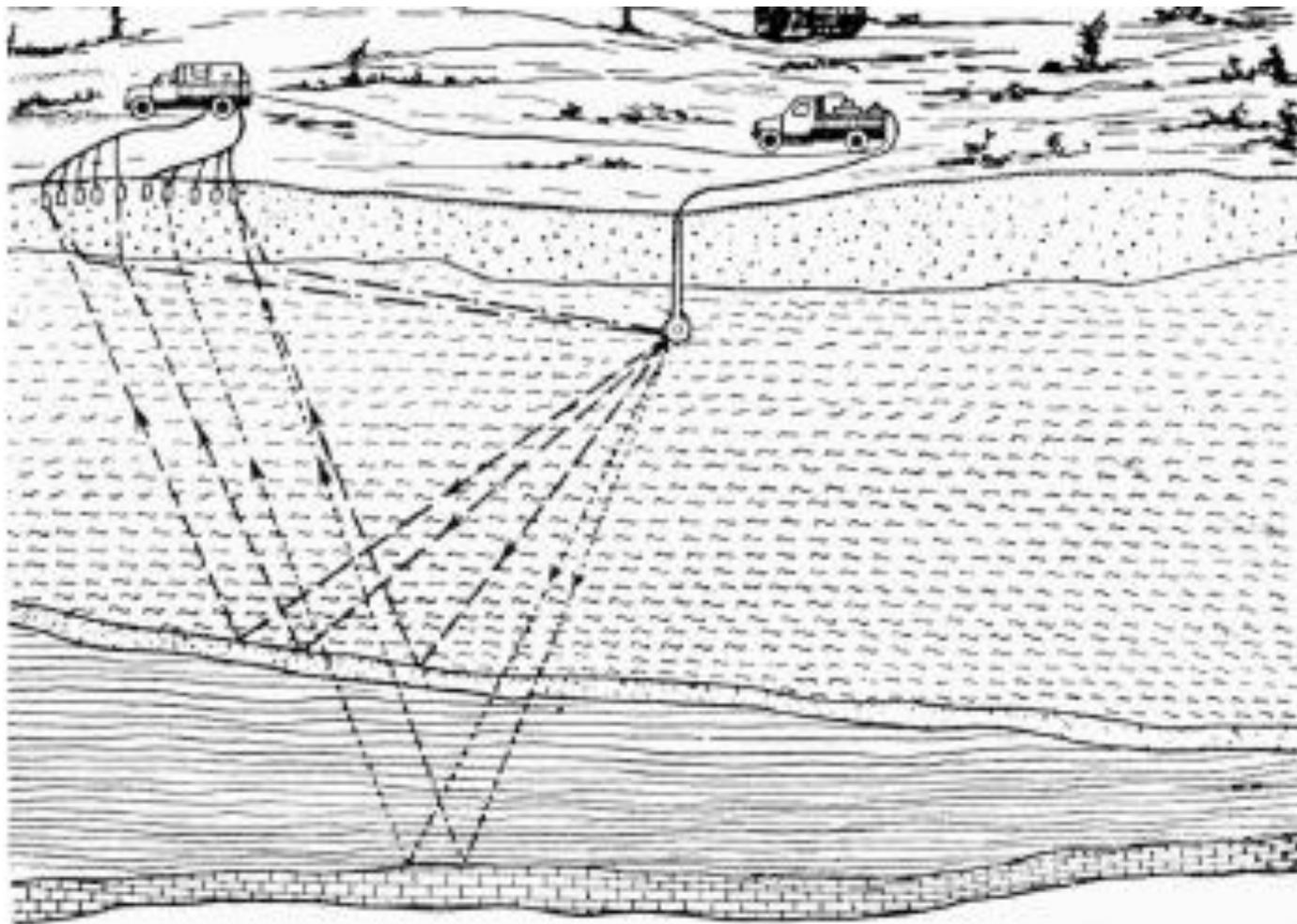


Сейсморазведка

Общая схема проведения сейсморазведочных работ



Физико-геологические основы сейсморазведки

Геологические:

1. Естественная дифференциация горных пород по сейсмоакустическим свойствам;
2. Геологическая среда упругая;
3. Передача деформации первого и второго рода;
4. Разные модули упругости Юнга

Физические основы сейсморазведки

Теория распространения сейсмических волн основана на теории упругости

Постоянные упругости для упругой и изотропной среды

Модуль Объемной Упругости k : $k = \Delta P / (\Delta V / V)$

k есть отношение изменения давления к сжатию при чистом гидростатическом давлении
 ΔP – изменение давления, V – объем, ΔV – изменение объема, $\Delta V / V$ – называется сжатием

Модуль Сдвига μ : $\mu = (\Delta F / A) / (\Delta L / L)$

μ есть отношение изменения удельной силы к смещению при чистом сдвиге
 ΔF -сдвигающая (касательная) сила, A площадь поперечного сечения, L расстояние между плоскостями сдвига, ΔL смещение при сдвиге

Модуль Растяжения E : $E = (\Delta F / A) / (\Delta L / L)$

или Модуль Юнга E

E есть отношение изменения давления (линейного) к изменению длины образца, когда он растянут или сжат

$\Delta F / A$ давление (сила на единицу площади), L начальная длина, ΔL изменение длины - $1 / E$
иногда называется податливостью

Постоянные упругости для упругой и изотропной среды

Постоянная Ламе : $\lambda = k - 2 \mu / 3$

k Модуль Объемной Упругости, μ Модуль Сдвига

Коэффициент Пуассона σ : $\sigma = (\Delta W / W) / (\Delta L / L)$

W начальная ширина, ΔW уменьшение ширины, L начальная длина, ΔL увеличение длины

Коэффициент Пуассона σ это отношение поперечной деформации к продольной деформации

σ изменяется от 0 до 0.5 : значение 0.5 для жидкостей и 0.25 для Пуассоновых твердых сред, для которых $\lambda = \mu$

КОЭФФИЦИЕНТ ПУАССОНА σ выраженный через скорости

$$\sigma = \frac{\gamma^2 - 2}{2(\gamma^2 - 1)} \quad \text{где } \gamma = \frac{V_p}{V_s}$$

Заметьте, что отношение V_p / V_s не зависит от плотности горной породы и позволяет рассчитать Коэффициент Пуассона, V_p - скорость P волн, V_s - скорость S волн

РАСПРОСТРАНЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН

в пространстве, образованном упругими и изотропными средами

Каждая из сред обладает следующими механическими свойствами:

- Скоростью распространения волн сжатия : V_p
- Скоростью распространения волн сдвига : V_s
- Плотностью : ρ
- Q-фактором, или Поглощающей Способностью (зависящей от способности горных пород поглощать энергию сейсмических волн) : Q

**Различие Амплитуд Отражения и Прохождения
существует благодаря разнице**

Скорости и Плотности

или

разнице Акустической Жесткости Z

$$Z = \rho V$$

V – скорость волны в среде

ρ - плотность среды

ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН

в упругой и изотропной среде

Волны в пространстве :

Волны сжатия “ P-волны” :

Также называемые: первичная

Волны сдвига “ S-волны “ :

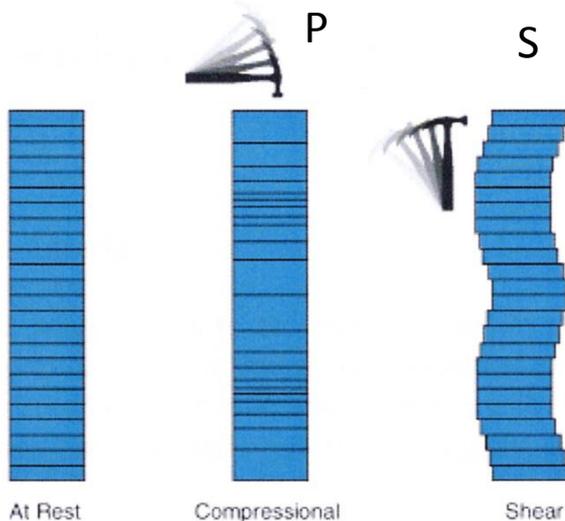
распространение в твердых средах и жидкостях.
волна, волна растяжения, волна давления,
объемная волна, **продольная волна**.

распространение только в твердых средах.

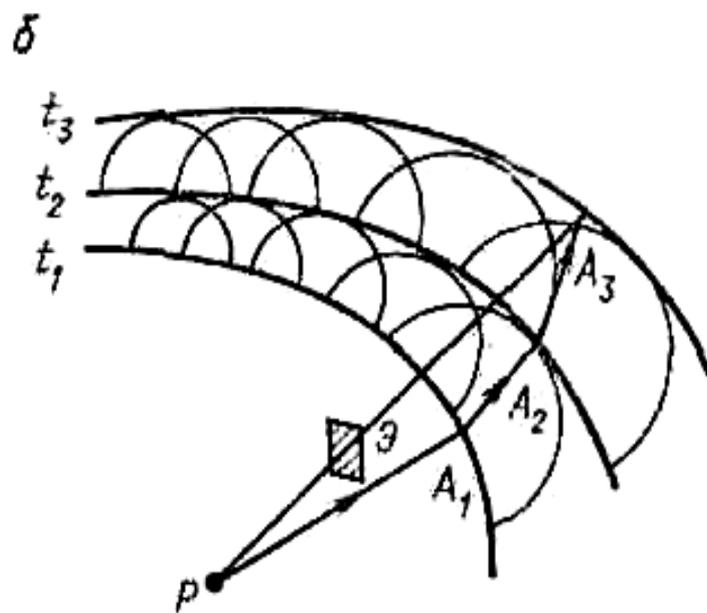
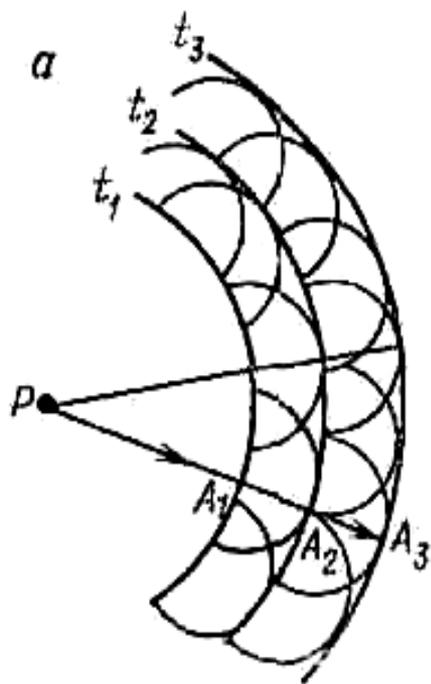
Поляризуемость на S_V - волну и S_H -волну.

Также называемые: вторичная волна,

поперечная волна, волна сдвига,
тангенциальная волна.



Принцип Гюйгенса:
образование фиктивных источников
в однородной (а) и неоднородной (б) среде.



Временной импульс смещения (а) и его амплитудный спектр

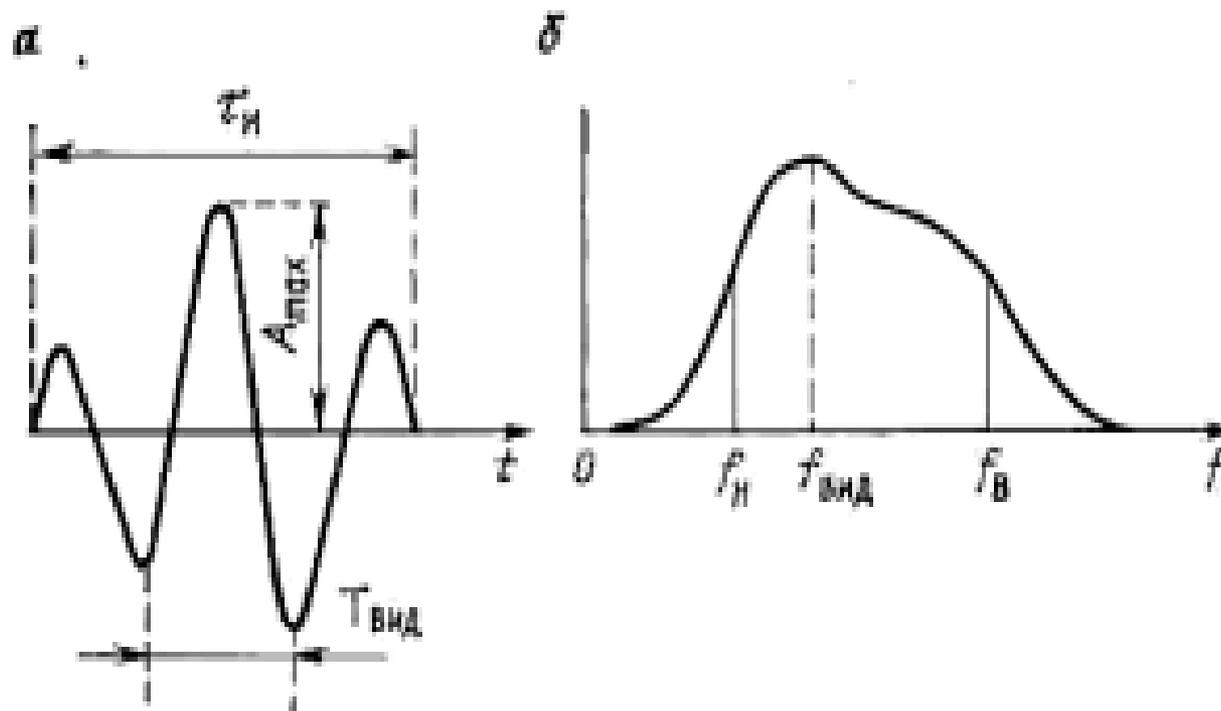
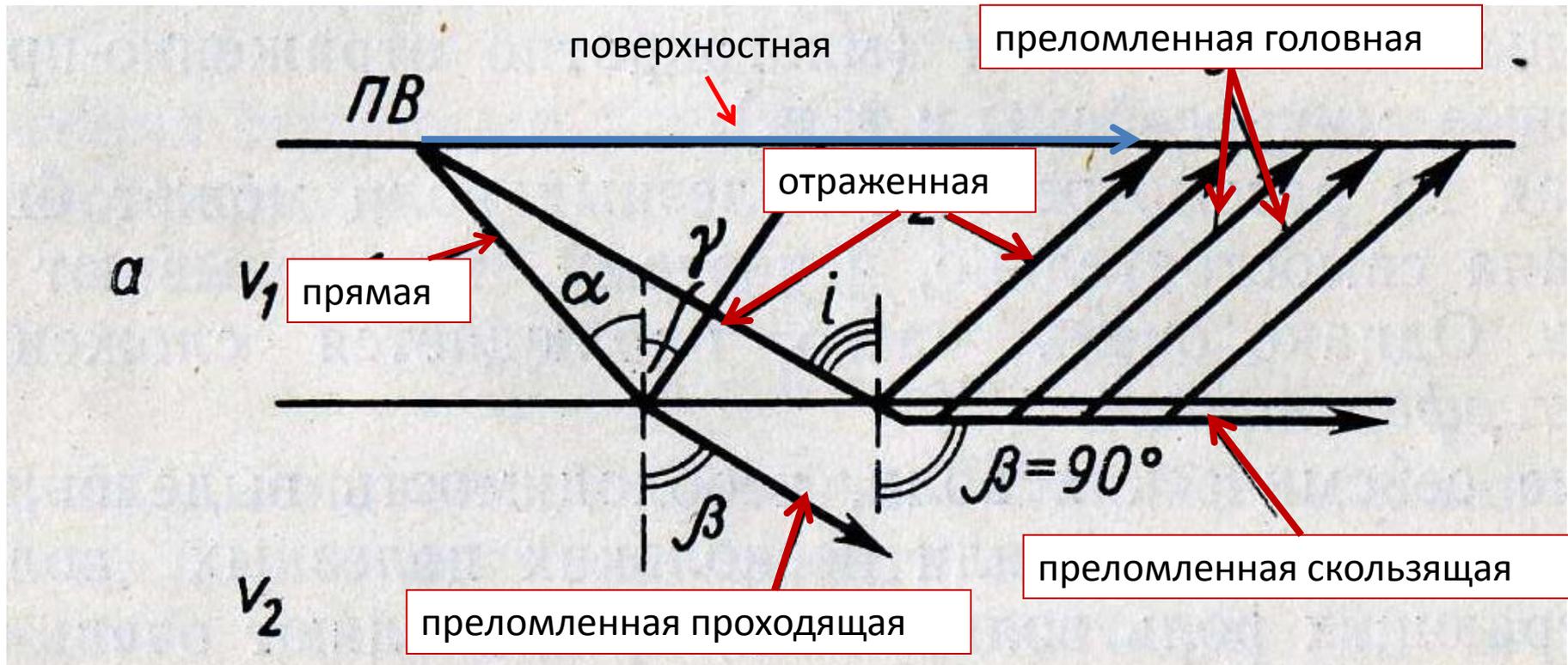


Схема образования головных преломленных волн



$$V_2 > V_1$$

-условие образования скользящей преломленной волны

$$\sin \alpha / \sin \beta = V_1 / V_2 \text{ - условия преломления}$$

КРАТНЫЕ ВОЛНЫ

Сейсмическая энергия, которая была отражена более чем один раз

- При наземных съемках подошва Зоны Малых Скоростей (ЗМС) является генератором кратных волн, что является помехой для корреляции или выделения полезных волн.
- При морских съемках дно моря является классическим генератором кратных волн.
- Кратные волны образуются и внутри геологических формаций.

Кратные волны-спутники образуются, когда энергия распространяется вверх от заглубленного источника и затем отражается вниз, как это происходит от подошвы ЗМС, дневной поверхности или поверхности воды. Волны-спутники также образуются, когда энергия распространяется вниз от поверхности к заглубленному приемнику.

Изменение амплитуды сейсмических волн

- Потеря энергии волны при отражении на границах и рассеивании
- Потеря энергии за счет расхождения волны – обратно пропорциональна квадрату расстояния
- Преодоление инерции частиц – близко к приращению тепловой энергии, или внутреннему трению – поглощение
 - *высокочастотные волны поглощаются быстрее, чем низкочастотные*
- Потеря энергии волны при преобразовании ее в волны других типов на поверхности раздела

Как результат – ЗАТУХАНИЕ

СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЛНЫ НА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ЗАПИСИ

- **Прямые объемные волны: продольные P-волны и поперечные S-волны**
- **Прямые поверхностные волны (колебания земной поверхности)**
- **Первичные отраженные волны: PP-волны и SS-волны**
- **Первичные отраженные обменные волны : PS-волны and SP-волны**
- **Преломленные волны**
- **Кратные волны**
- **Дифрагированные волны**
- **Окружающие или электрические сейсмические шумы**

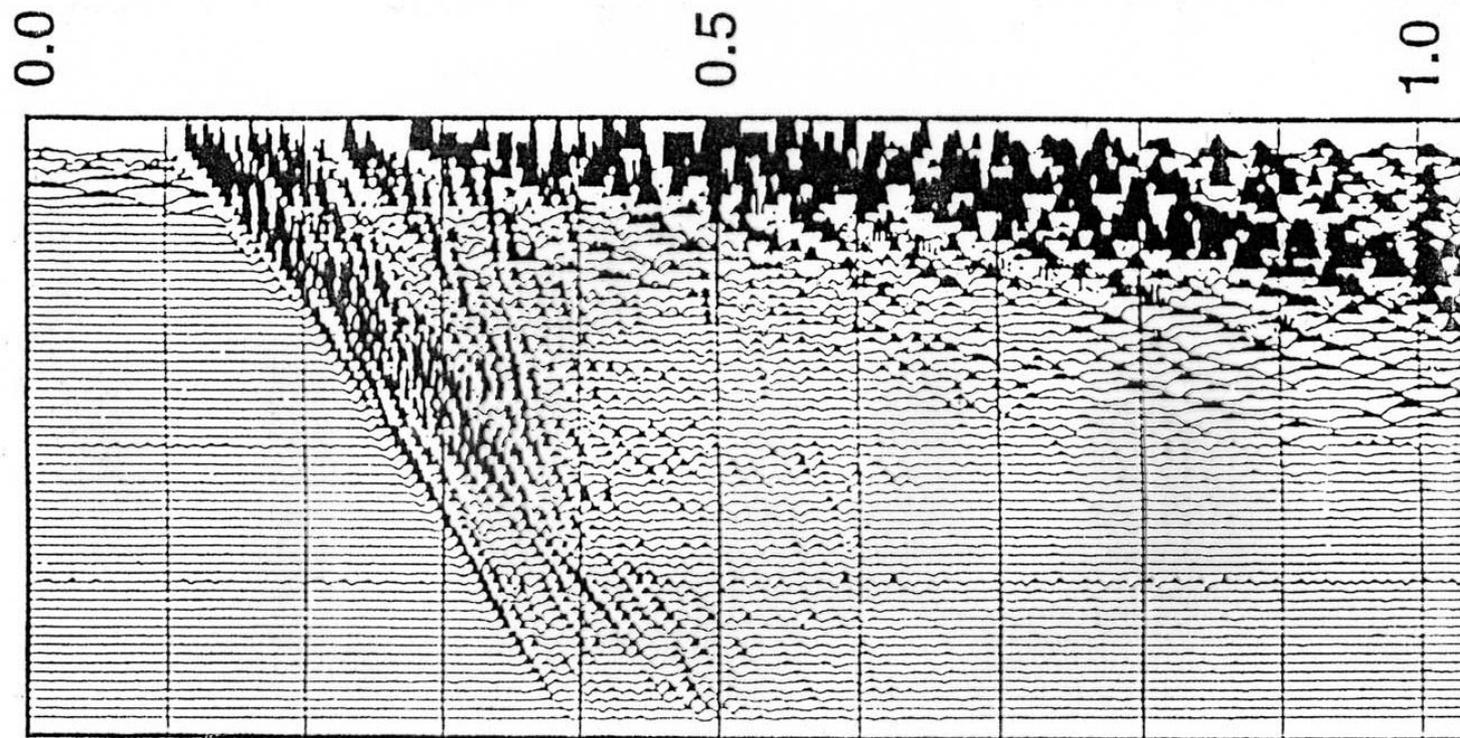
СКОРОСТИ ПРОДОЛЬНЫХ И ПОПЕРЕЧНЫХ ВОЛН В ГОРНЫХ ПОРОДАХ

Горные породы	Скорость Р-волн V_P (м/с)	Скорость S-волн V_S (м/с)
Почва	300 – 700	100 – 300
Сухой песок	400 – 1200	100 – 500
Влажный песок	1500 – 4000	400 – 1200
Аргиллит	1100 – 2500	200 – 800
Мергель	2000 – 3000	750 – 1500
Песчаник	3000 – 4500	1200 – 2800
Известняк	3500 – 6000	2000 - 3300
Мел	2300 – 2600	1100 – 1300
Соль, Ангидрит	4000 – 5500	2200 – 3100
Доломит	3500 – 6500	1900 – 3600
Гранит	4500 – 6000	2500 – 3300
Базальт	5000 – 6000	2800 – 3400
Уголь	2200 – 2700	1000 – 1400
Вода	1450 – 1500	-
Нефть	1200 – 1250	-

$$\frac{V_P}{V_S} \approx 1,7$$

ГОДОГРАФ

Годограф Волны – это кривая времени прихода волны T как функция от расстояния X между точкой возбуждения волны и приемником



*Первичная
сейсмограмма*



Сейсмостанция

Сейсмоприемник



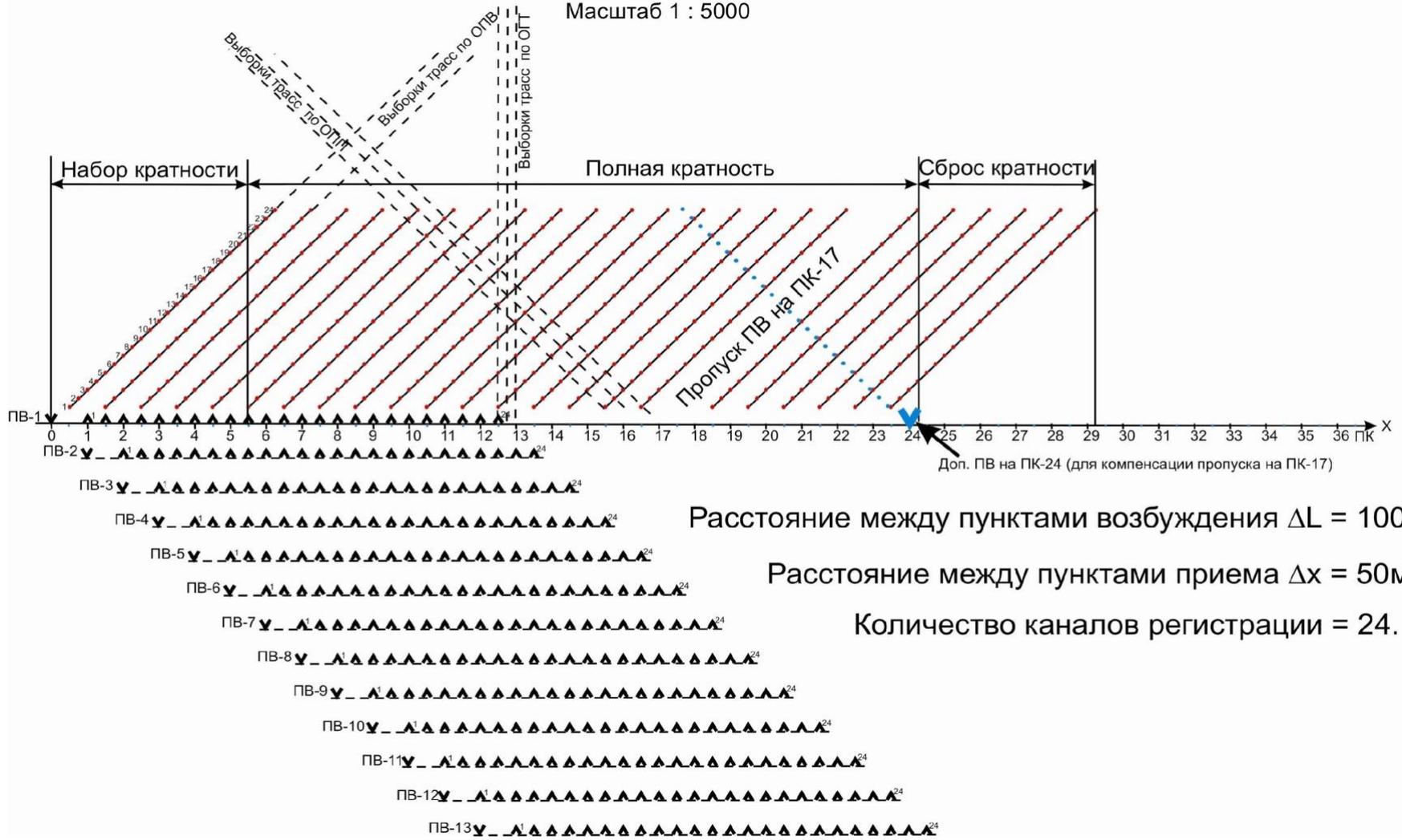
Вибросейсмические установки



Система наблюдения ОГТ - 2Д

Фланговая, кратность = 6

Масштаб 1 : 5000

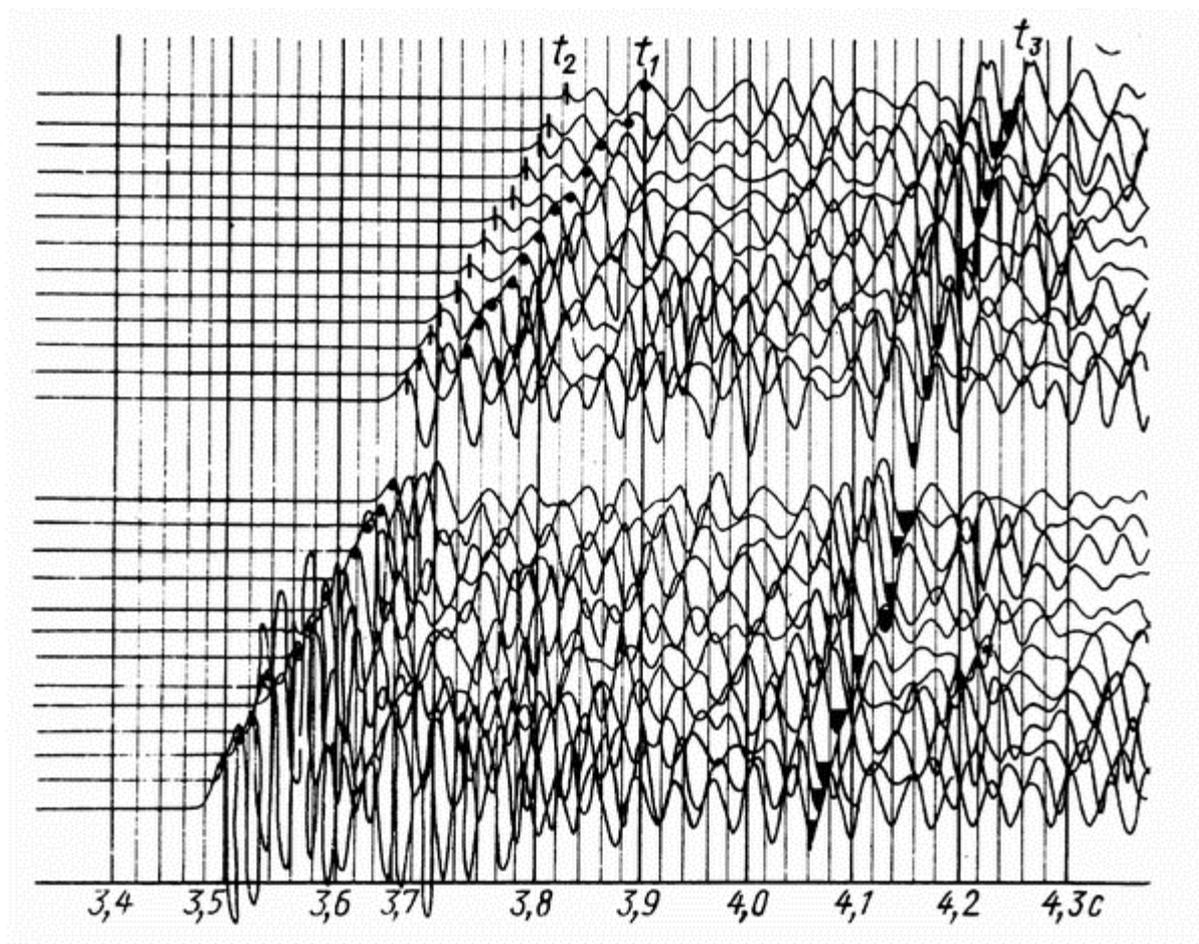


Расстояние между пунктами возбуждения $\Delta L = 100\text{м}$.

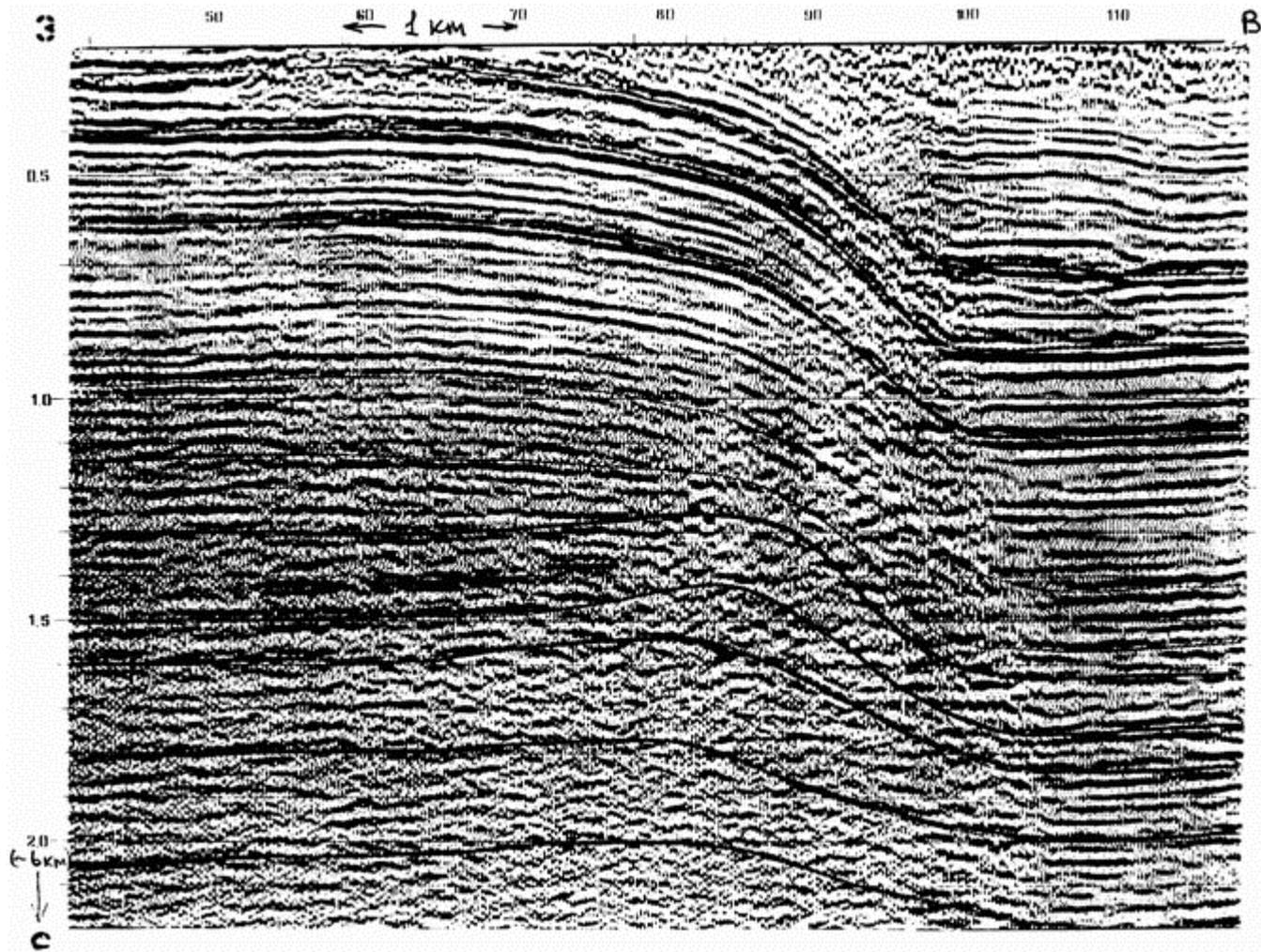
Расстояние между пунктами приема $\Delta x = 50\text{м}$.

Количество каналов регистрации = 24.

Общий вид сейсмограммы



t_1, t_2, t_3 : - оси синфазности ряда волн



Временной разрез МОВ

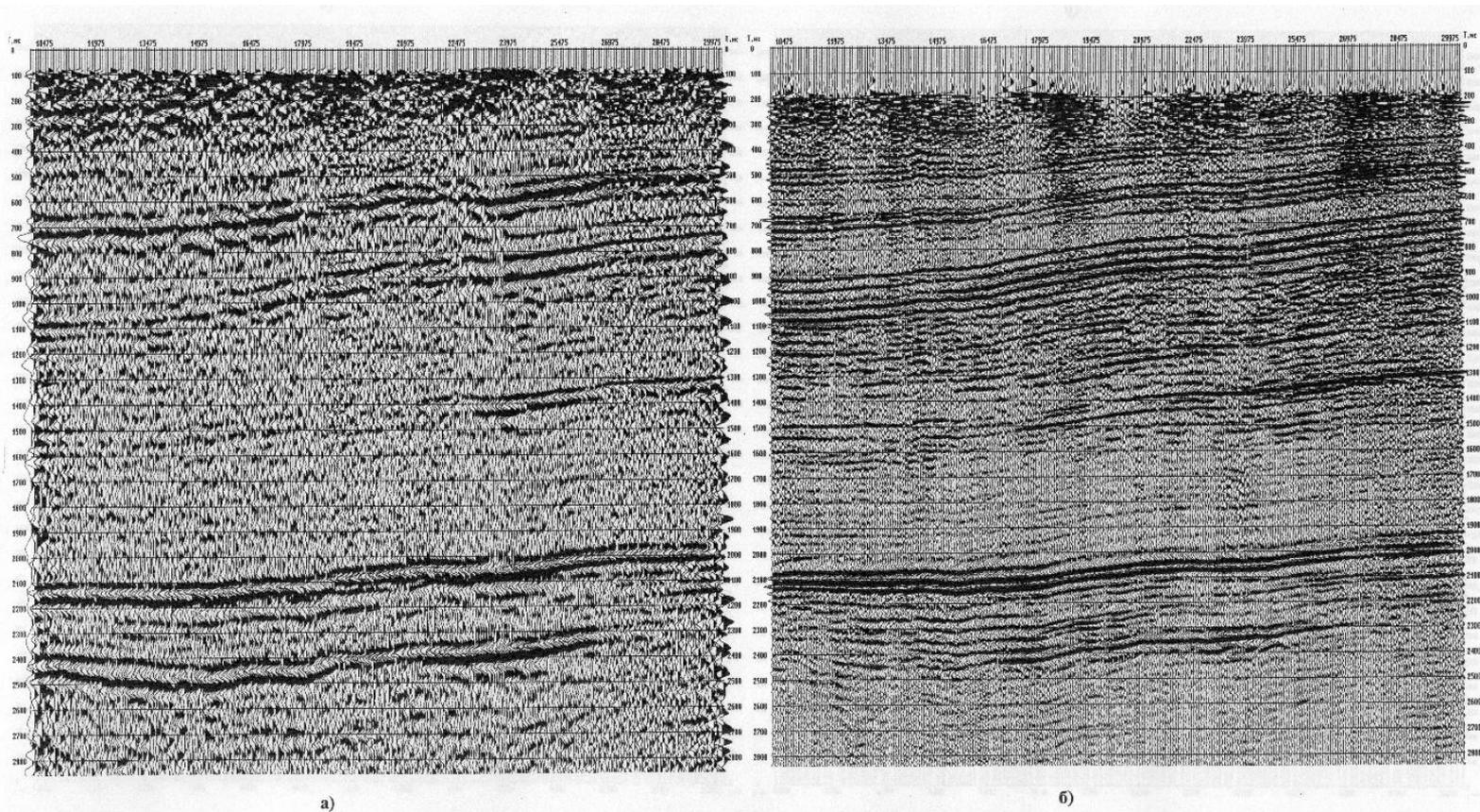
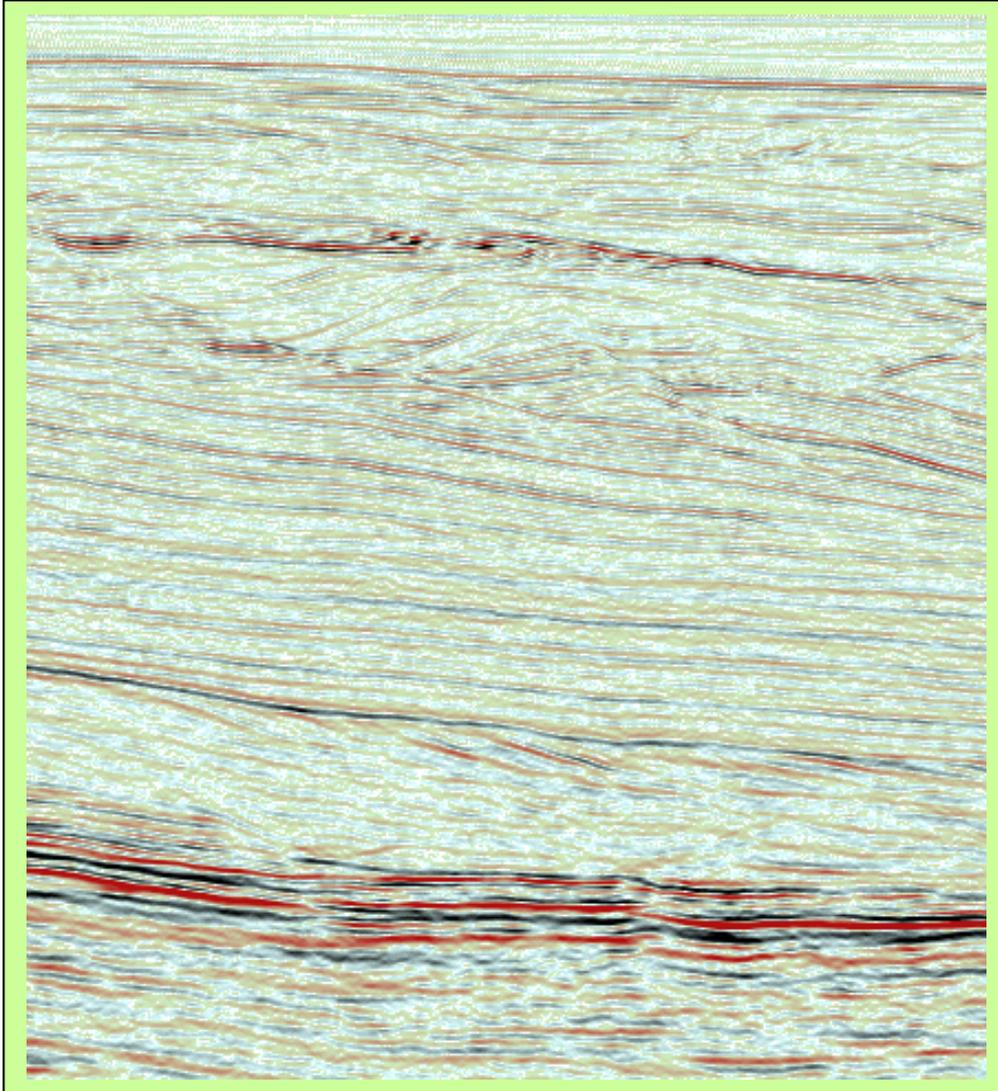


Рис. ПРОФИЛЬ 00.17.03. (Дубль по ПР 91.06.26)
 Временные разрезы: а - априорный
 б - окончательный

Априорный Окончательный

Временные разрезы ОГТ



Сейсморазведка сама по себе несет очень большой объем полезной информации и используем мы, как правило, лишь небольшую ее часть.

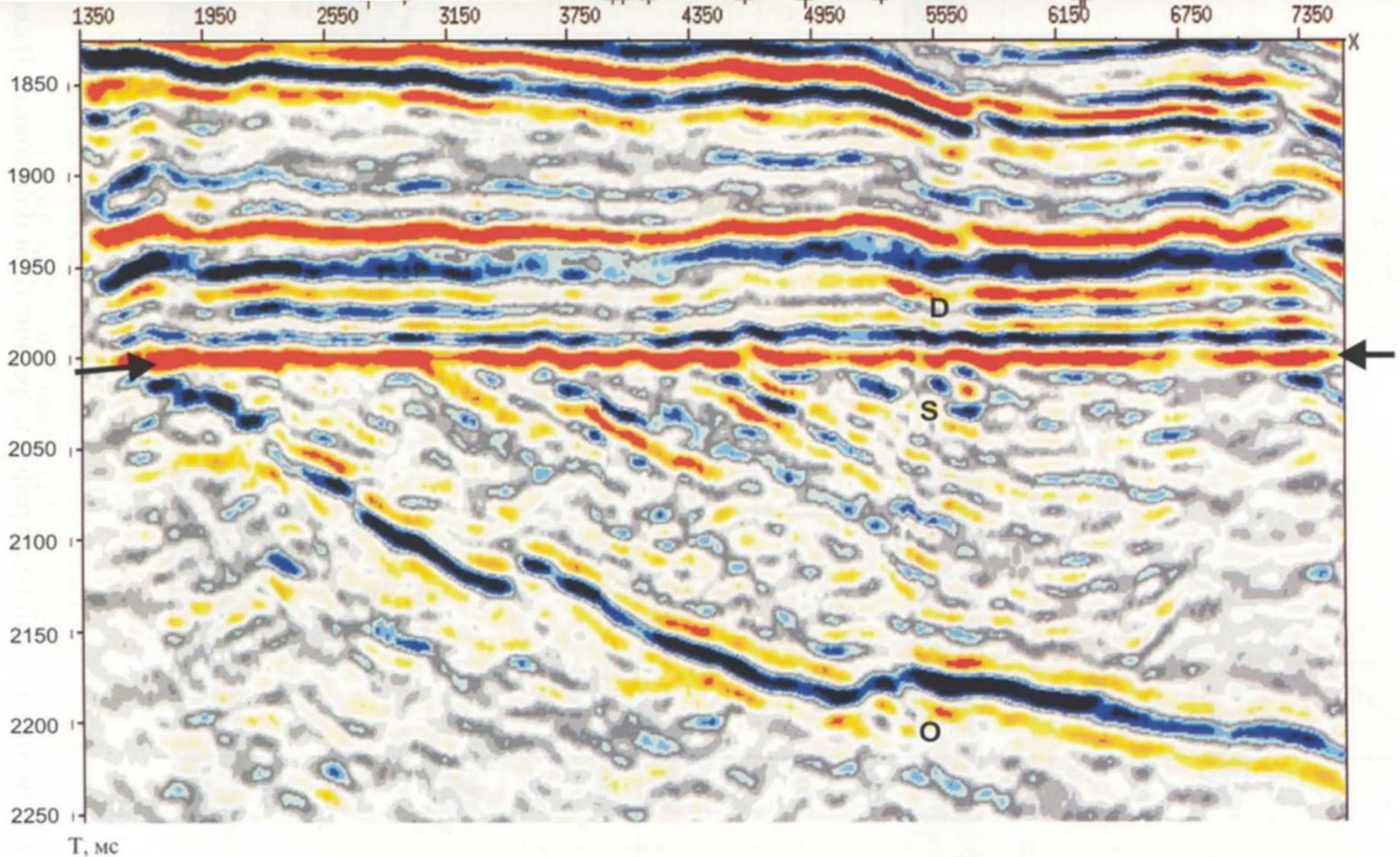
Обработка направлена на то, чтобы временной разрез выглядел подобно геологическому.

При этом нельзя забывать, что он остается по-прежнему только волновым полем со своими особенностями.

Часто, улучшая визуальный облик, разрез становится хуже с позиций точного прогноза свойств.

Временной разрез – вблизи побережья Австралии

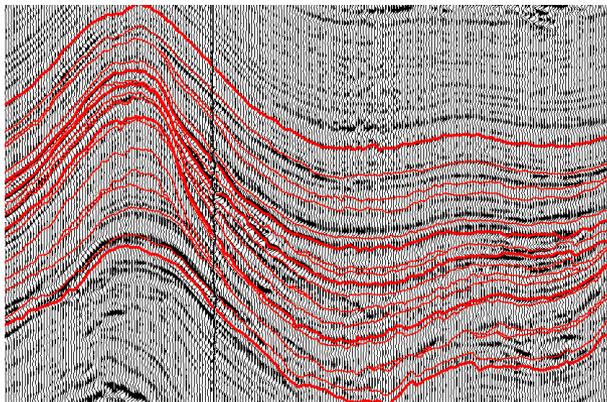
Временной разрез



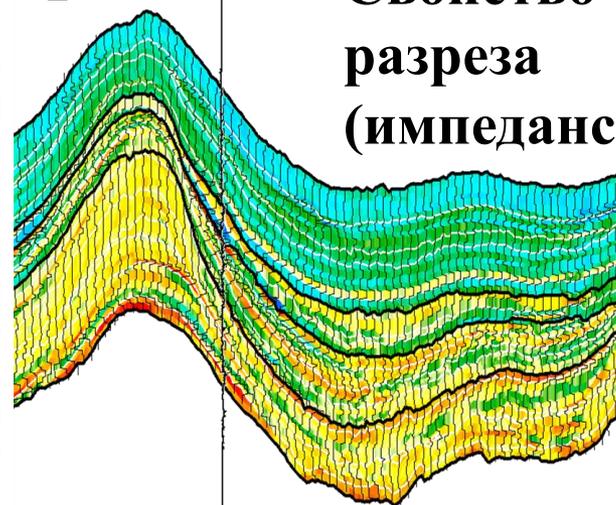
Буквами обозначен возраст отложений

Геофизика резервуара

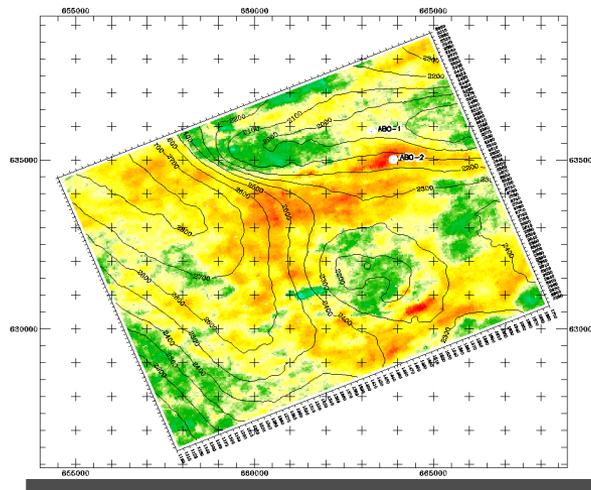
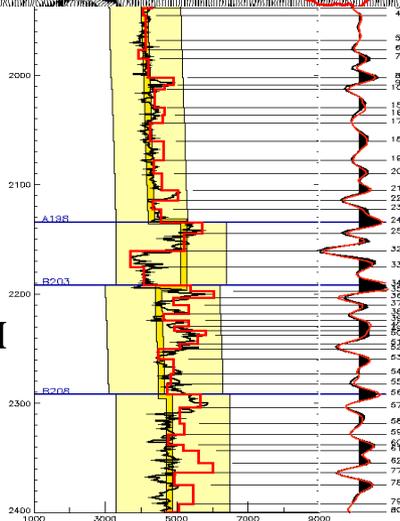
Временной
сейсмический
разрез



Свойство
разреза
(импеданс)

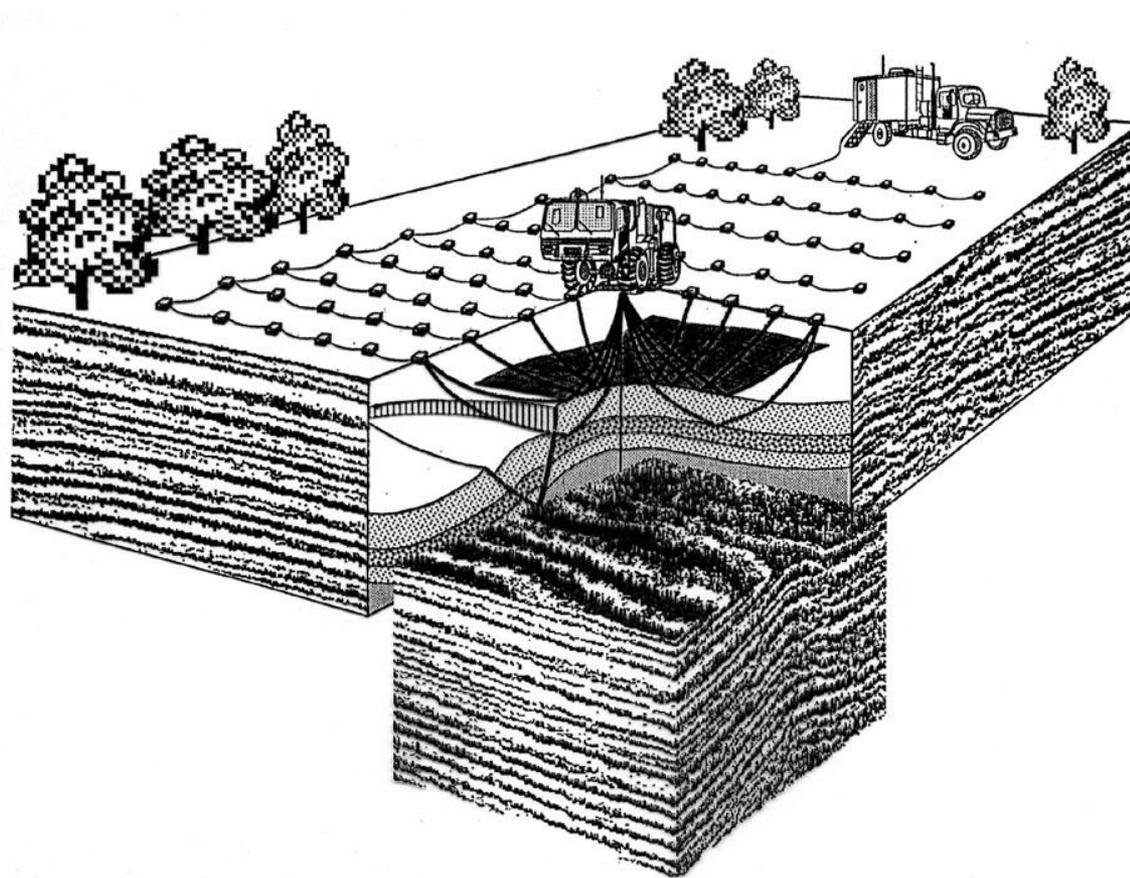


Увязка
скважинных
данных и
сейсморазведки

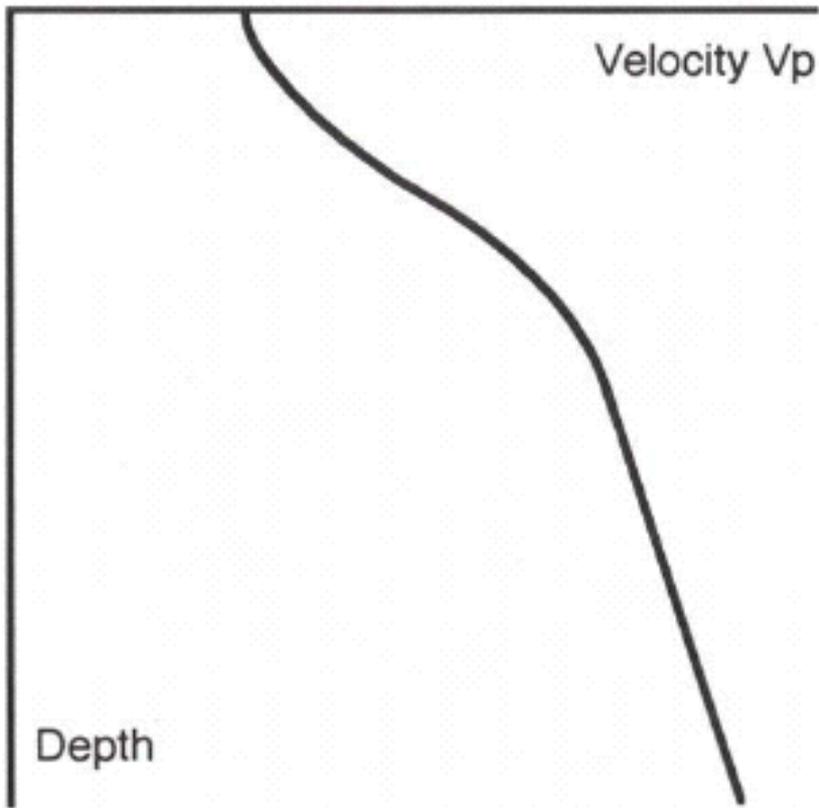


Карта
свойства (в
масштабе
сейсмической
съемки)

3D Наземная Съёмка (пространственная)



Изменение скорости V_p с глубиной



Качественный график изменения скорости горных пород с глубиной.

Для интерпретации необходимо знать типичные скорости для пород разной литологии на конкретной глубине

Данные ГИС и исследования керна, необходимые для интерпретации сейсморазведки

Акустический каротаж по скорости V_p и V_s

Акустический каротаж по затуханию

Плотностной каротаж

Скорости V_p

Скорости V_s

Плотности

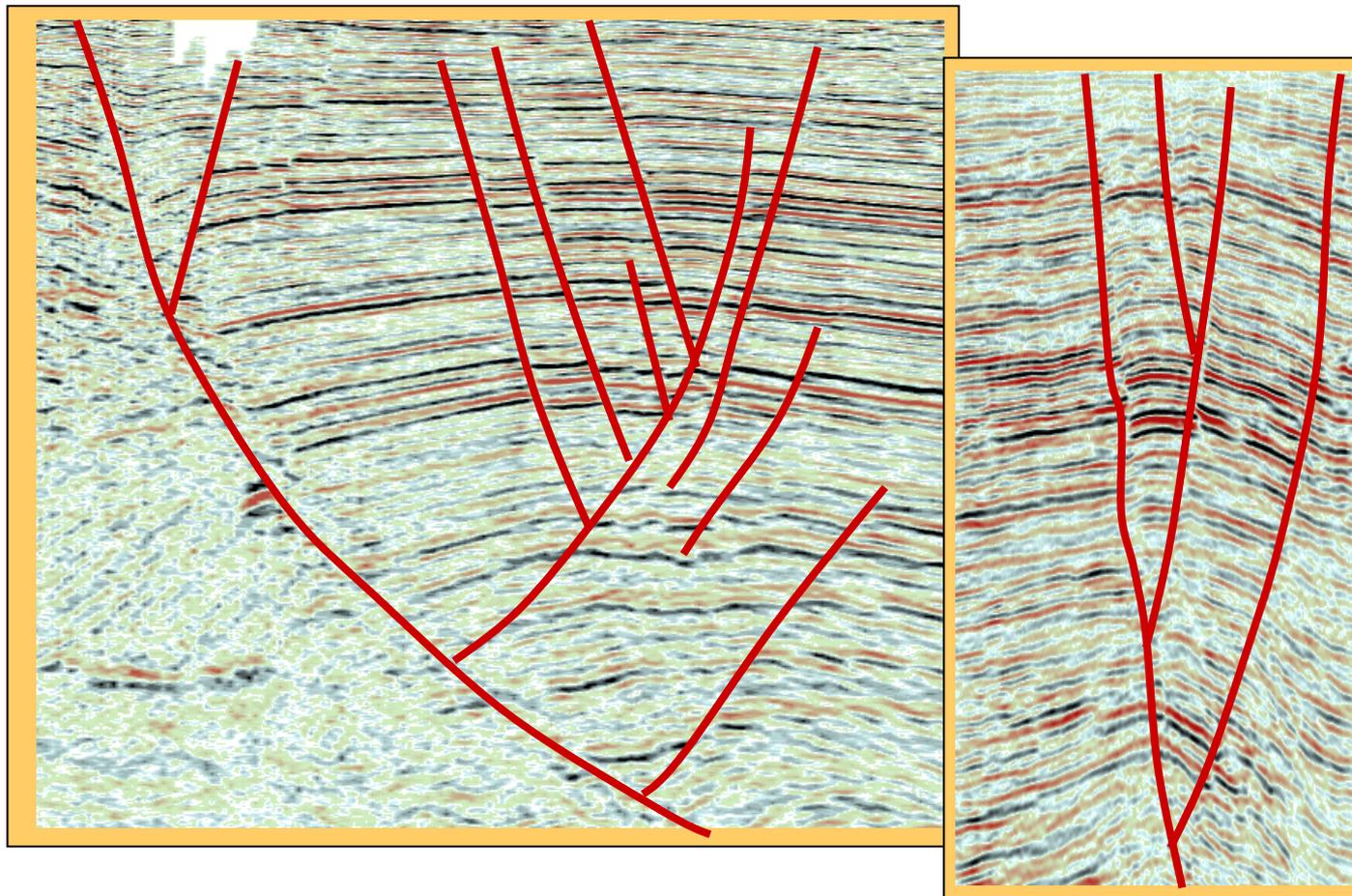
Модуль сдвига

Модуль Юнга

Модуль сжатия

...

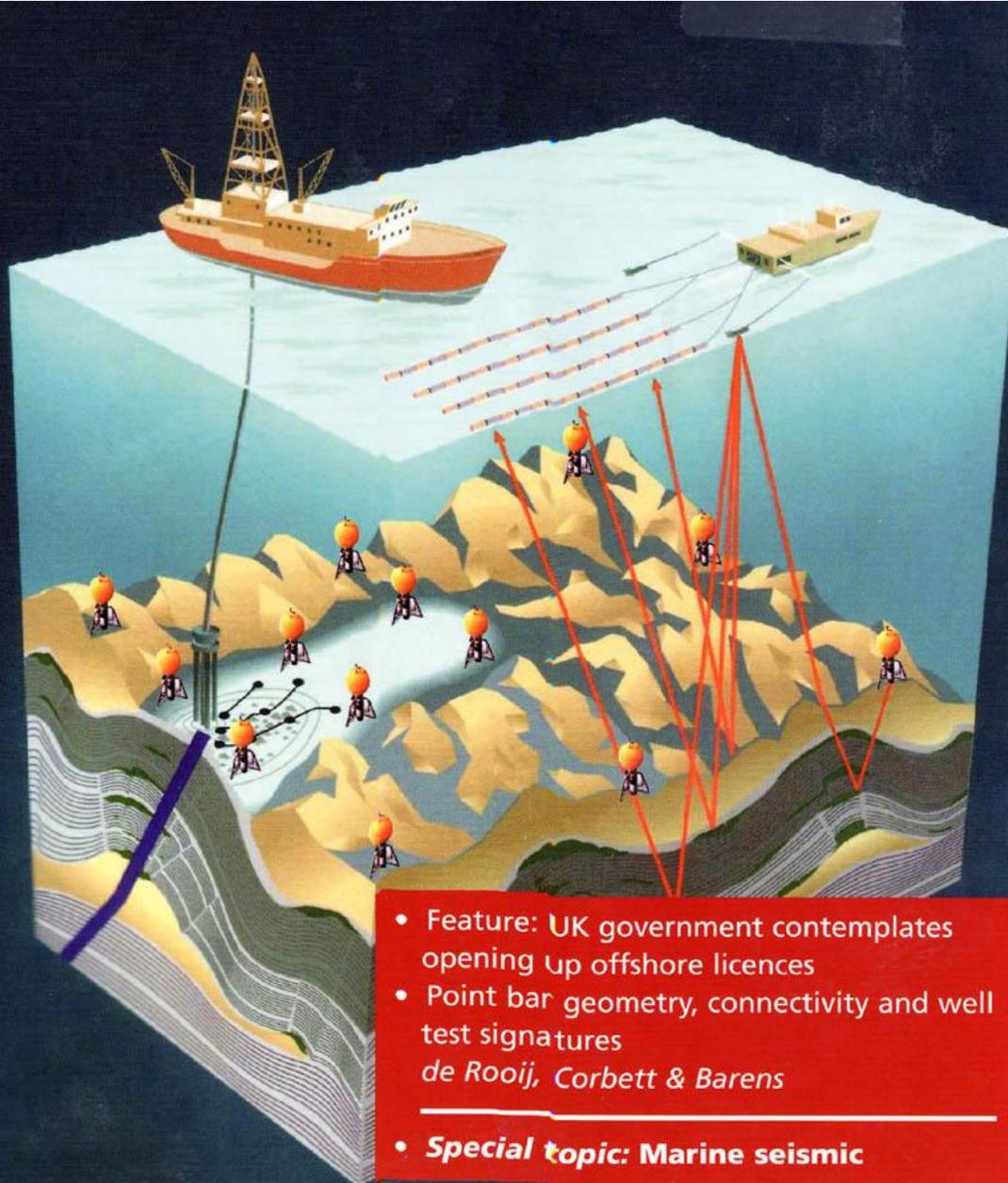
***Без опоры на эталонные
данные вся интерпретация
останется качественной***



Разломы образуют логически правильную систему. Выделение практически однозначное

Акватория Мексиканского залива. Разломы имеют большую амплитуду и хорошо прослеживаются.

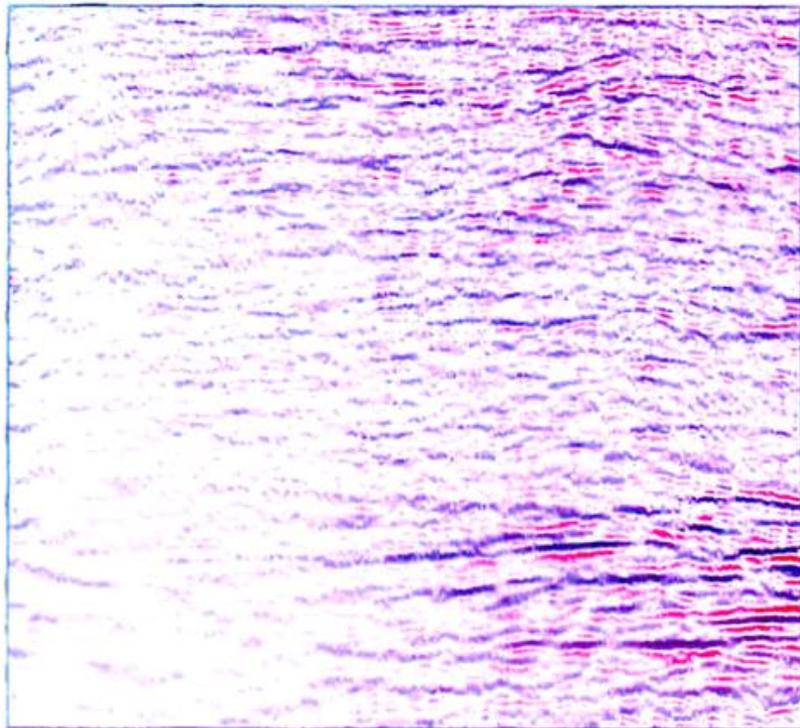
OBS - МОРСКОЙ ДОННЫЙ СЕЙСМОМЕТР



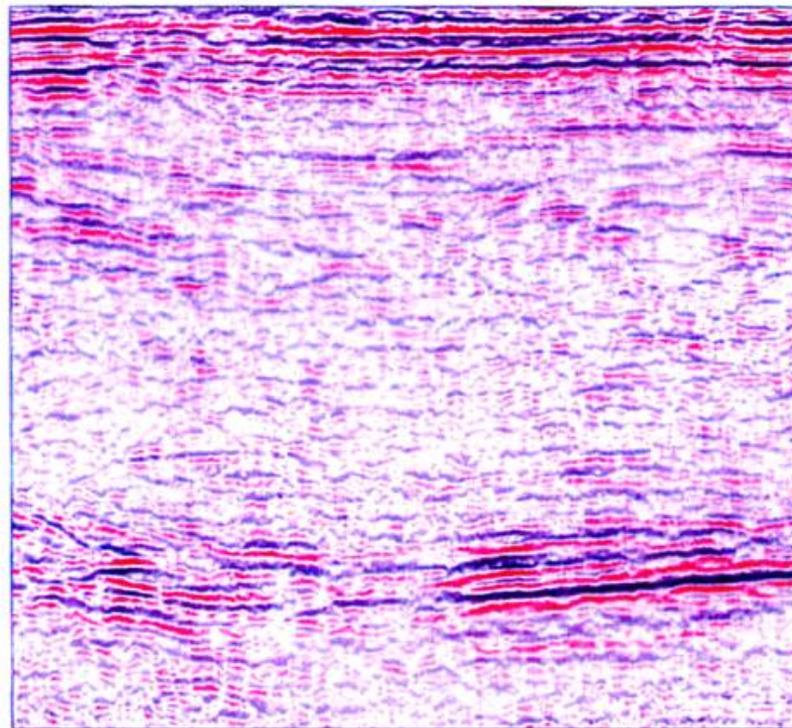
- Feature: UK government contemplates opening up offshore licences
- Point bar geometry, connectivity and well test signatures
de Rooij, Corbett & Barends
- **Special topic: Marine seismic**

РАЗРЕЗЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ МОРСКИМИ ПЛАВАЮЩИМ КАБЕЛЕМ ДЛЯ ПРИЕМА ВОЛН P-P И ДОННЫМ КАБЕЛЕМ ДЛЯ ПРИЕМА ВОЛН P-S

Conventional P-P Image



Seabed P-S Image



2D Наземная Съёмка (профильная)

