

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ИНТЕГРАЦИЯ ВСП И СЕЙСМОРАЗВЕДКИ НА ПОВЕРХНОСТИ

А.А. Табаков*, В.Л. Елисеев*, А.В. Копчиков*,
А.А. Мухин**, Ю.А. Степченко**

(* ООО «ГЕОВЕРС», г. Москва, ** ООО «УНИС», г. Санкт-Петербург)

COMPARATIVE ANALYSIS AND INTEGRATION OF VSP AND SURFACE SEISMIC

A.A. Tabakov*, V.L. Eliseev*, A.V. Korpchikov*,
A.A. Mukhin**, U.A. Stepchenkov**

(* Geovers, Ltd., Moscow, ** Unis, Ltd., Saint Petersburg)

Основные положения

1. Критическая ситуация с нефтяными ресурсами порождает потребность извлечения остаточных ресурсов на старых месторождениях и разработки мелких сложнопостроенных месторождений.
2. Решение сформулированной задачи требует построения по данным сейсморазведки более детальных и достоверных моделей продуктивных пластов.
3. Современная сейсморазведка на поверхности и ВСП характеризуется рядом принципиальных ограничений, не позволяющих увеличивать достоверность и разрешенность результатов.
4. Трехмерные системы наблюдений 2D+ВСП и 3D+ВСП представляют возможность совместить преимущества сейсморазведки на поверхности и ВСП, обеспечивая возможности решения поставленных задач.
5. Интеграция матобеспечения для обработки данных ВСП и СП позволит повысить качество обработки данных СП.

Main items

1. Critical situation when mature oil deposits are exhausted leads to the need for extraction of residual oil deposits from old reservoirs and development of new small reservoirs characterized by complicated geological structure.
2. Solution of the specified problem requests for more detailed and accurate models of productive layers to be recovered from seismic exploration data.
3. Both modern surface seismic exploration and VSP technologies feature a set of principal drawbacks constraining further increase in accuracy and resolution of processing results.
4. 3D acquisition geometries 2D+VSP and 3D+VSP provide for integration of the surface seismic and VSP surveys allowing to solve the identified problems.
5. Integration of VSP and SS processing software provides high quality of SS data processing.

Недостатки сейсморазведки на поверхности (СП)

Drawbacks of Seismic Exploration on the Surface (SES)

1) Отсутствие информации о распределении истинных скоростей распространения продольных и поперечных волн

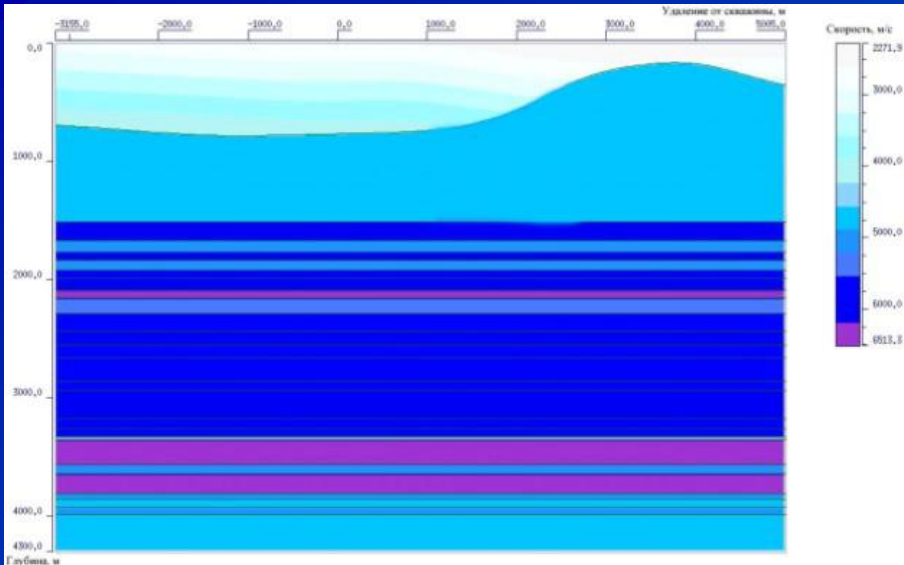
1) Lack of information about actual P and S waves velocity distribution

2) Отсутствие точных сведений о форме сигнала

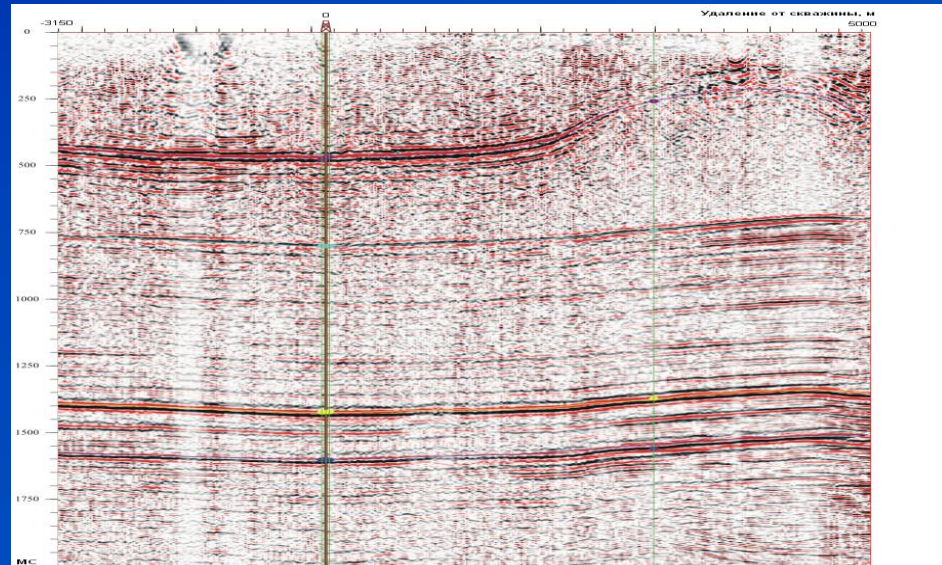
2) Exact information about signature is not available

3) Миграция на основе субгоризонтальной модели

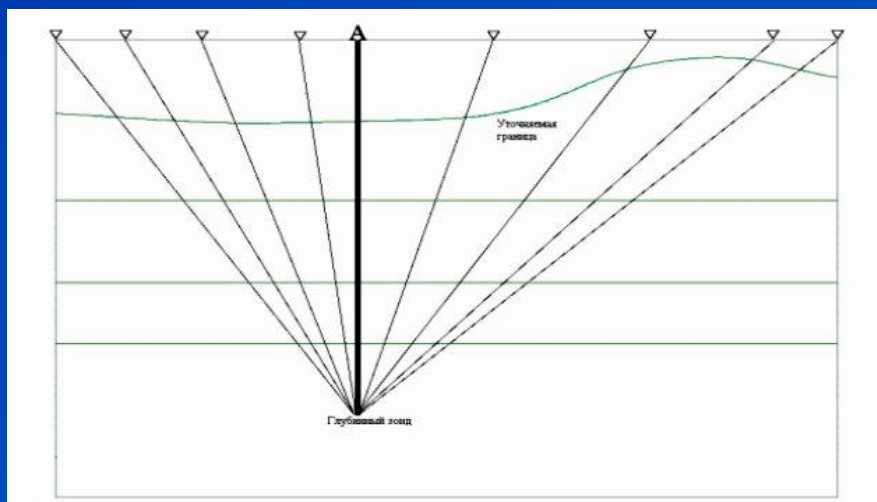
3) Imaging procedures is based on sub-horizontal velocity model



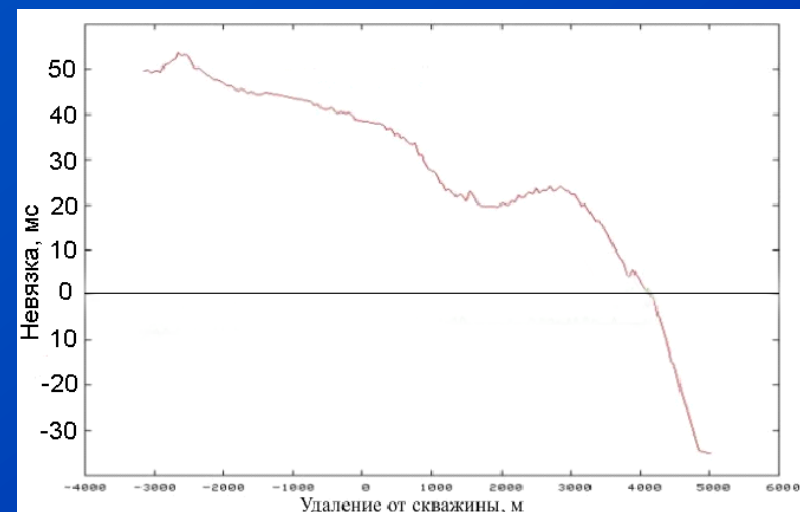
Скоростная модель из СП (Geodepth)
Velocity model from SES (Geodepth)



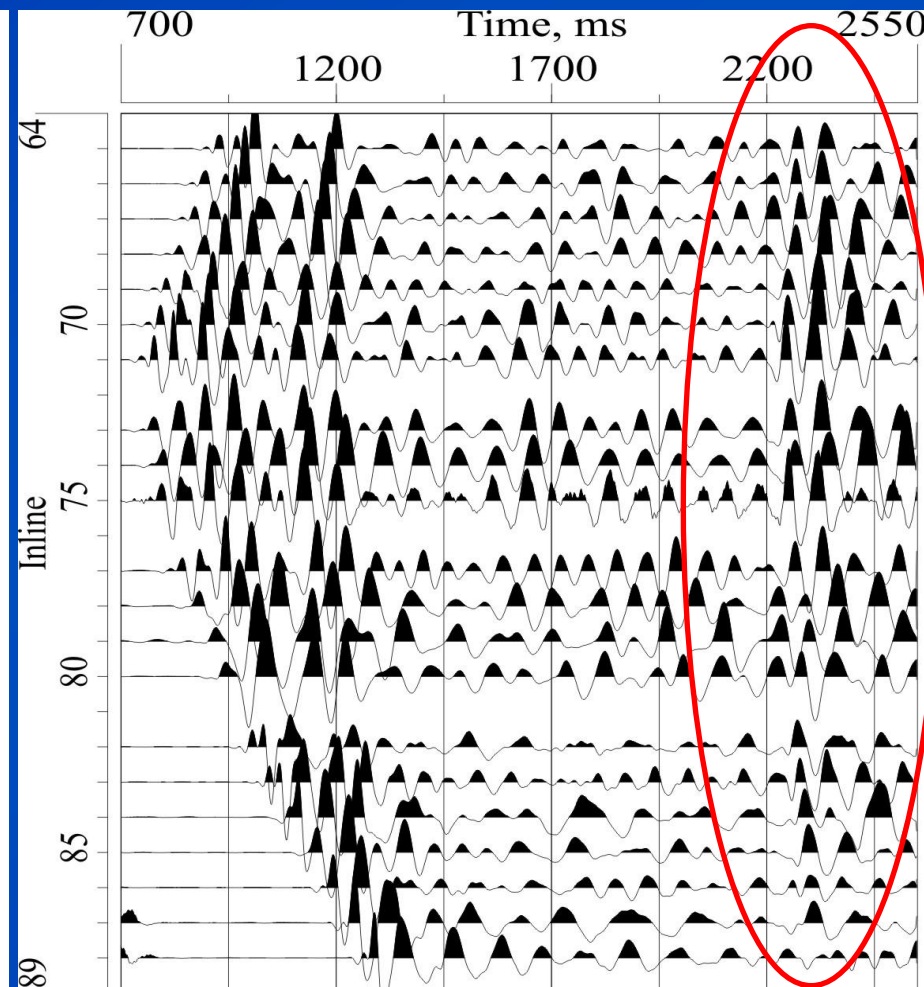
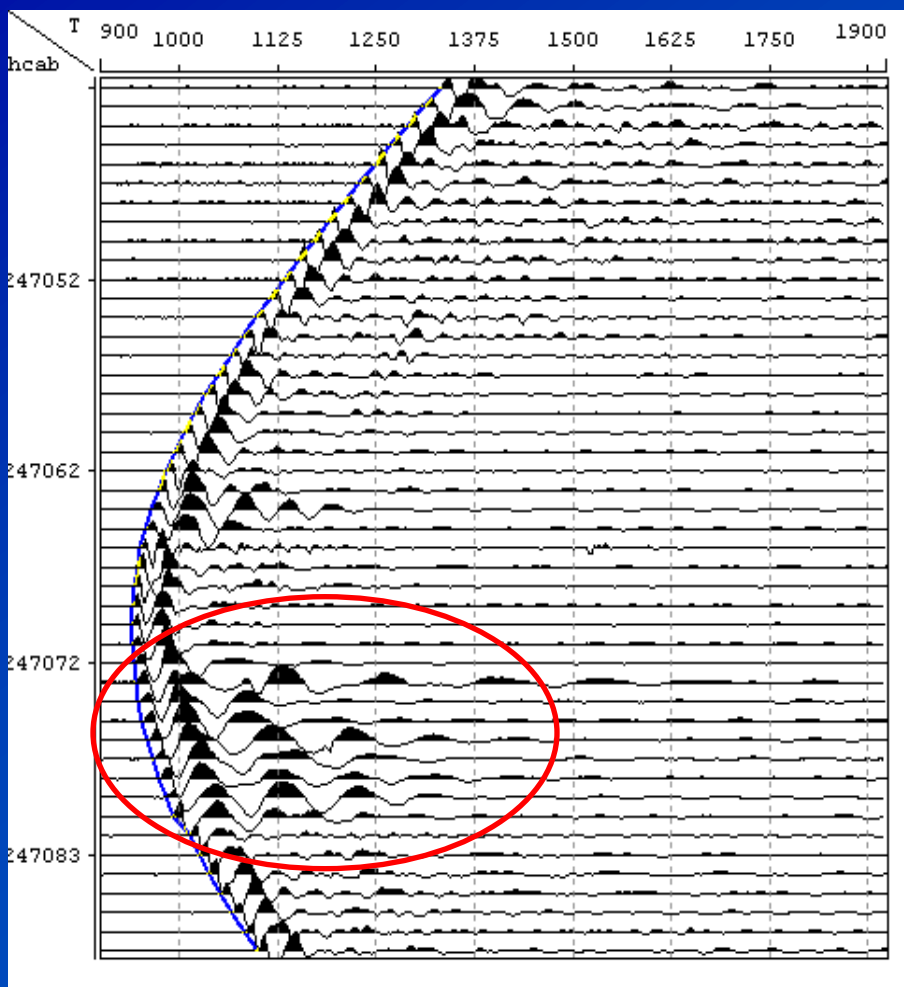
Изображение СП
Image from SES



Методика наблюдений 2D+ВСП
Observation system of 2D+VSP



Контроль глубинным прибором 2D+ВСП
Downhole control from 2D+VSP



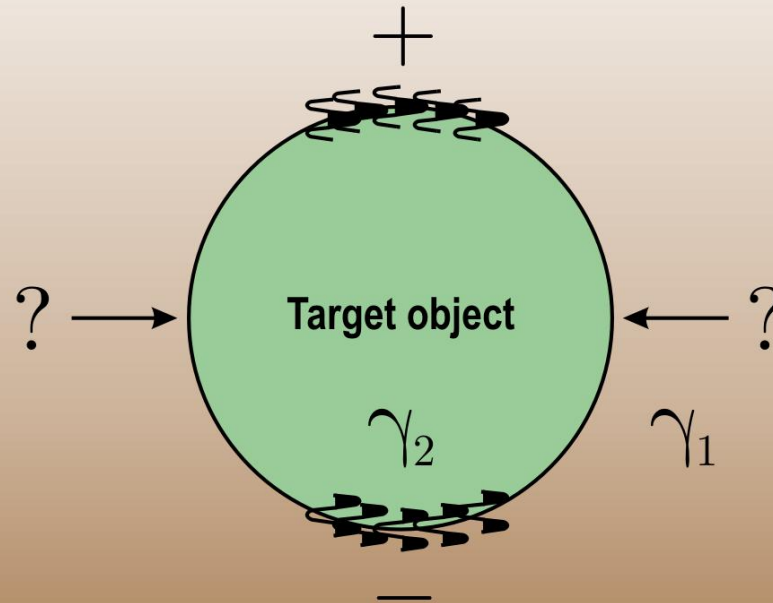
Изменение формы сигнала на записях глубинного зонда (слева)
и на сейсмограмме СП (справа)

Signature variation in downhole geophone (left)
and SES records (right)

Earth's surface

$\gamma = \rho V$ - Impedance

$\gamma_2 > \gamma_1$



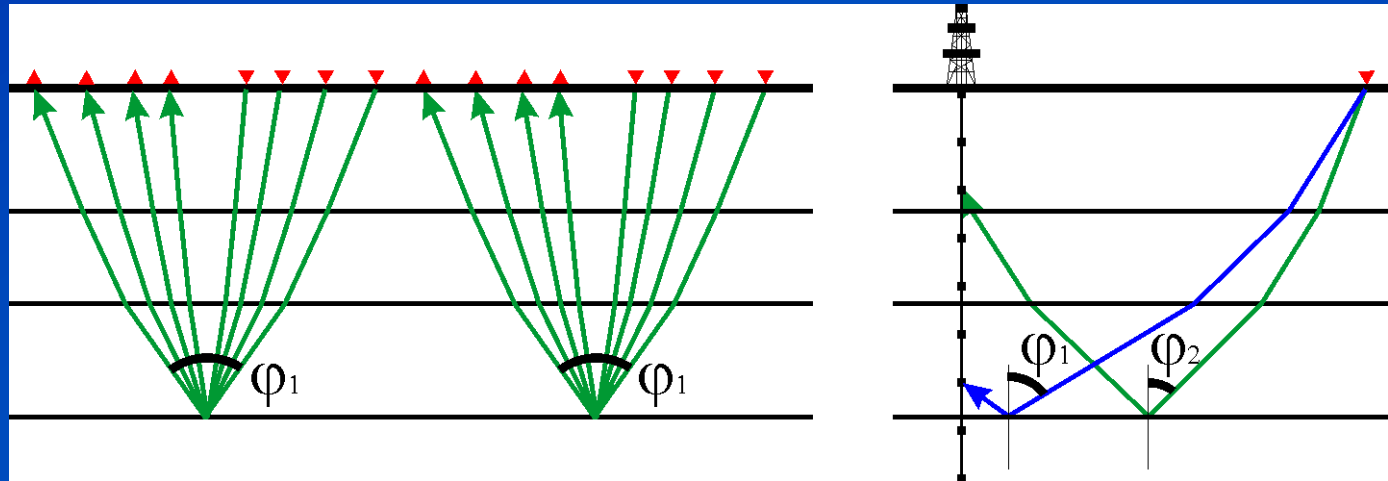
Миграция данных СП. Какой ответ?

Migration of SES data. What is the answer?

Недостатки вертикального сейсмического профилирования (ВСП) Drawbacks of Vertical Seismic Profiles (VSP)

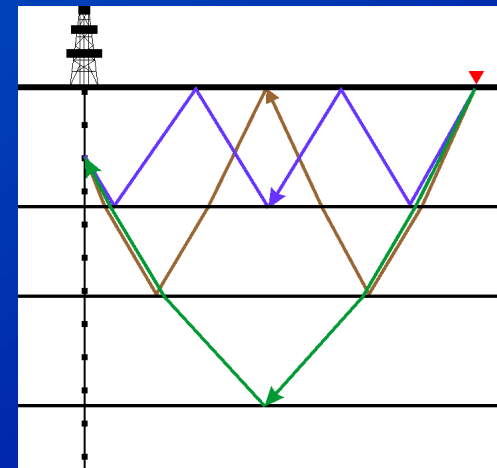
1) Из-за несимметричности системы наблюдения разные участки границы освещаются под разными углами

1) Due to asymmetry of the acquisition geometry various parts of an interface are illuminated under different angles



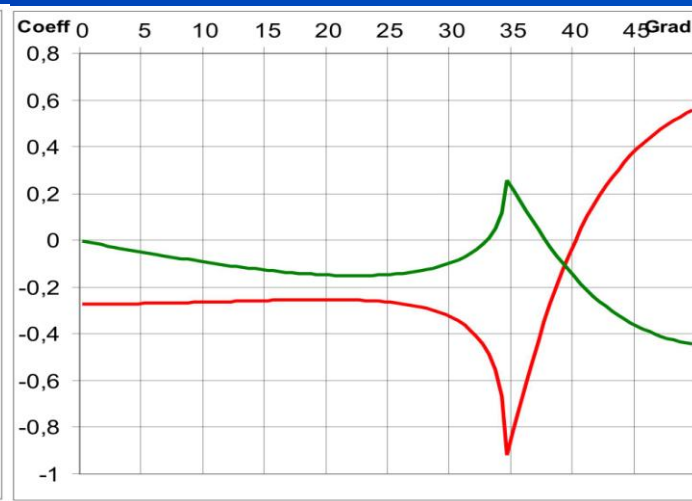
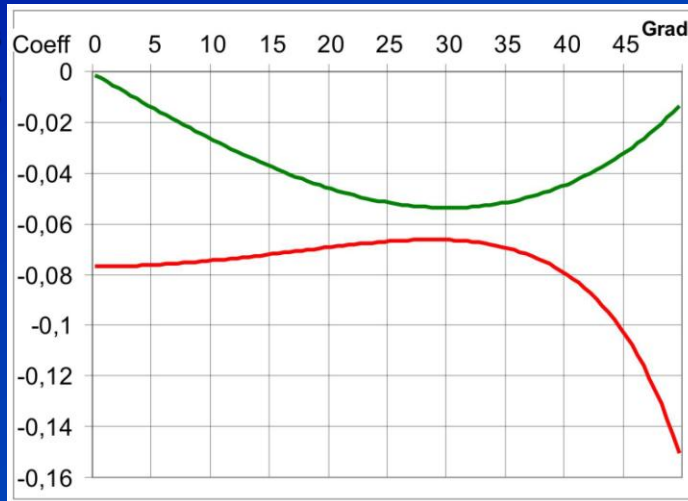
2) Невозможность подавления кратных волн

2) Efficient reduction of multiples is not available



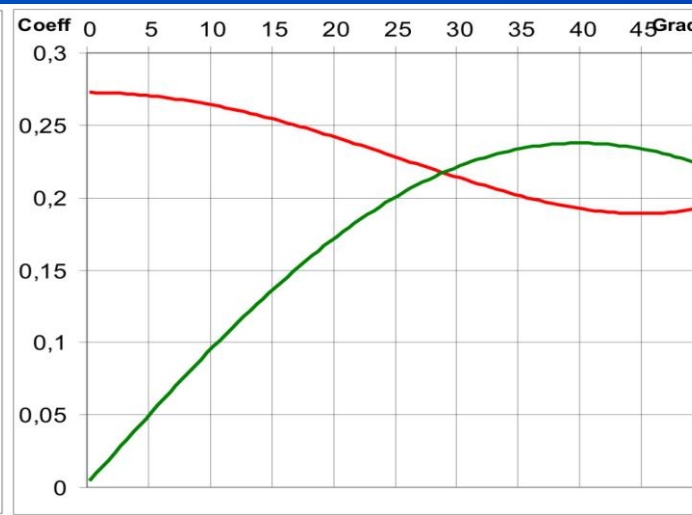
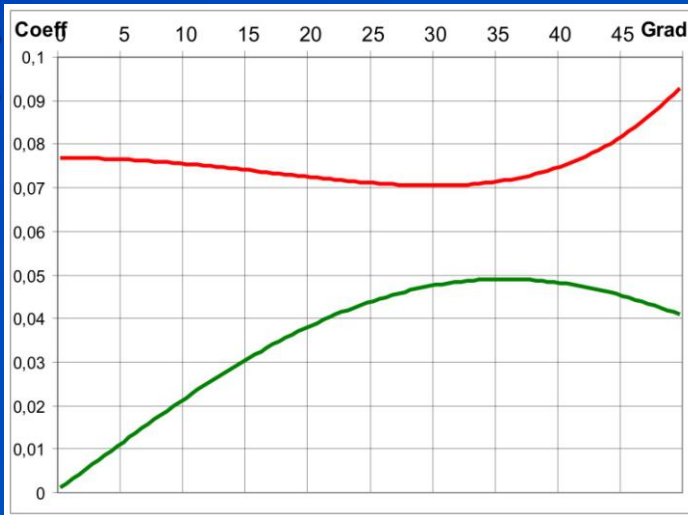
Графики зависимости коэффициентов отражения от угла падения продольной волны на границу раздела сред

$V_{p1} = 3000 \text{ m/s}$
 $V_{p2} = 3500 \text{ m/s}$
 $V_{s1} = 1500 \text{ m/s}$
 $V_{s2} = 1750 \text{ m/s}$



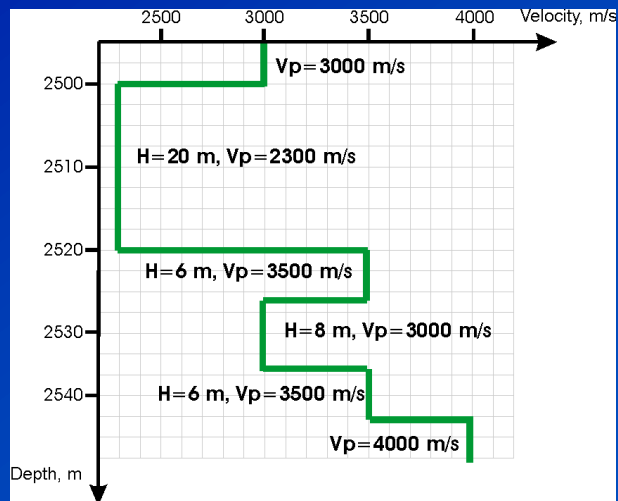
$V_{p1} = 2000 \text{ m/s}$
 $V_{p2} = 3500 \text{ m/s}$
 $V_{s1} = 1000 \text{ m/s}$
 $V_{s2} = 1750 \text{ m/s}$

$V_{p1} = 3500 \text{ m/s}$
 $V_{p2} = 3000 \text{ m/s}$
 $V_{s1} = 1700 \text{ m/s}$
 $V_{s2} = 1500 \text{ m/s}$



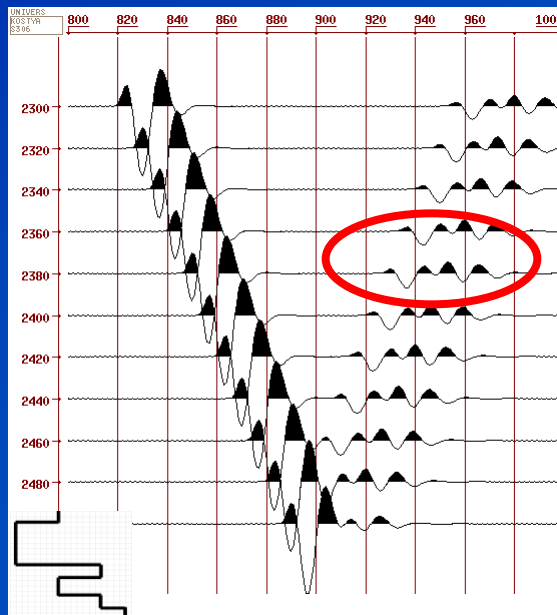
$V_{p1} = 3500 \text{ m/s}$
 $V_{p2} = 2000 \text{ m/s}$
 $V_{s1} = 1750 \text{ m/s}$
 $V_{s2} = 1000 \text{ m/s}$

Отраженные Р-волны Reflected P-waves

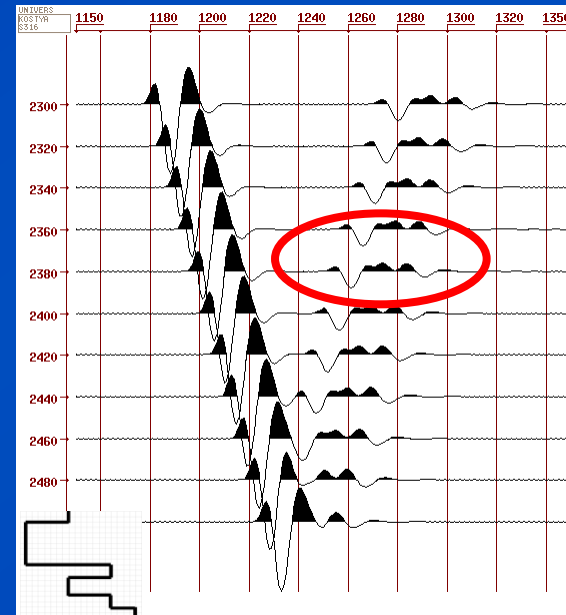


Скоростная модель Velocity model

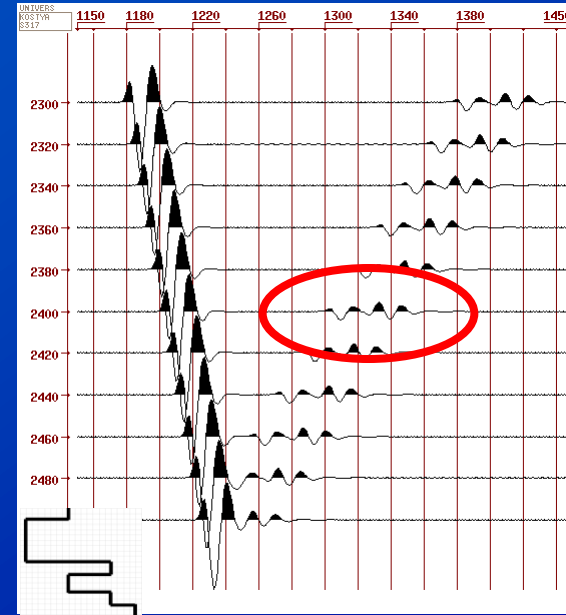
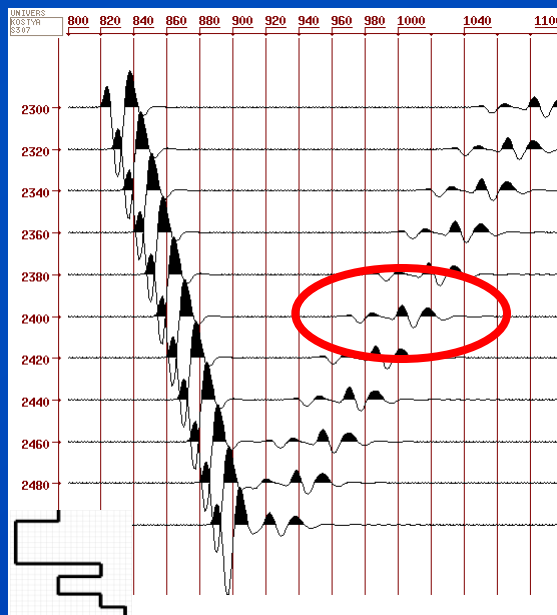
удаление ПВ 100 м
SP offset 100 m



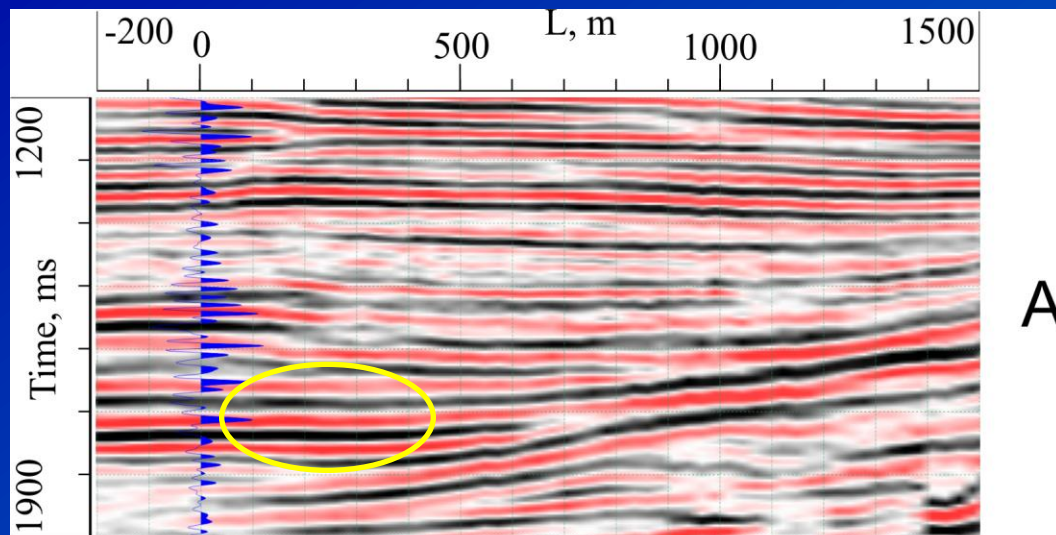
удаление ПВ 2500 м
SP offset 2500 m



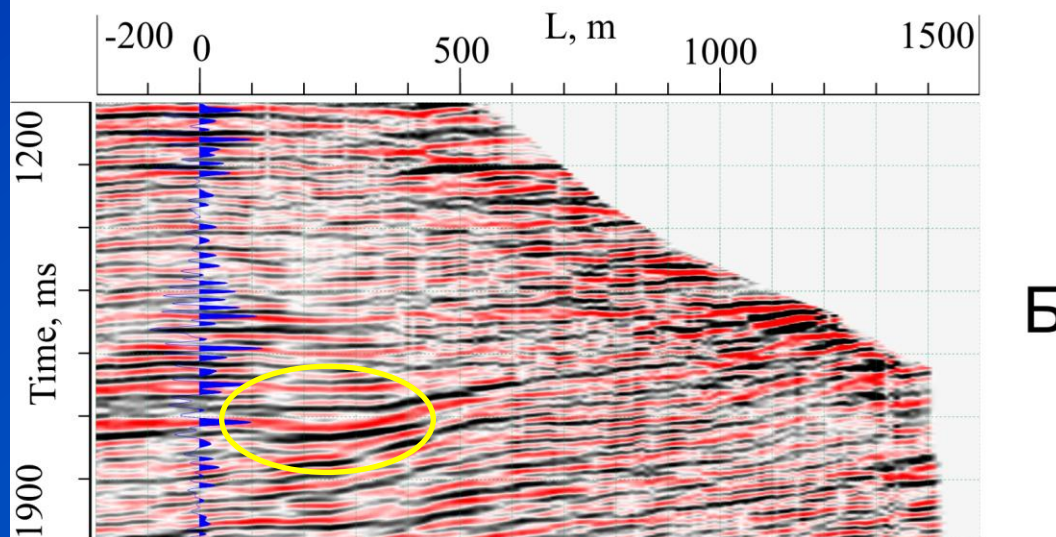
Отраженные PS-волны Reflected PS-waves



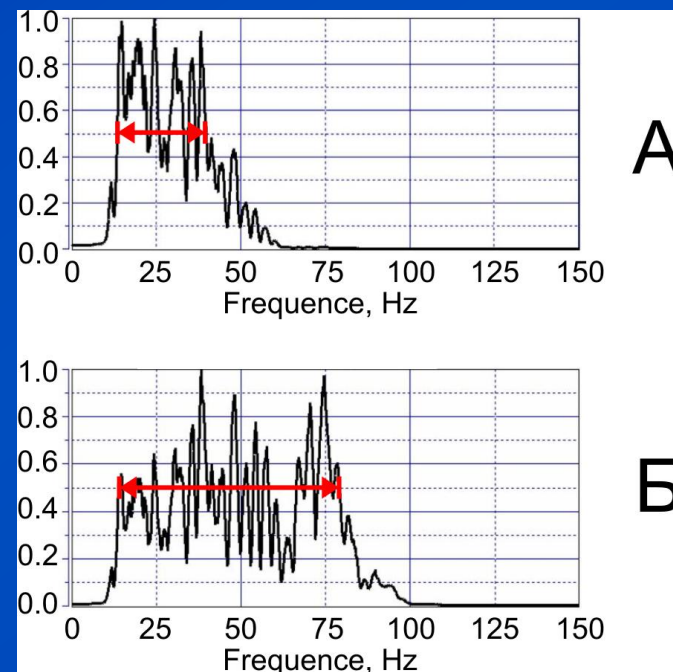
Сравнение результатов наземной сейсморазведки и 3D ВСП



А



Б



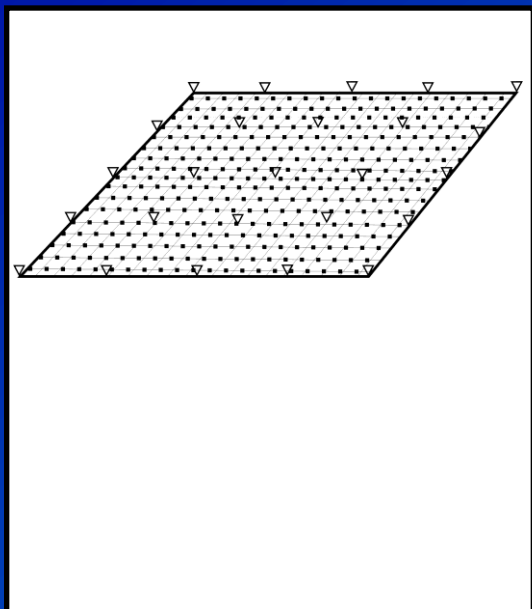
А

Б

А – спектр изображения ОГТ,
Б – спектр изображения
3D ВСП

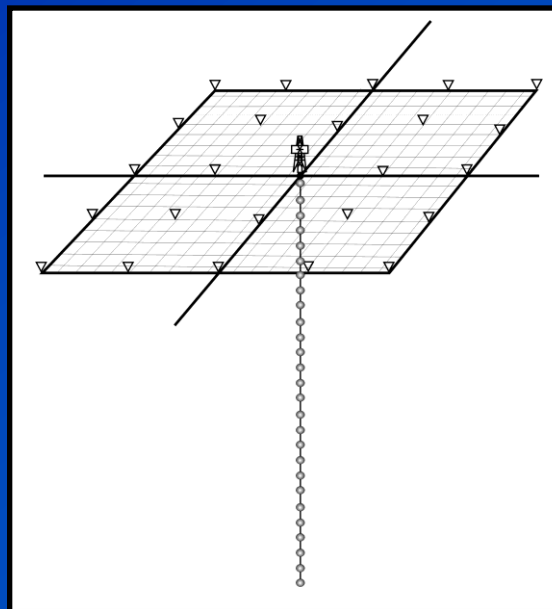
А – наземная сейсморазведка, Б – 3D VSP

Совмещение сейсморазведки на поверхности и ВСП



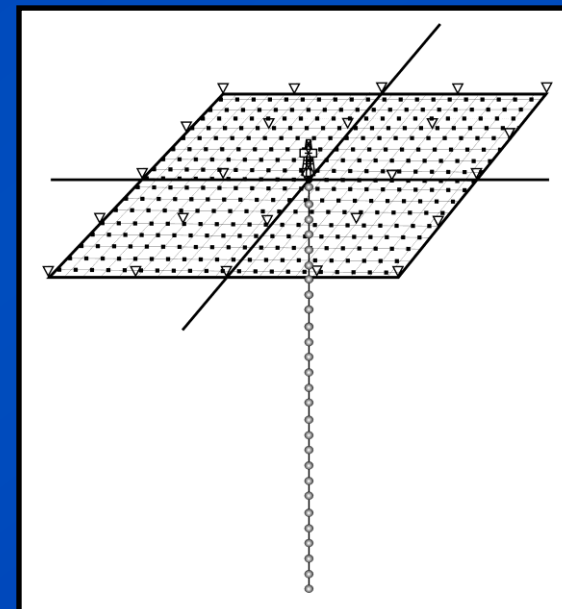
3D на поверхности

+



3D ВСП

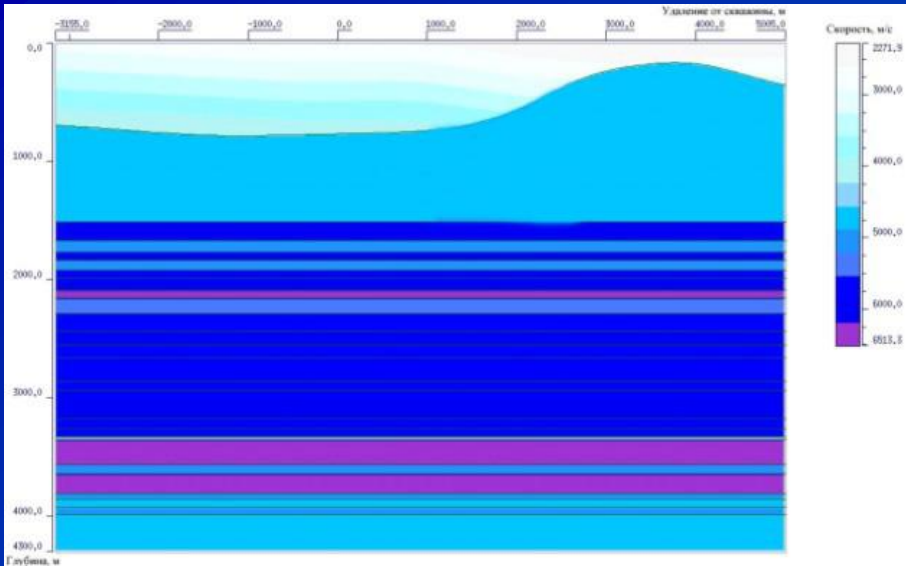
=



3D + ВСП

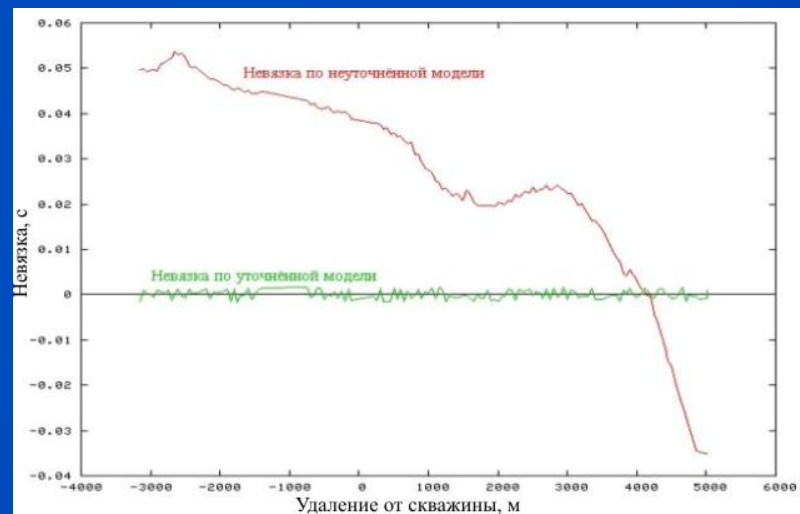
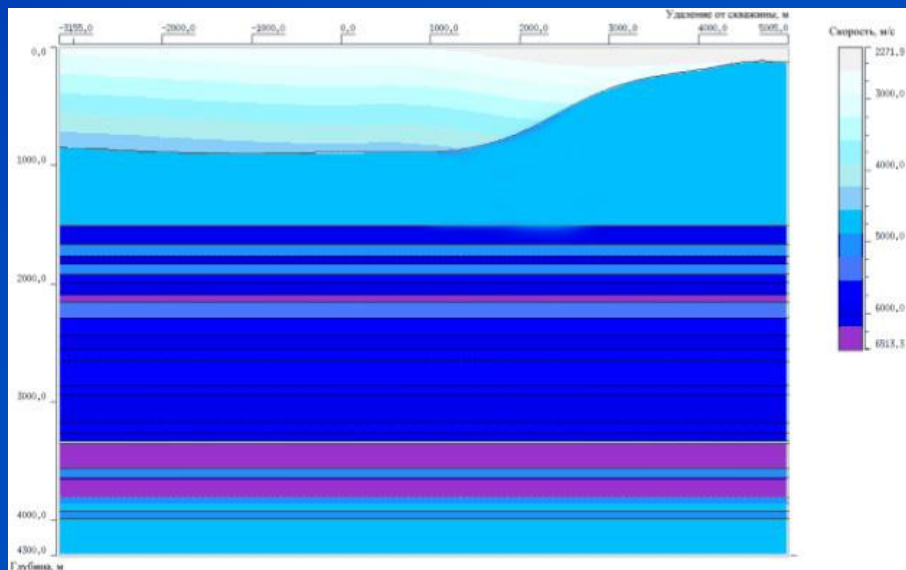
Оснащение для использования методики 3D+ВСП:

- многоточечные зонды (десятки уровней),
- математическое обеспечение для решения обратных кинематических задач,
- аппаратное обеспечение (системы распределенных вычислений).

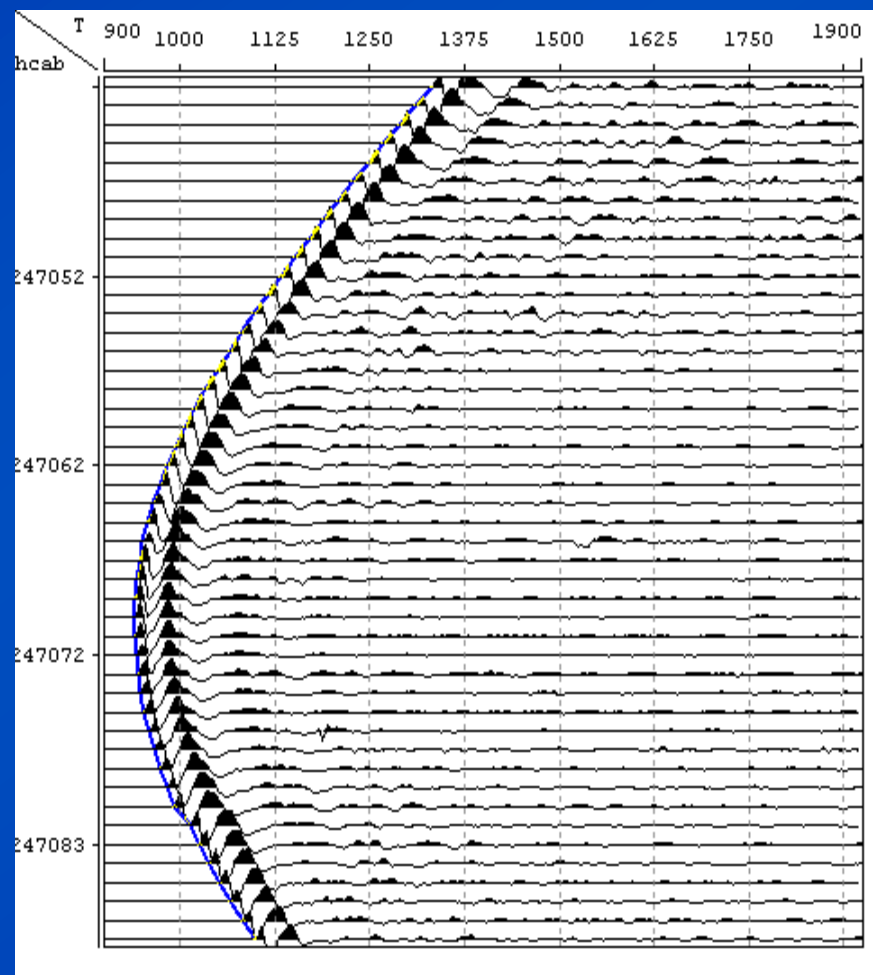
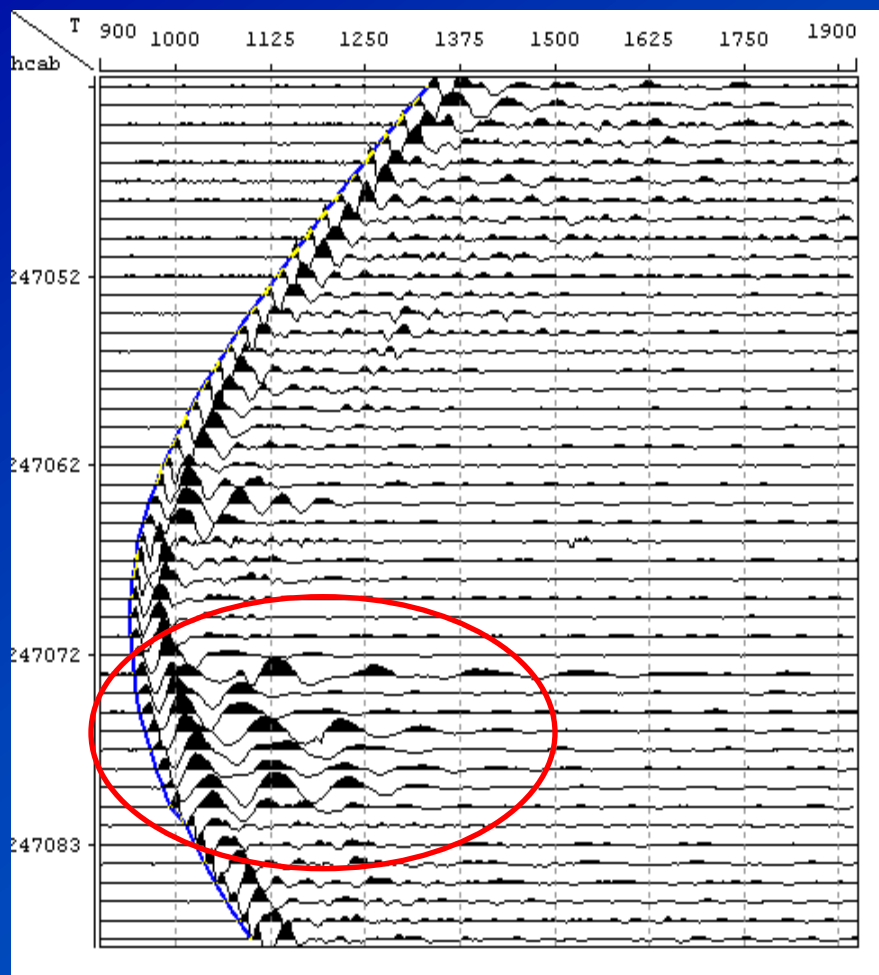


Скоростная модель из СП (Geodepth)
Velocity model from SES (Geodepth)

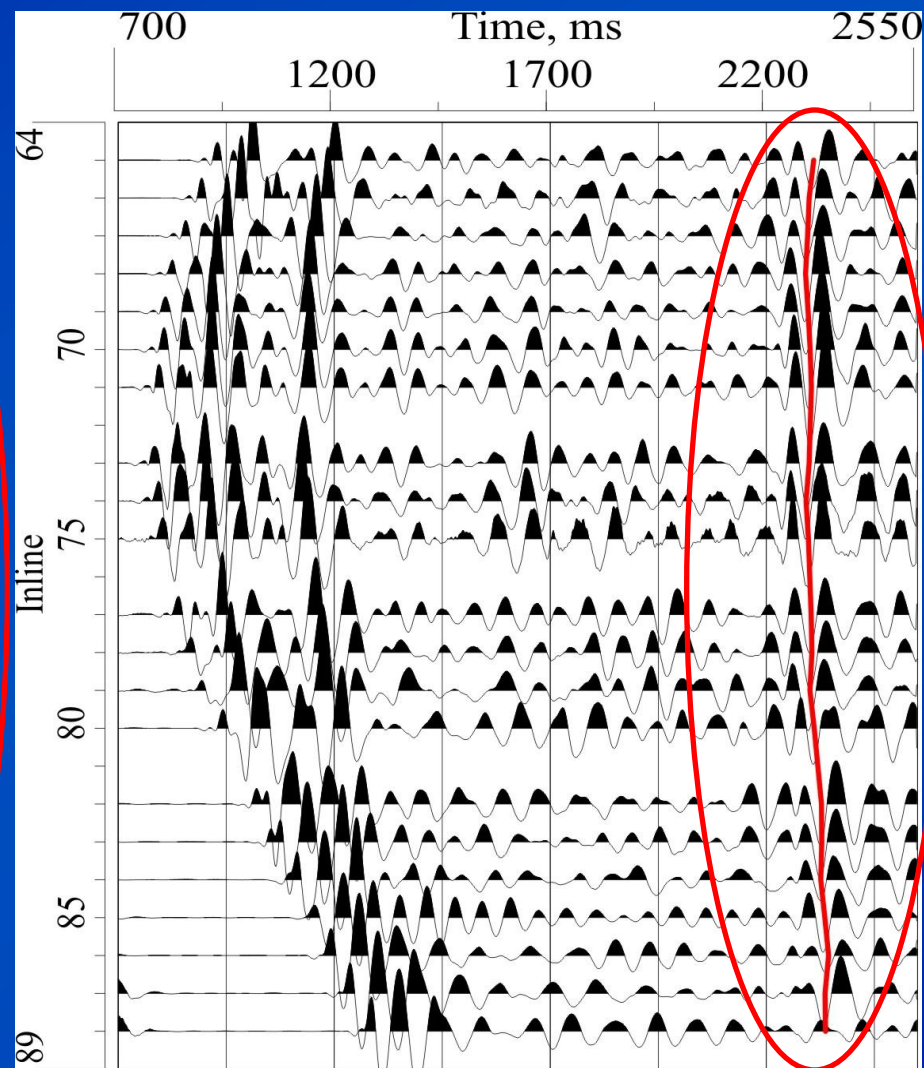
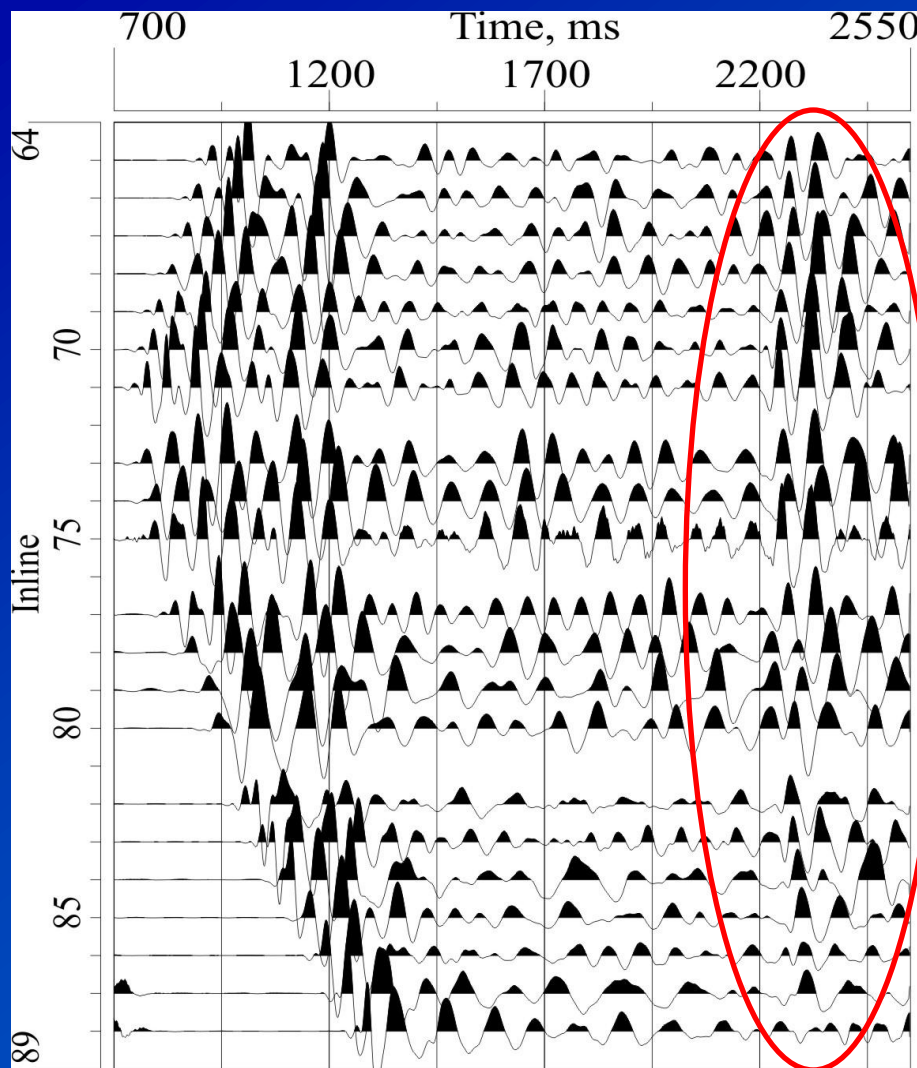
Контроль глубинным прибором 2D+ВСП
Downhole control from 2D+VSP



Уточненная скоростная модель
Adjusted velocity model

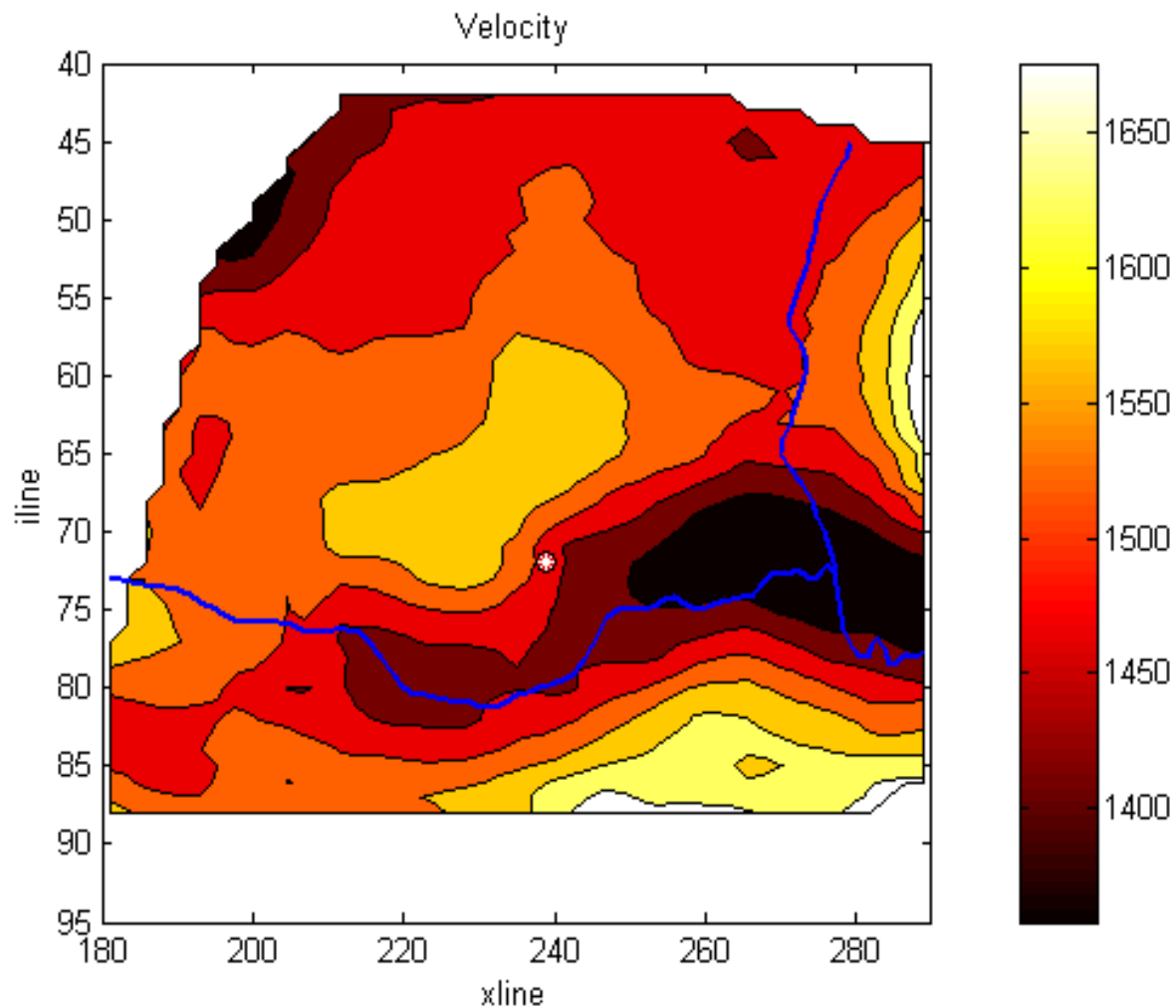


Записи глубинного прибора
(слева – до коррекции, справа – после коррекции формы импульса)
Deep geophone records
(left – before correction, right – after signature correction)



**Записи наземного приемника для нескольких пунктов взрыва
(слева - до коррекции, справа - после коррекции формы импульса и статики по
записям зонда ВСП)**

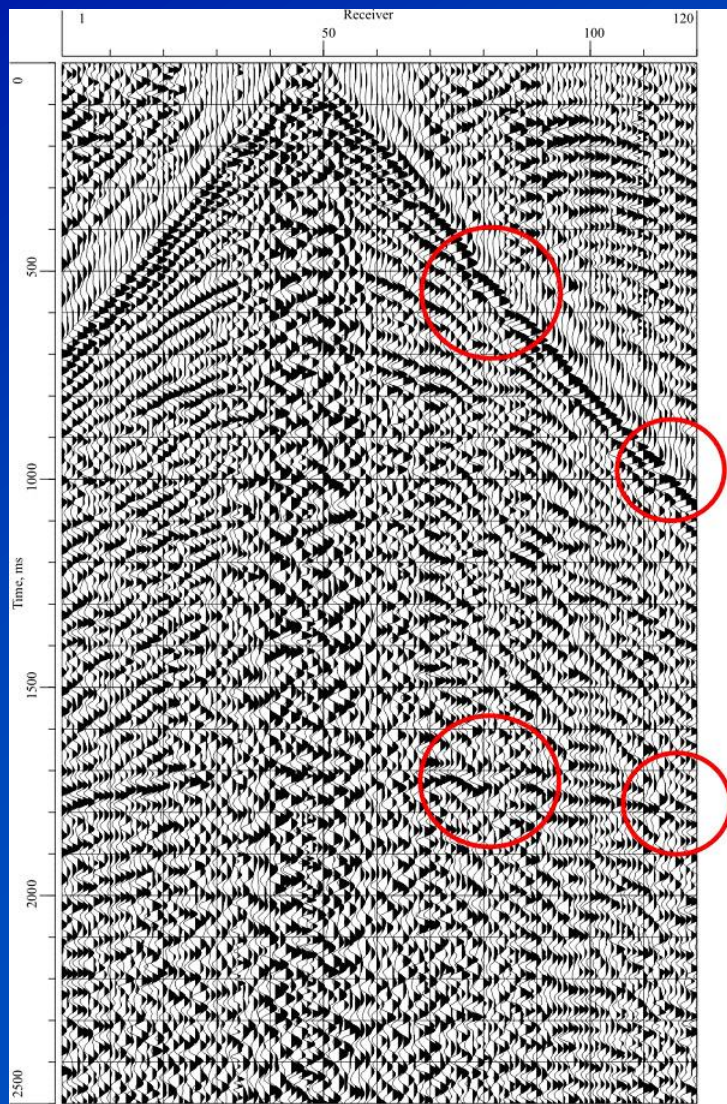
**Surface geophone records for some shot point
(left – before correction, right – after correction of signature and static with the use of
downhole reference geophone)**



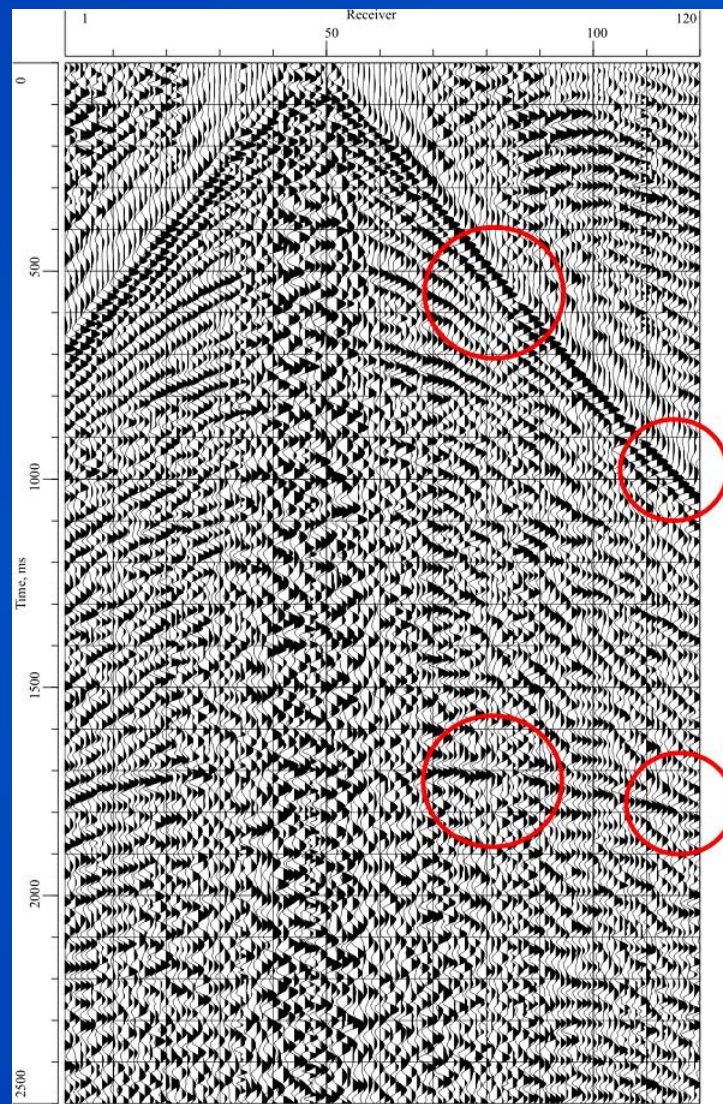
**Карта скоростей слоя, включающего зону мерзлоты
(получено по методике 3D+ВСП)**

**Layer velocities map including a permafrost area
(obtained as a result of 3D+VSP acquisition)**

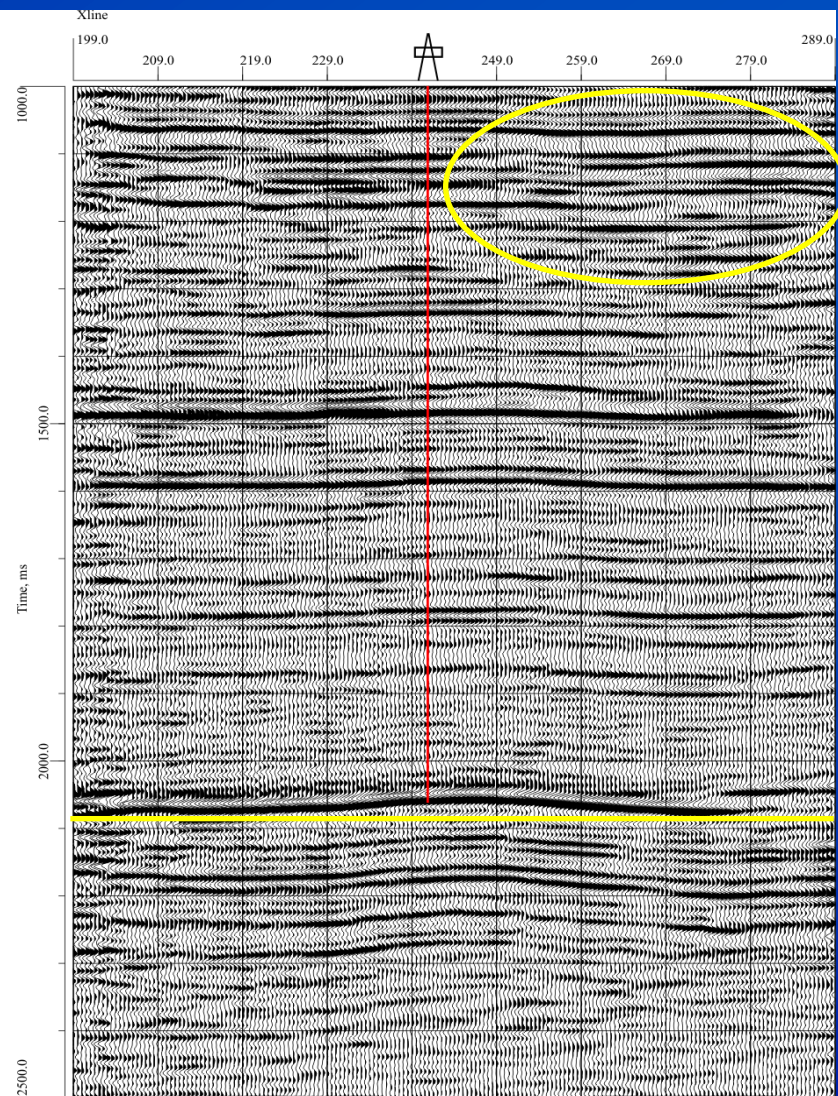
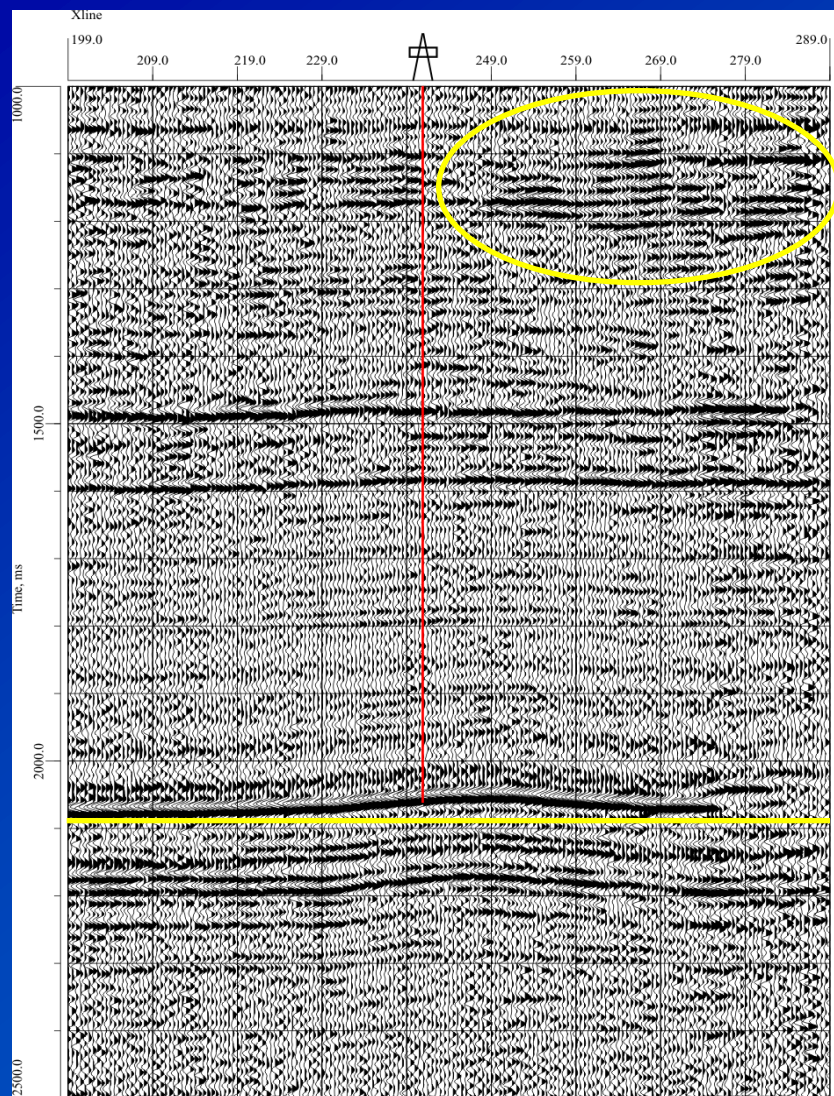
Сейсмограммы ОПП съемки 2D до (а) и после (б) коррекции по системе 2D+ВСП



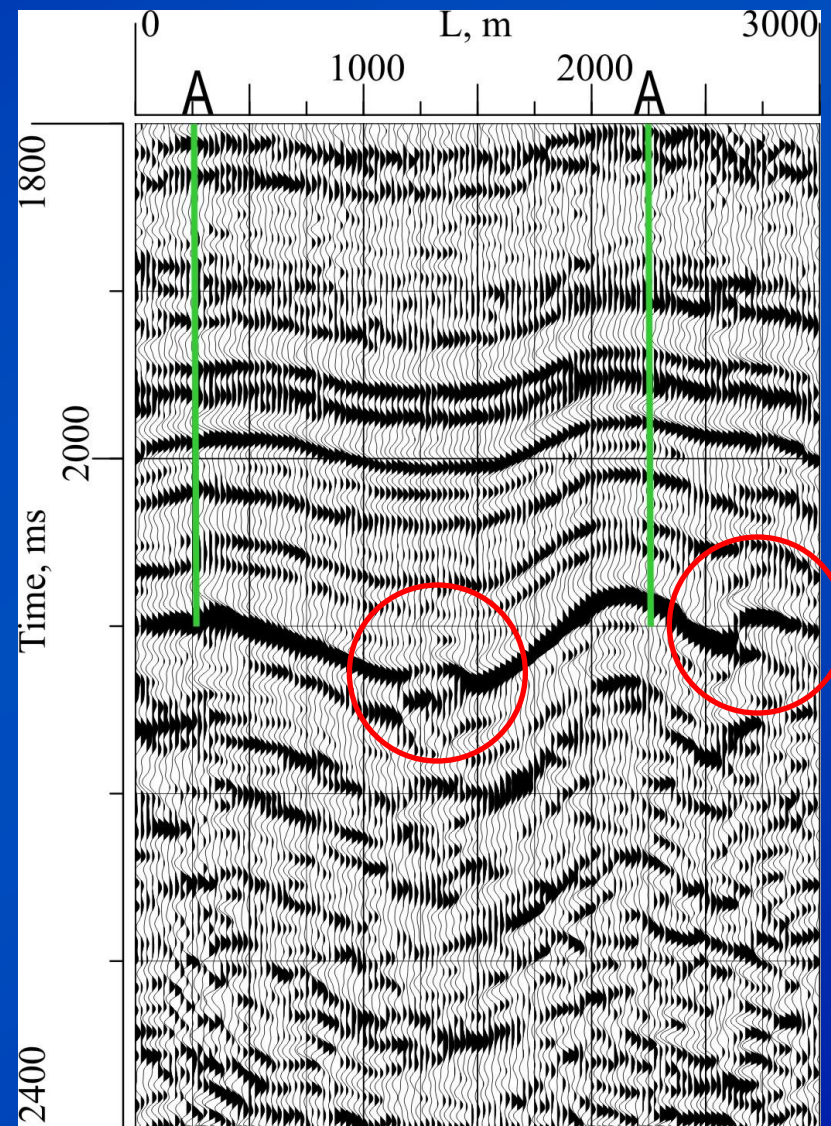
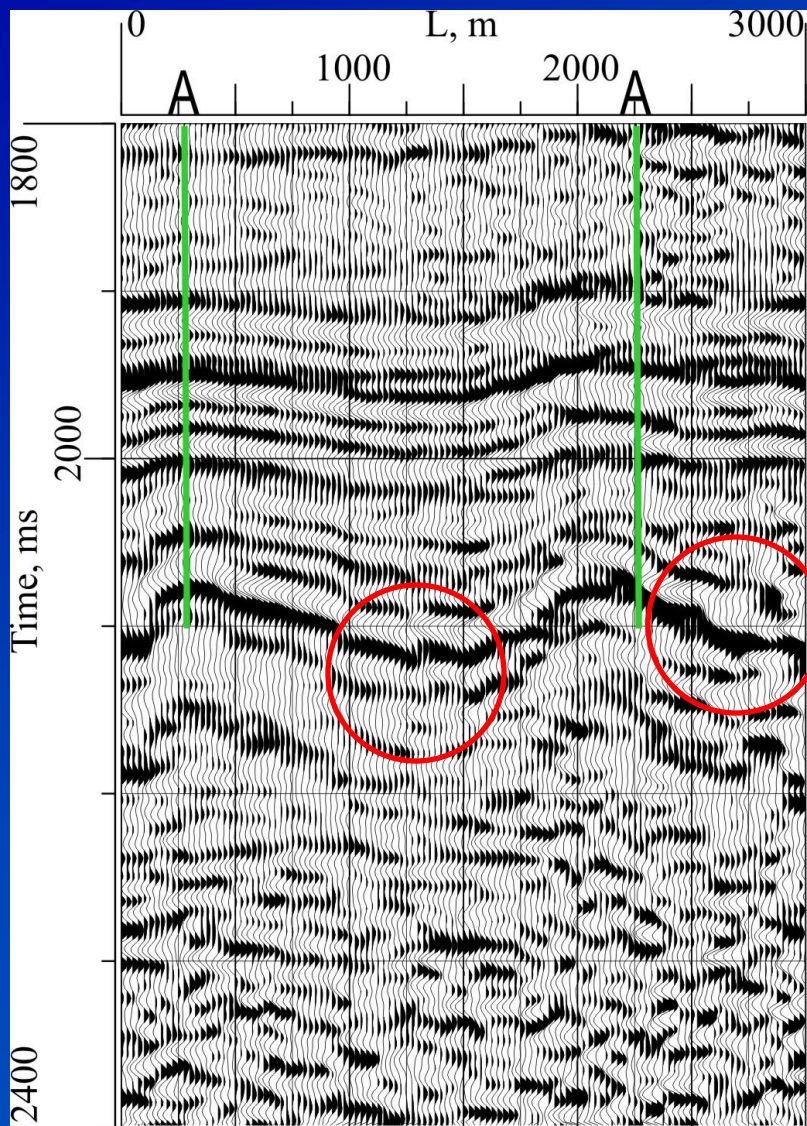
а



б



**Сопоставление результатов обработки данных 3D+ВСП (справа)
и стандартного 3D (слева)**
**Comparison of processing results by means of 3D+VSP technique (right)
and ordinary 3D technique (left)**



**Сопоставление результатов обработки данных 2D+ВСП (справа)
и стандартного 3D (слева)**

**Comparison of processing results by means of 2D+VSP technique (right)
and ordinary 3D technique (left)**

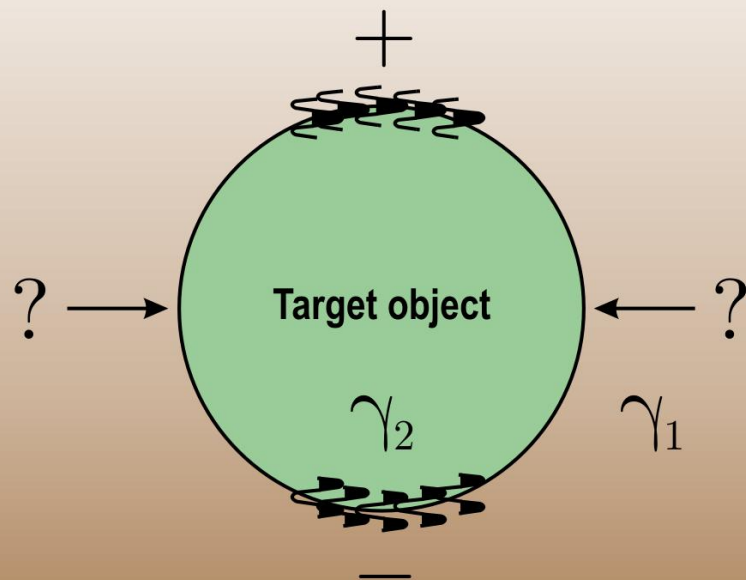
Модель-базирующая обработка и миграция

Model-based processing and imaging

Earth's surface

$$\gamma = \rho V \text{ - Impedance}$$

$$\gamma_2 > \gamma_1$$



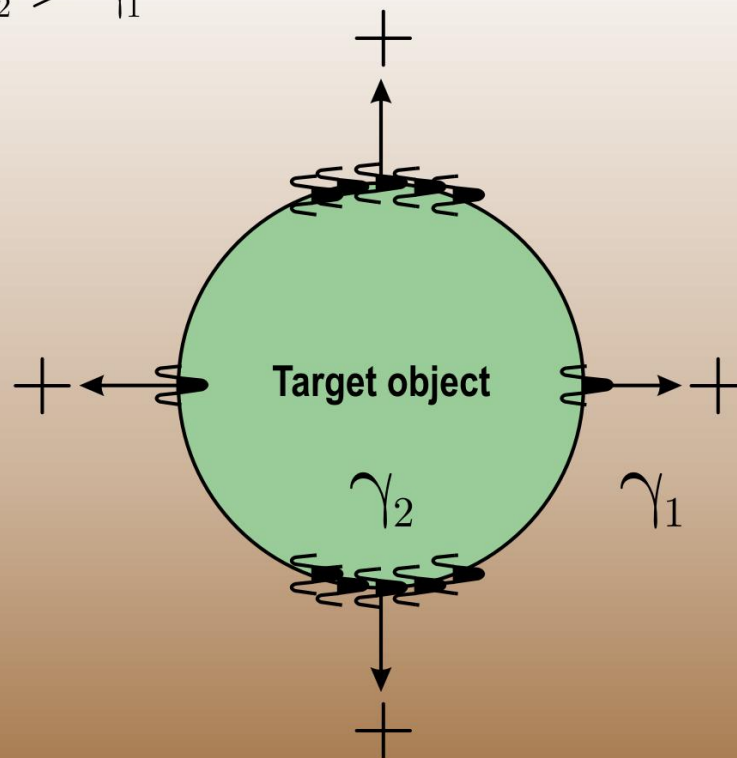
Миграция данных СП. Какой ответ?

Migration of SES data. What is the answer?

Earth's surface

$$\gamma = \rho V \text{ - Impedance}$$

$$\gamma_2 > \gamma_1$$



Векторная модель-базирующая миграция. Нет проблем.

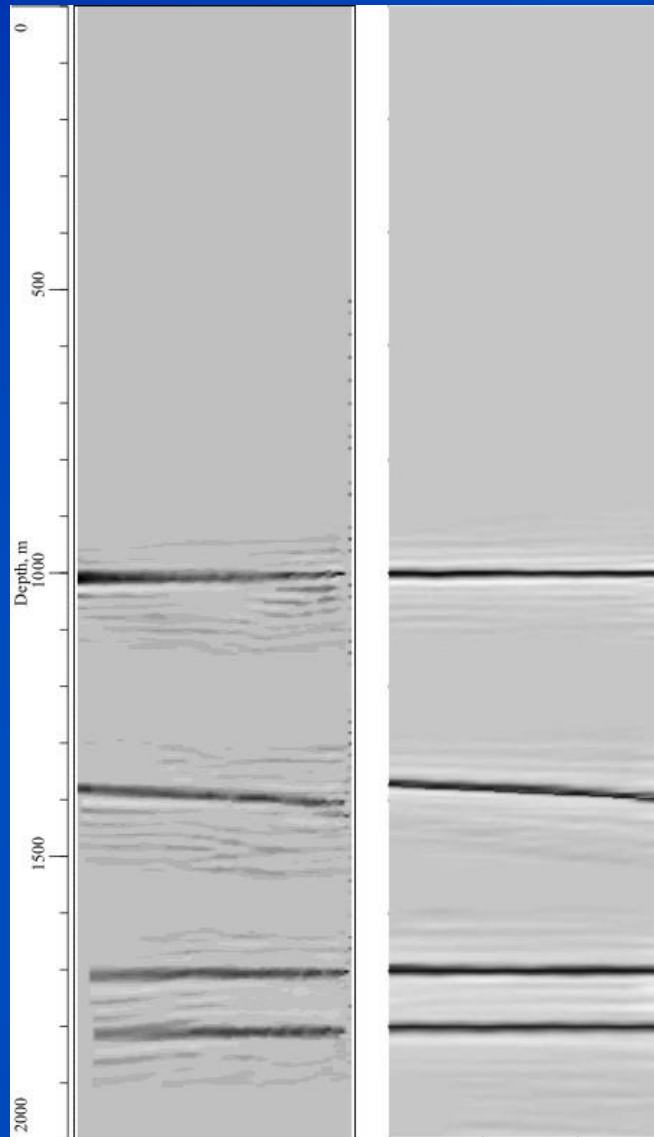
Vector model-based migration. No problem.

Модель-базирующая обработка и миграция

Model-based processing and imaging

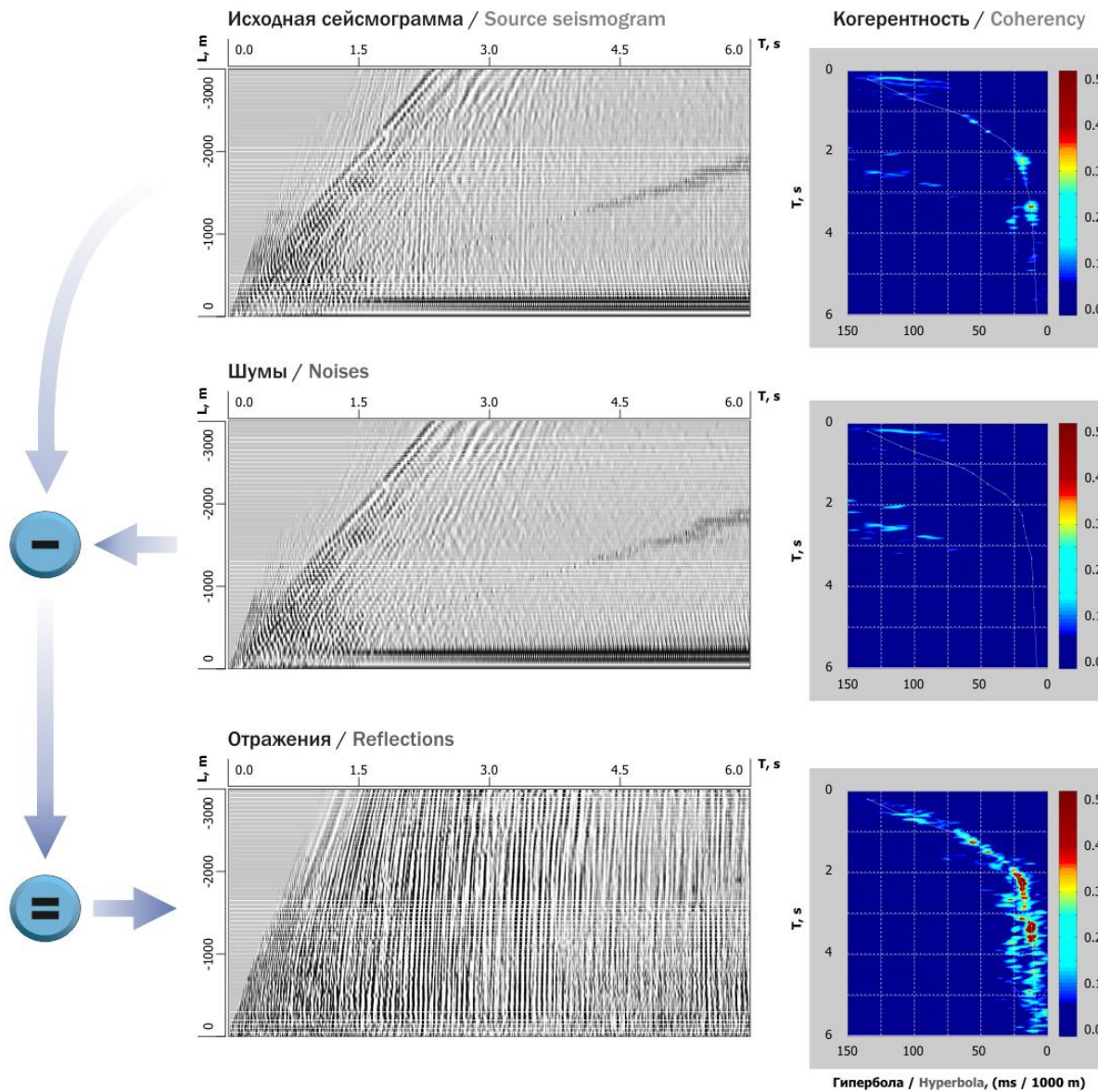
Миграция Кирхгоффа
модельных данных ВСП

Kirrchhoff migration of
the synthetic VSP data



Векторная миграция
модельных данных ВСП

Vector migration of the
synthetic VSP data



Обработка снйсморазведки на поверхности Surface seismic processing

Выводы

1. Сейсморазведка на поверхности решает основные современные разведочные задачи, но имеет принципиальные ограничения:

- неопределенность скоростной модели,
- неопределенность формы сигнала,
- упрощенная модель среды для миграции.

2. ВСП обеспечивает однозначное решение задачи привязки отражений на поверхности и изучение ближней зоны, но все модификации, включая 2D ВСП и 3D ВСП, обладают существенными неустранимыми недостатками, связанными с несимметричностью геометрии наблюдений.

3. Комбинированные системы наблюдений

2D+ ВСП и 3D+ВСП позволяют решать задачи:

- уточнение скоростной модели,
- оценка истинной формы сигнала,
- реализация векторной модель-базированной миграции.

4. Трехмерные системы наблюдений и модель-базированная обработка могут быть рекомендованы как одно из направлений повышения информативности сейсморазведки для удовлетворения потребностей нефтяной промышленности.

5. Интеграция систем обработки позволяет применять эффективные процедуры селекции волн и оценки скоростей по данным ВСП для выделения полезных волн в СП и миграции с достижением более высоких стандартов разрешенности.

Conclusions

1. Seismic prospecting on the surface solves main modern exploration problems, but contains fundamental limitations:

- inaccurate velocity model,
- inaccurate signature determination,
- simplified model for migration.

2. VSP provides accurate solutions to tie surface reflections to logs and investigation of near borehole space for small offsets. But all modifications of VSP including 2D VSP and 3D VSP contain sufficient uncompensatable errors due to insymmetrical acquisition geometry.

3. Combined acquisition geometries 2D+VSP and 3D+VSP provides more accurate solutions for next problems:

- adjustment of velocity models,
- estimation of true signature,
- model-based vector migration.

4. 3D acquisition systems and model-based processing may be recommended as one of leading developments for improvement of resolution and accuracy of seismic exploration to meet challenges of oil industry.

5. Integration of processing systems allows to apply efficient wave selection and velocity estimation procedures using VSP data for useful waves separation in SS and migration to reach higher resolution standards.