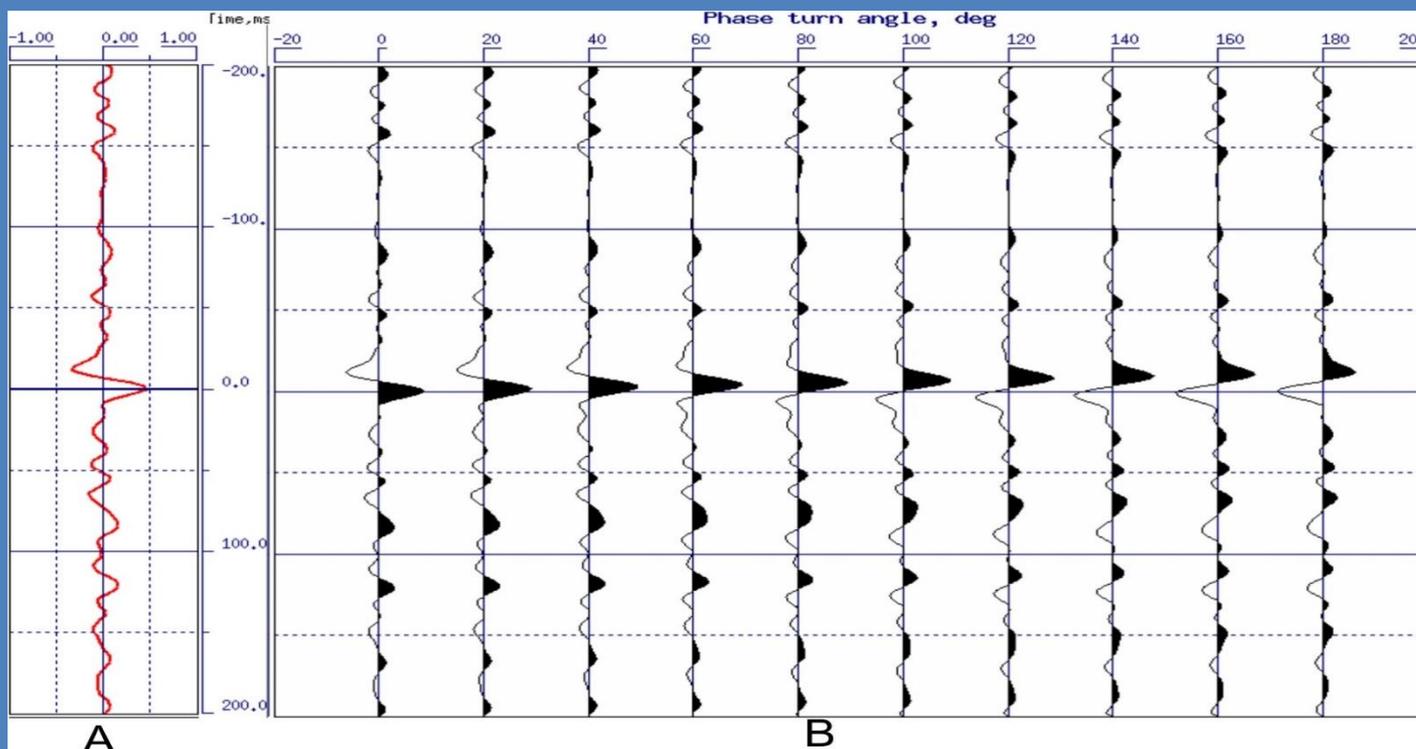


4.3. Обрезание низких частот.  $K$  – коэффициент заполнения спектра,  $dT$  – ширина главного экстремума сигнала на пересечении с нулем,  $\text{min/max}$  – отношение побочного минимума к главному максимуму сигнала.

## 5. Оценка формы сигнала и преобразование данных ОГТ к нулевой фазе поворотом фазы

Новым развитием ПО «ЮНИВЕРС» является программа оценки фазового поворота с целью приближения сигнала ОГТ к нулевой фазе.

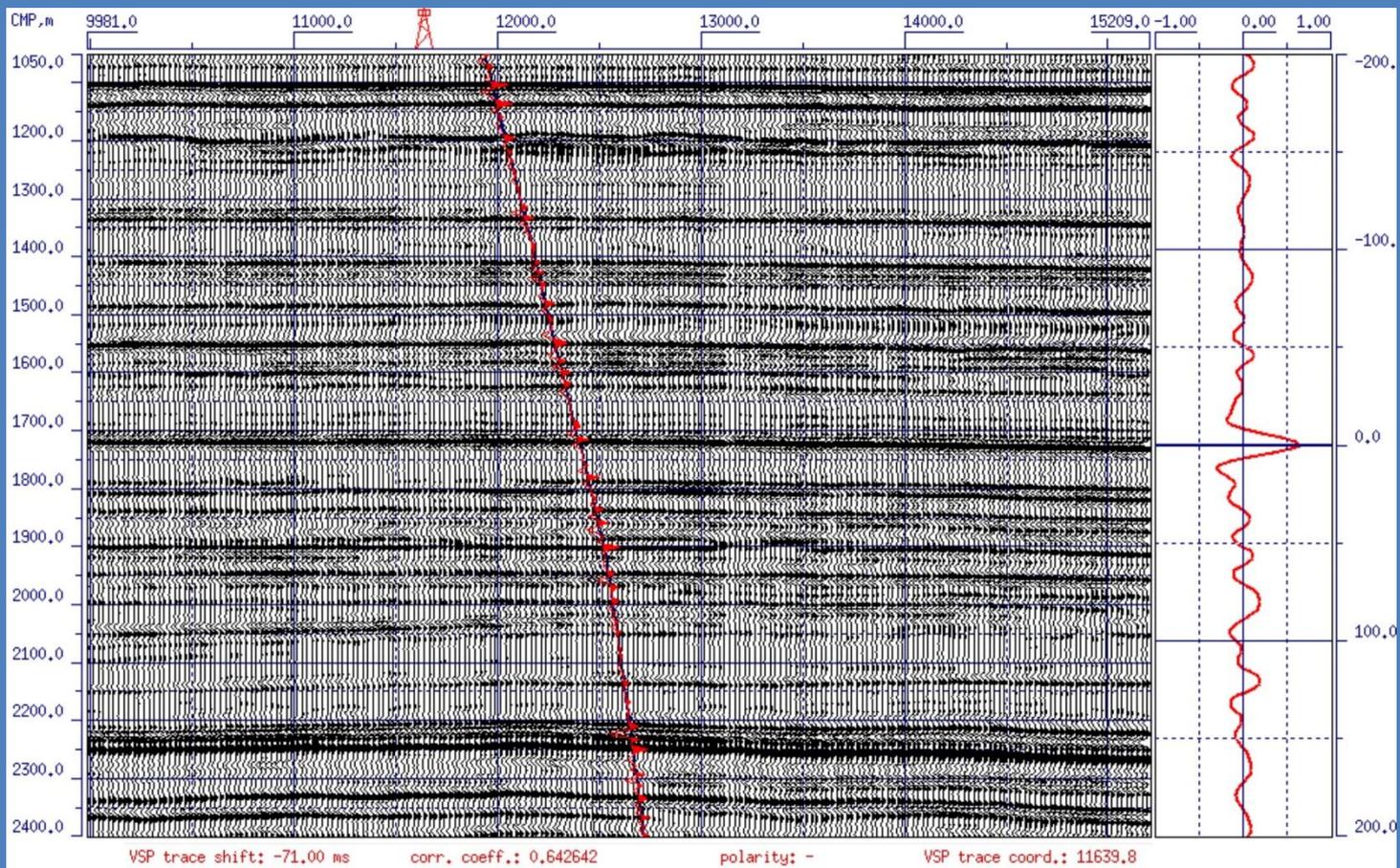
На рис. 5.1 показано, что наилучшее приближение к нулевой фазе достигается при фазовом повороте порядка  $60^\circ$ .



5.1. Перебор поворотов фазы данных 3D корреляцией с ТОО ВСП. А – корреляция без поворота фазы, В – корреляция после поворота фазы.

## 5. Оценка формы сигнала и преобразование данных ОГТ к нулевой фазе поворотом фазы

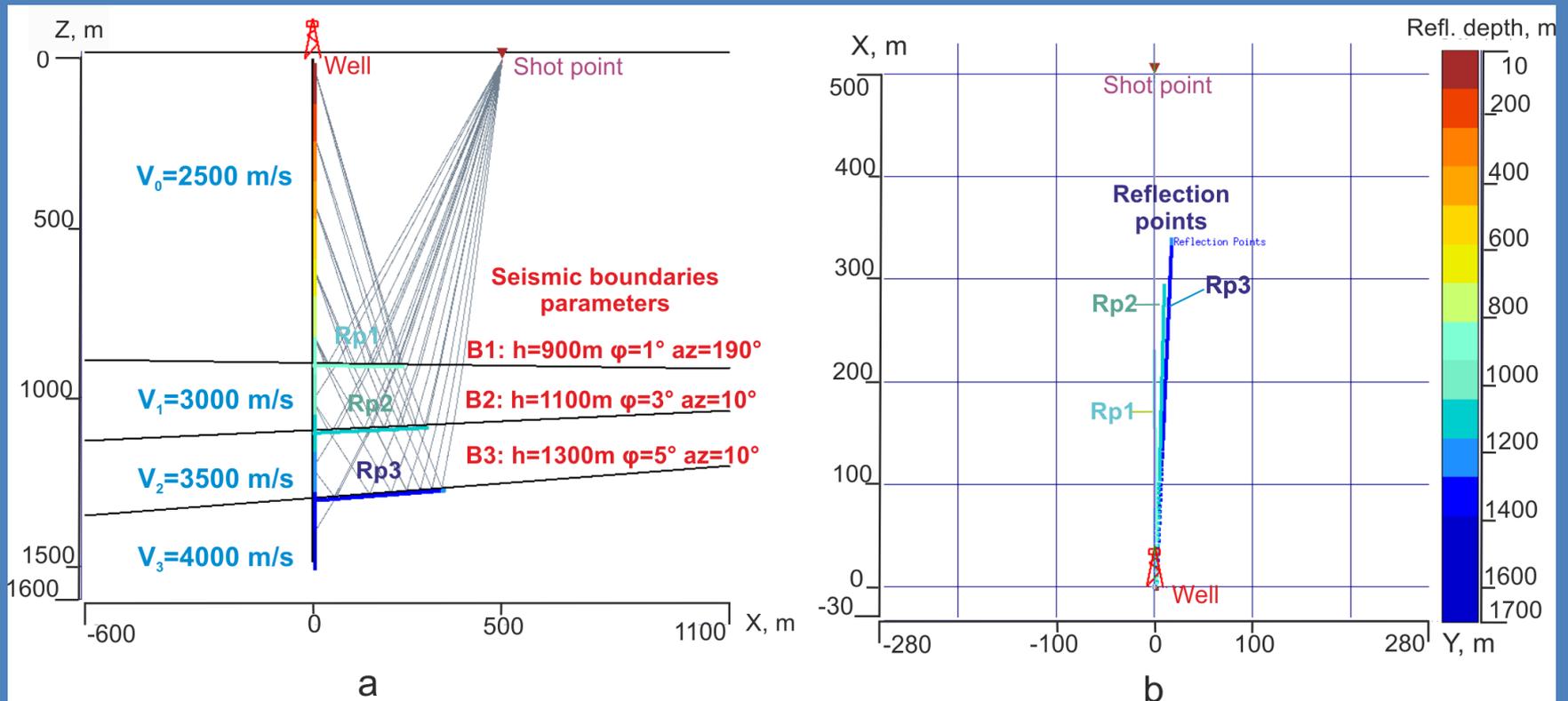
При использовании близкого поворота достигается хорошее совпадение с разрезом ОГТ ( $k=0.643$  в диапазоне 1.3 с), рис. 5.2.



5.2. Функция взаимной корреляции между ТОО, отфильтрованная под спектр 3D, и трассой профиля данных 3D после поворота фазы на  $80^\circ$ .

## 6. Наклонометрия в обсаженных скважинах

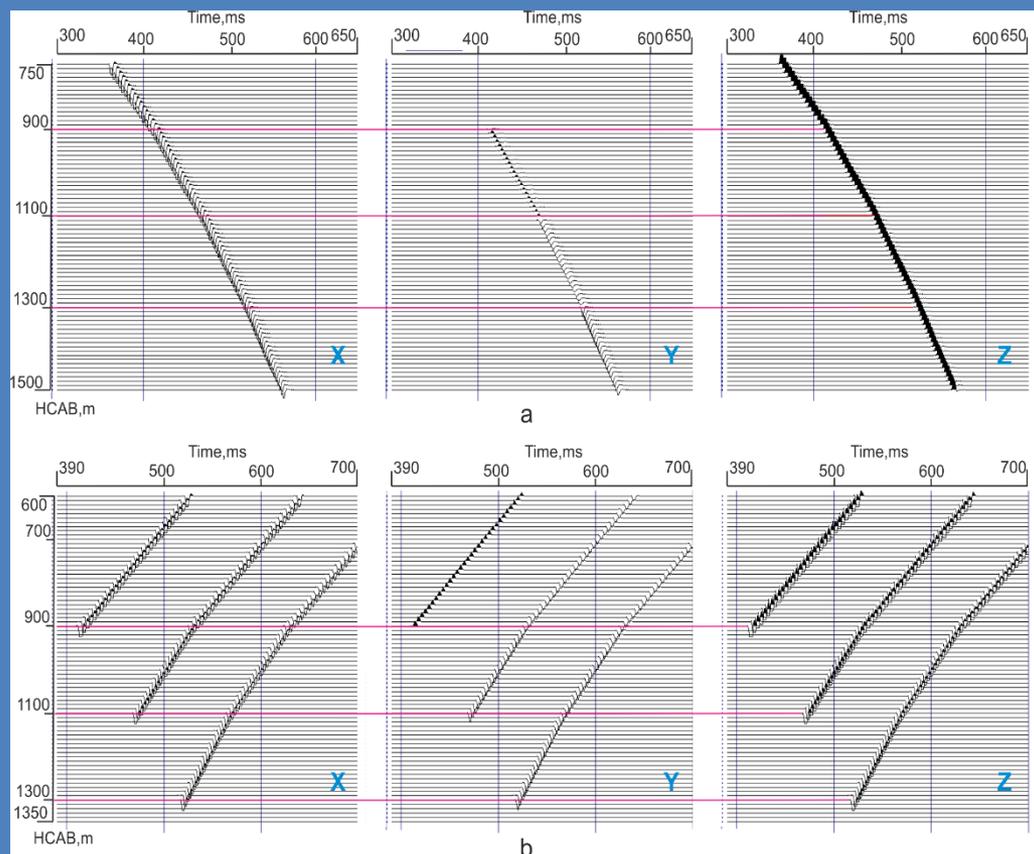
Наклонометрия в обсаженных скважинах может быть выполнена с помощью ВСП безальтернативно. Новая услуга в ПО «ЮНИВЕРС» опробована на модели (рис. 6.1 а, б) с тремя границами (с наклонами  $1^\circ$ ,  $3^\circ$ ,  $5^\circ$  градусов с азимутами  $190^\circ$ ,  $10^\circ$  и  $10^\circ$  соответственно) с удалениями ОПВ 100 и 500м.



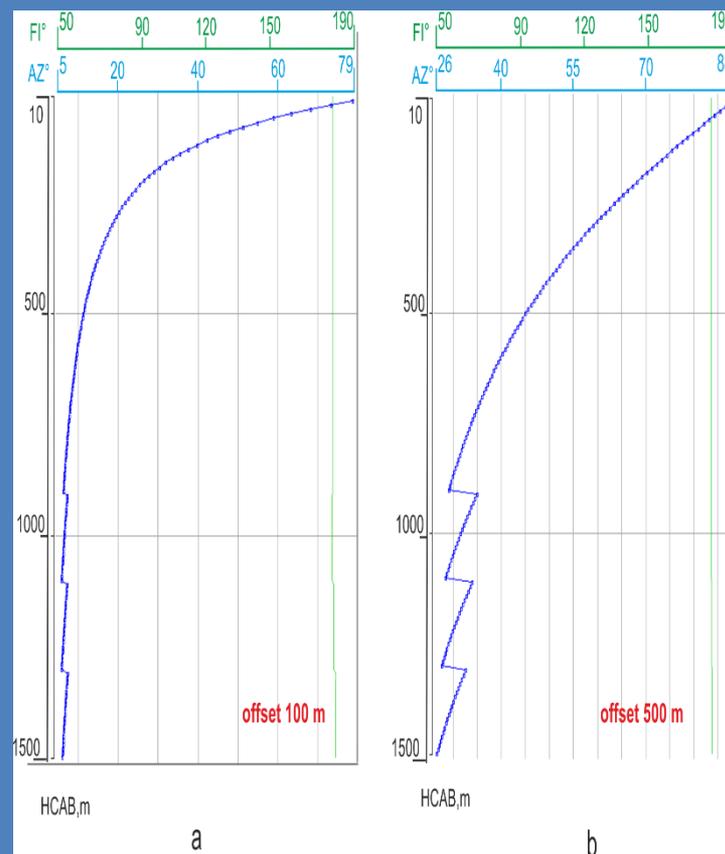
6.1. Конфигурация границ заданной модели и ход лучей в вертикальной плоскости ПВ-ПП (а), расположение точек отражения в плане (б) для удаления ПВ 500м.

## 6. Наклонометрия в обсаженных скважинах

На рис. 6.2 и 6.3 показаны трехкомпонентные падающие и отраженные волны с поляризацией.



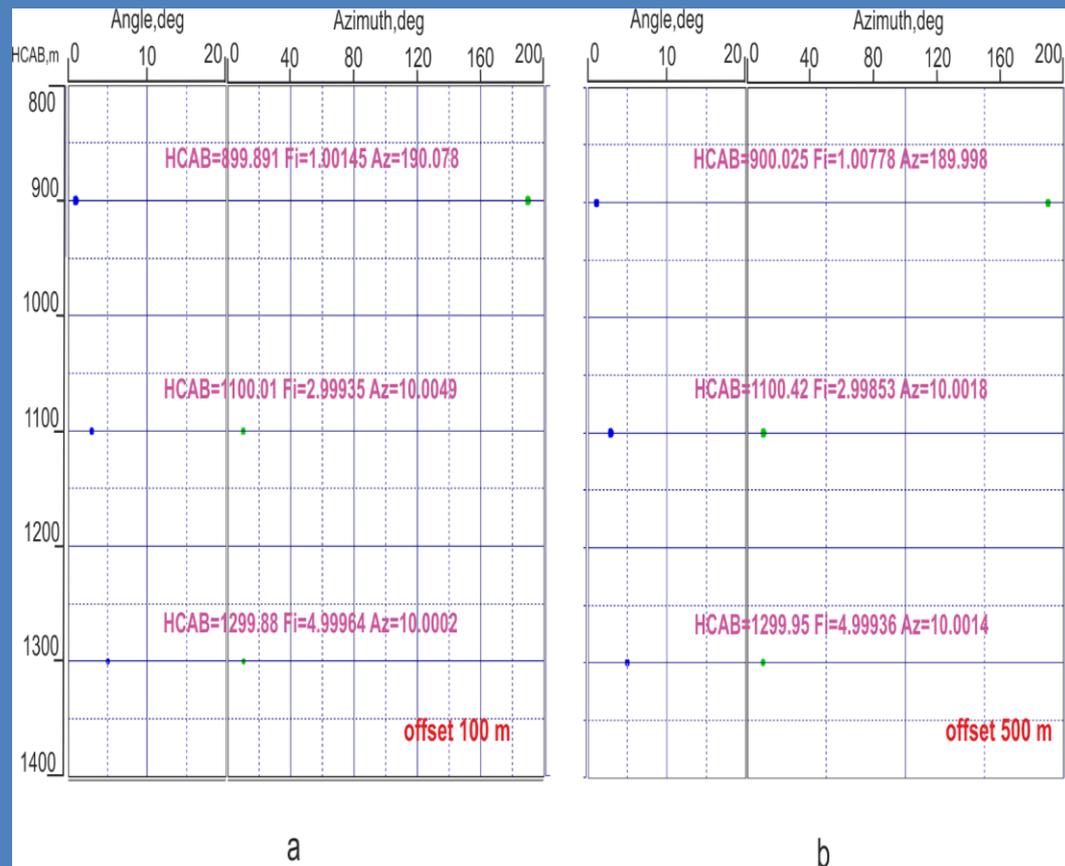
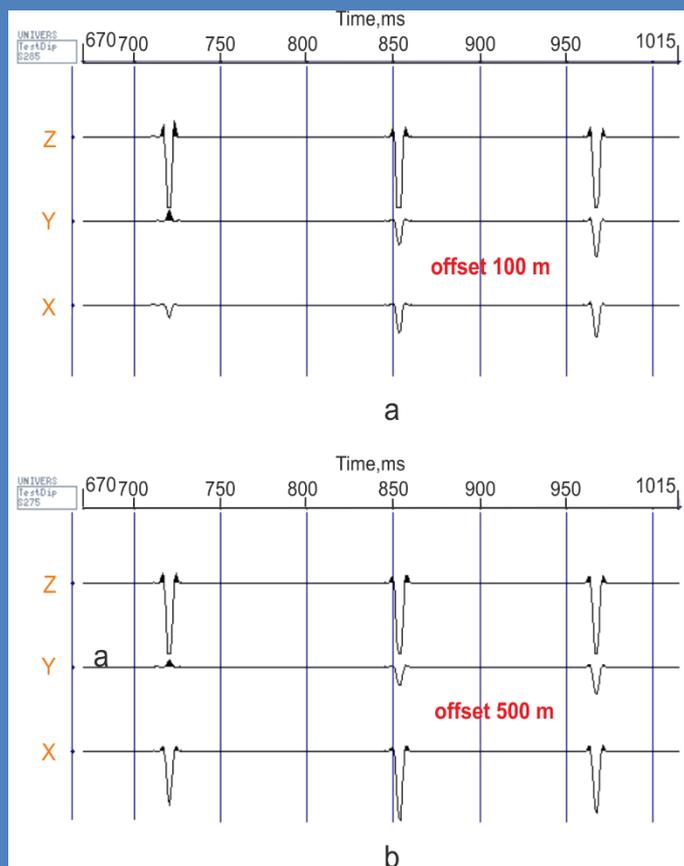
6.2. XYZ компоненты модельных сейсмограмм падающих (а) и отраженных (б) волн.



6.3. Оценки поляризации падающих волн для удалений ПВ 100 м (а) и 500 м (б).

## 6. Наклонометрия в обсаженных скважинах

На рис. 6.5 показаны оценки углов и азимутов наклона границ. Углы определены с точностью порядка  $0.001^\circ$  независимо от удаления ПВ.



6.4. XYZ компоненты трасс однократно отраженных волн для удалений ПВ 100м (а) и 500м (б).

6.5. Визуализация полученных оценок углов и азимутов наклона границ раздела среды для удалений ПВ 100м (а) и 500м (б).

## 7. Выводы и рекомендации / Conclusions

1. Технология Сейсморазведки Высокой Четкости и программное обеспечение для обработки данных позволяют получать правдоподобные коррелируемые волновые поля в широком диапазоне частот порядка 2-250Гц (7 октав).
2. Предложенные и опробованные две новые процедуры в ПО СВЧ-ВСП для оценки фазового поворота (в данных ОГТ) и наклонометрия в обсаженных скважинах расширяют спектр услуг в области ВСП.
3. Эффективность ПО СВЧ-ВСП превышает эффективность западных аналогов, что подтверждено экспортом в КНР.

Рекомендуется аттестовать ПО СВЧ-ВСП как импортозамещение, существенно превышающее по эффективности западные аналоги.