

Геологическая интерпретация сейсмических данных

Литература

1. Кирилов А.С., Закревский К.Е. Практикум по сейсмической интерпретации в PETREL. М.: Издательство май-принт, 2014. - 288 с.
2. Бондарев В.И., Крылатков С.М. Сейсморазведка: учебник для вузов: В 2 т. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. Т. 1. 402 с.; Т. 2. -408 с
3. Нежданов А.А. Геологическая интерпретация сейсморазведочных данных: курс лекций/А.А.Нежданов.-Тюмень:ТИУ,2017.-171с

Что такое модель резервуара?

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

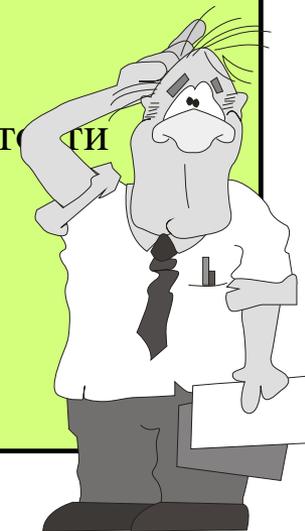
- Структурная
- Стратиграфическая
- Седиментологическая
- Петрофизическая

МОДЕЛЬ РЕЗЕРВУАРА

- Статическая
- Динамическая

**Что ждут от сейсморазведки –
и что она может дать реально
для построения модели?**

- Точных данных по гипсометрии (структурные карты)
- Данных по геометрии песчаных тел или экранирующих толщ (тел) – прослеживание в плане и толщины
- Данных о наличии разломов и их свойствах
- Данных о свойствах пластов и вмещающих пород
- Данных о литологии
- Данных о насыщенности
- Данных по анизотропии свойств горных пород и их трещиноватости



Сейсмические методы широко используются при решении задач региональной геологии, поисках и разведке различных полезных ископаемых. Сейсморазведка используется при поисках и разведке месторождений нефти и газа

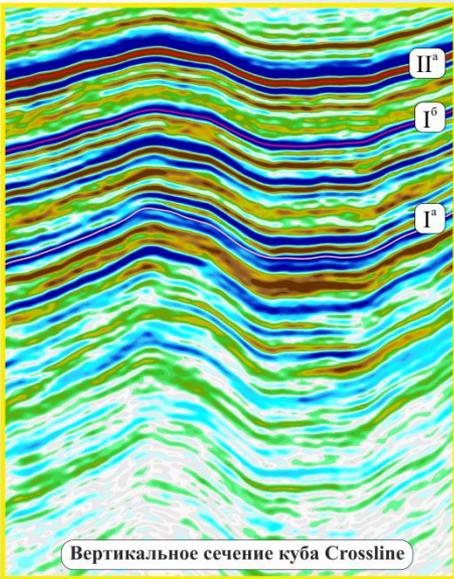
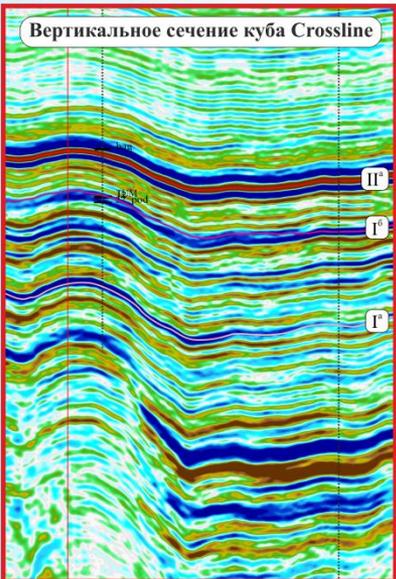
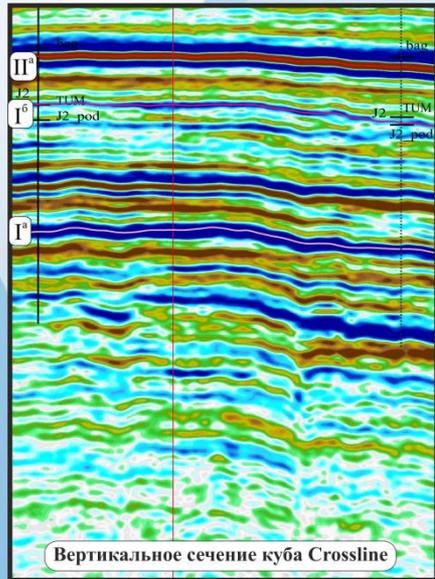
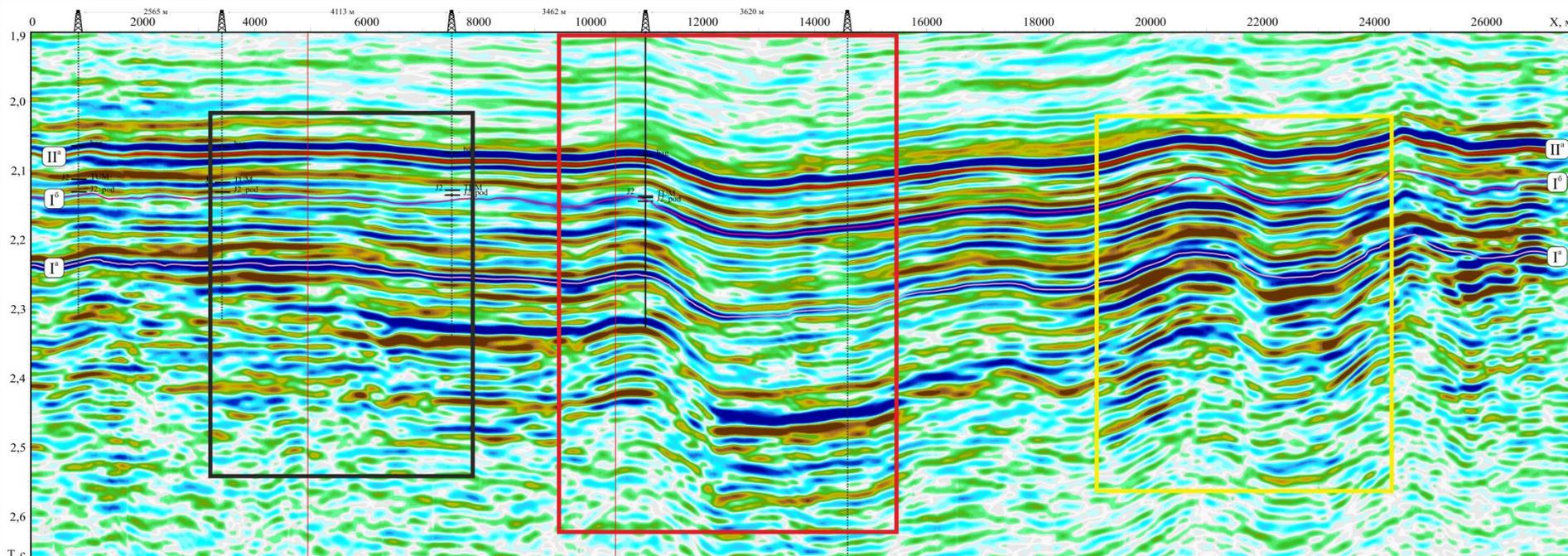
Она включает в себя комплекс методов, основанных на изучении особенностей распространения в ней **искусственно возбужденных упругих волн.**

Сейсморазведочные работы проводят по отдельным линиям – **сейсморазведочным профилям**. На профиле наблюдений с определенным интервалом друг от друга бурят взрывные скважины глубиной 8...30 м .

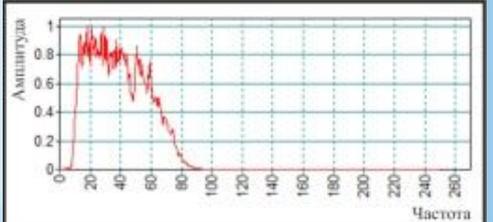
На **профиле** до момента производства взрыва раскладываются сейсмические косы (ранее это были жгуты проводов, сплетенные как косы, в настоящее время это специальные кабельные линии), к которым подключаются расставляемые равномерно по профилю с шагом 20... 100 м **сейсмоприемники** упругих колебаний. Электрические сигналы, генерируемые сейсмоприемником, в цифровой форме регистрируются специальной регистрирующей аппаратурой - **сейсморазведочной станцией**, получающиеся записи принято называть **сейсмограммами**

Эта первичная информация проходит довольно сложную обработку, в процессе которой из зарегистрированных сейсмических записей можно получить так называемые **временные сейсмические разрезы** - seismic section. Анализируя временные разрезы, геофизик может определить пространственное положение **сейсмических границ - границ**, на которых произошло отражение или преломление сейсмических волн. Эти границы, как правило, имеют определенную литолого-стратиграфическую привязку в разрезе.

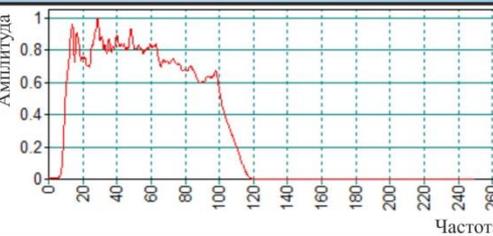
Временной разрез по 2D - данным



Нормированный амплитудный спектр временного разреза по 2D-данным

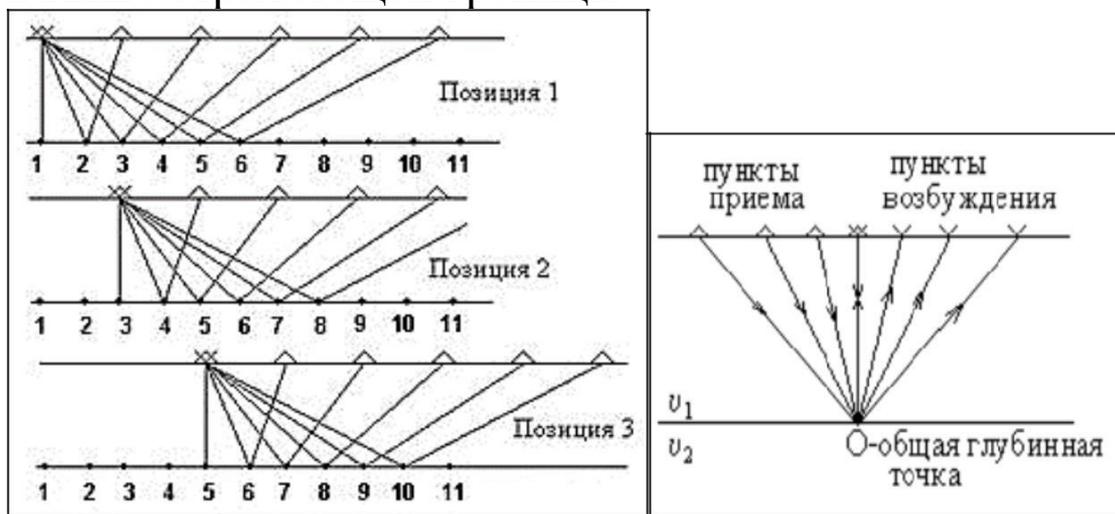


Нормированный амплитудный спектр 3D-данных



Горные породы, как правило, имеют различные скорости распространения упругих волн. Такое различие в скоростях распространения, в сочетании с дифференциацией горных пород по другим физическим свойствам (плотности, пористости и т. п.), создает благоприятные предпосылки для возникновения на границах разных геологических образований процессов отражения и преломления упругих волн. В сейсморазведке существует два основных метода - **метод отраженных волн (МОВ)** и **метод преломленных волн (МПВ)**

Метод отраженных волн основан на изучении особенностей распространения упругих волн, отразившихся от границы раздела двух геологических слоев, различающихся по своим физическим свойствам. Измеряя времена пробега упругой волны от источника до нескольких точек наблюдения на поверхности земли, в процессе последующей обработки этих данных можно получить представление как о пространственном положении отражающей границы (глубине ее залегания, угле наклона и т. п.), так и о некоторых свойствах среды, лежащей выше отражающей границы



Метод преломленных волн основан на регистрации преломленных упругих волн вдали от источника, скользящих вдоль кровли геологических образований. При этом большую часть своего пути упругие волны проходят приблизительно горизонтально по кровле слоев, в которых скорость их распространения выше, нежели в соседних вышележащих слоях. Изучая времена пробега преломленных волн вдоль кровли отдельных слоев, можно в процессе обработки получить данные о глубинах залегания этих слоев, их форме

Годограф ([англ. *Hodograph*](#), от греческих слов «ὁδός» — «путь» и «γράφω» — «пишу») — кривая, соединяющая концы [вектора переменной величины](#) (скорости, ускорения, силы и т.д), отложенного в разные моменты времени от одной точки^{[1][2]}. Годографы применяются в математике, механике, физике, астрономии^[3], [сейсмологии](#) и [сейсморазведке](#)^[4]. Впервые понятие годографа величины было введено в 1846 году ирландским математиком, механиком, физиком-теоретиком, сэром [Уильямом Роуэном Гамильтоном](#)^[5]. Изначально строились годографы скорости, затем это понятие было распространено и на другие векторные величины^[6]. Самим Гамильтоном было доказано, что годограф скорости тела, находящегося под влиянием одной только силы тяготения, является окружностью.

сейсмические годографы - аналитические зависимости времен прихода сейсмических волн данного конкретного типа к любой точке линии профиля

линейные — расстановка имеет форму прямой линии, расположенной на сейсморазведочной профиле;

горизонтальные — расстановка находится на поверхности Земли;

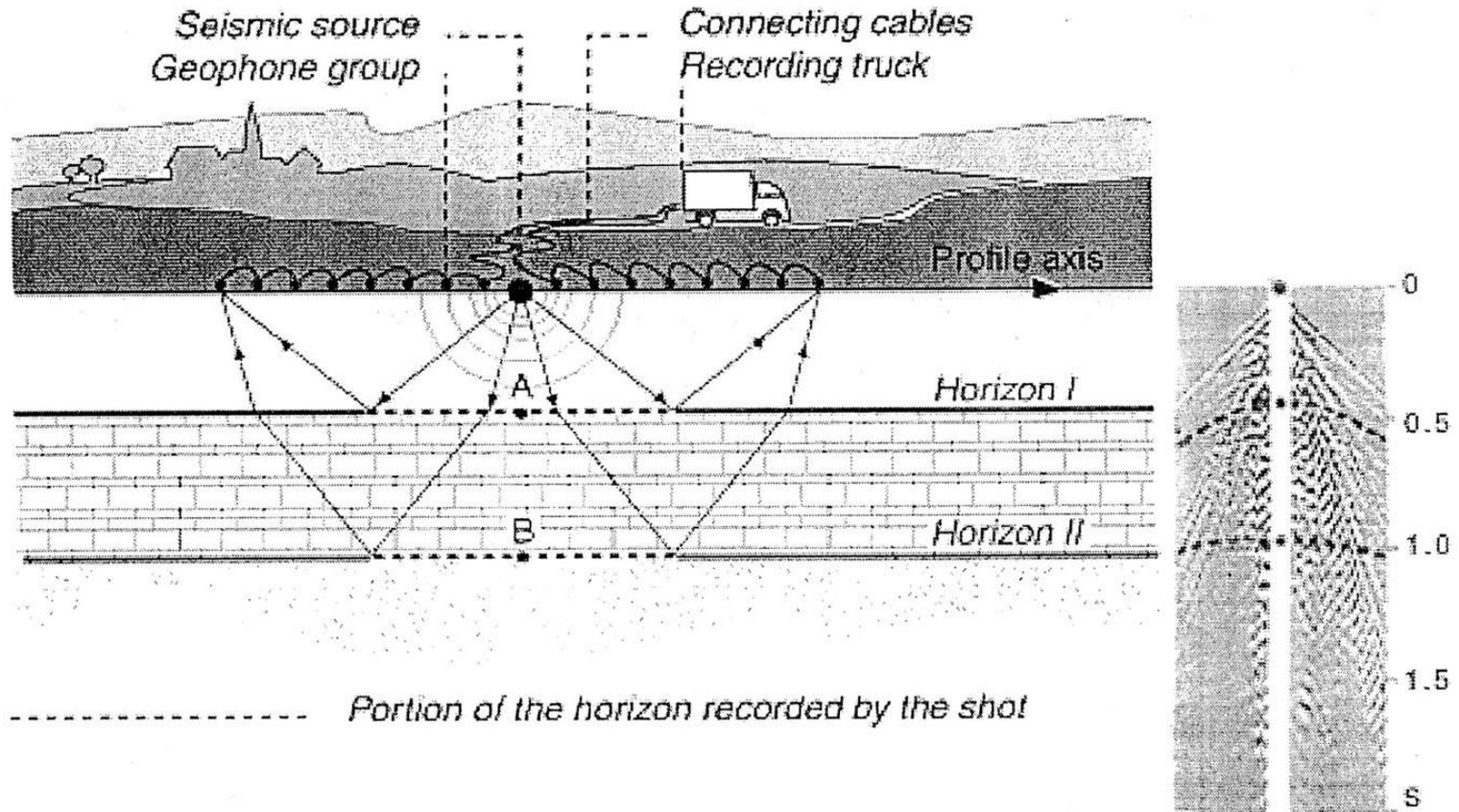
вертикальные — расстановка находится в стволе вертикальной скважины;

продольные — источник находится на расстановке или на её линейной продолжении;

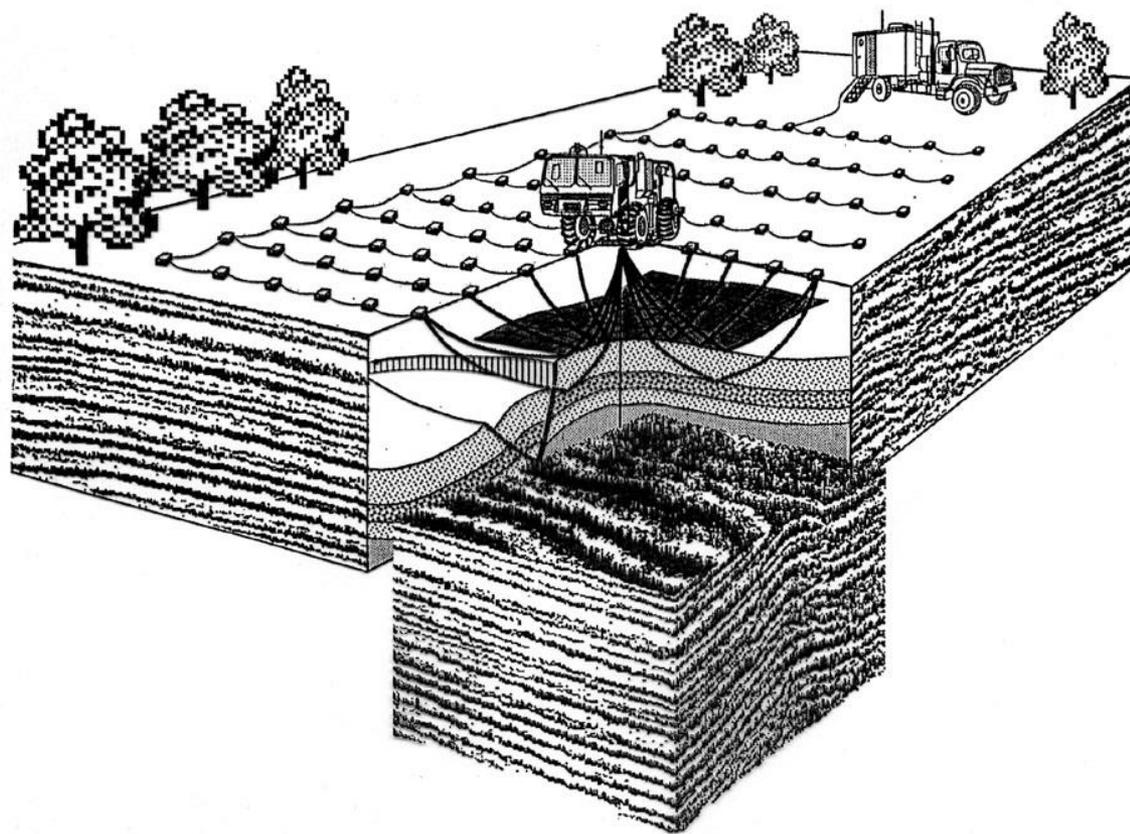
непродольные — источник находится за пределами расстановки вне её линейного продолжения;

поверхностные — расстановка имеет форму регулярной сети.

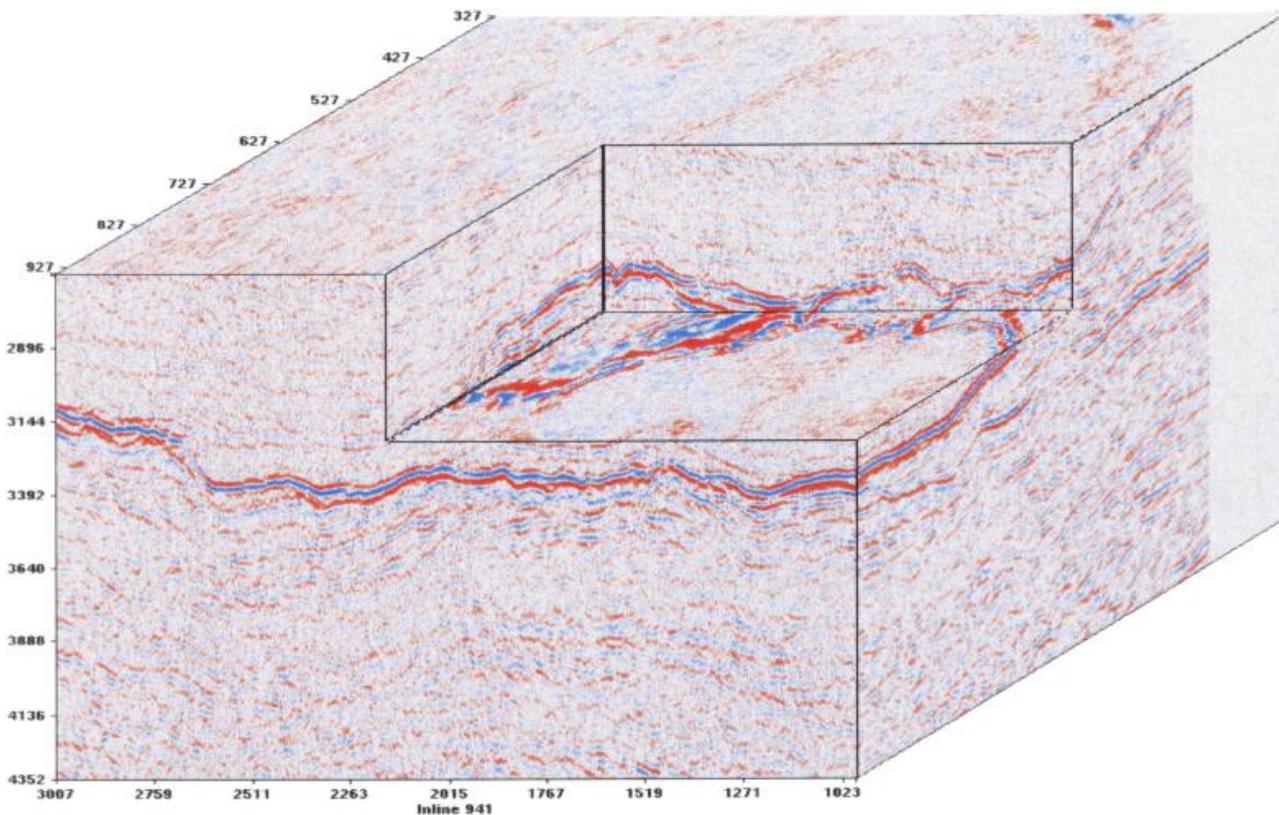
2D Наземная Съёмка (профильная)



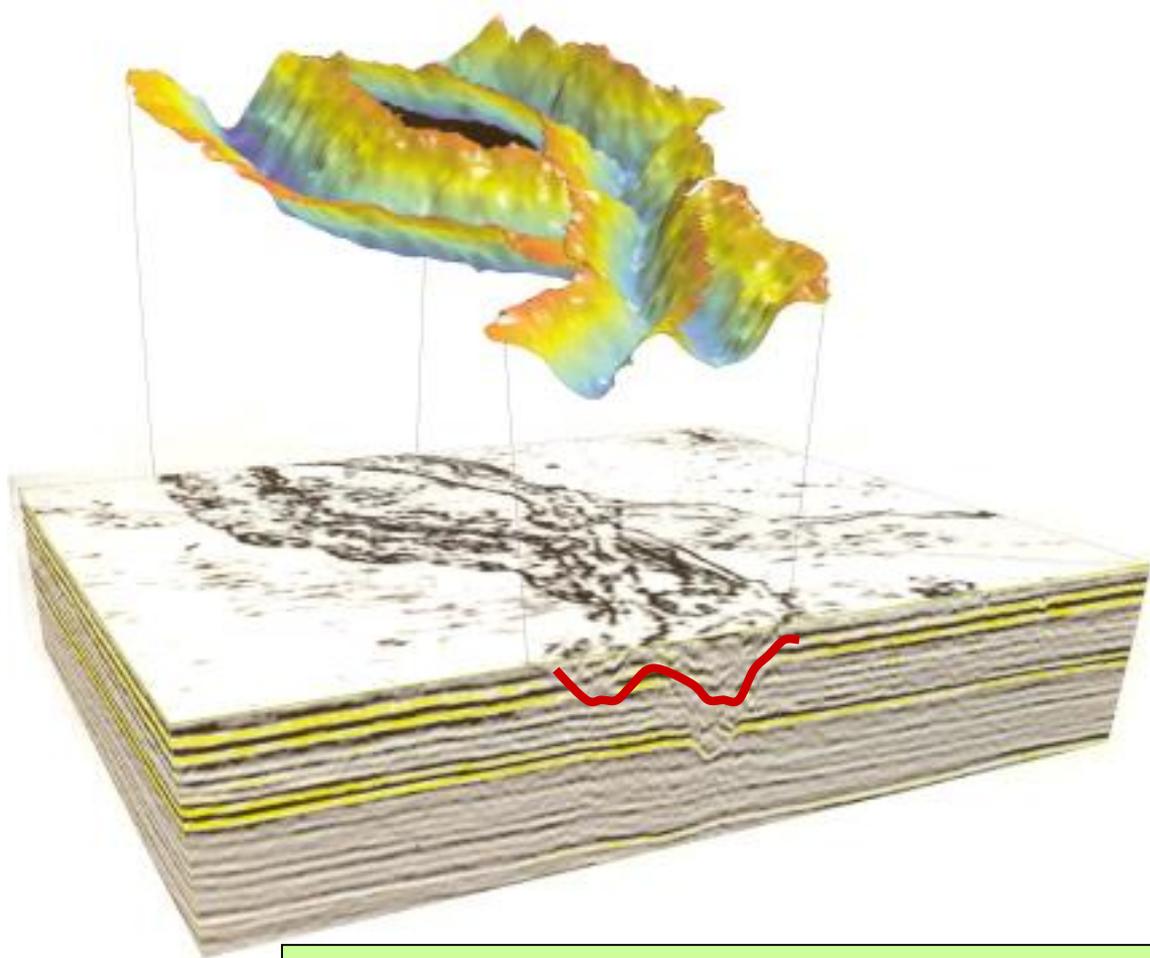
3D Наземная Съёмка (пространственная)



Сейсмическая модель по 3-D

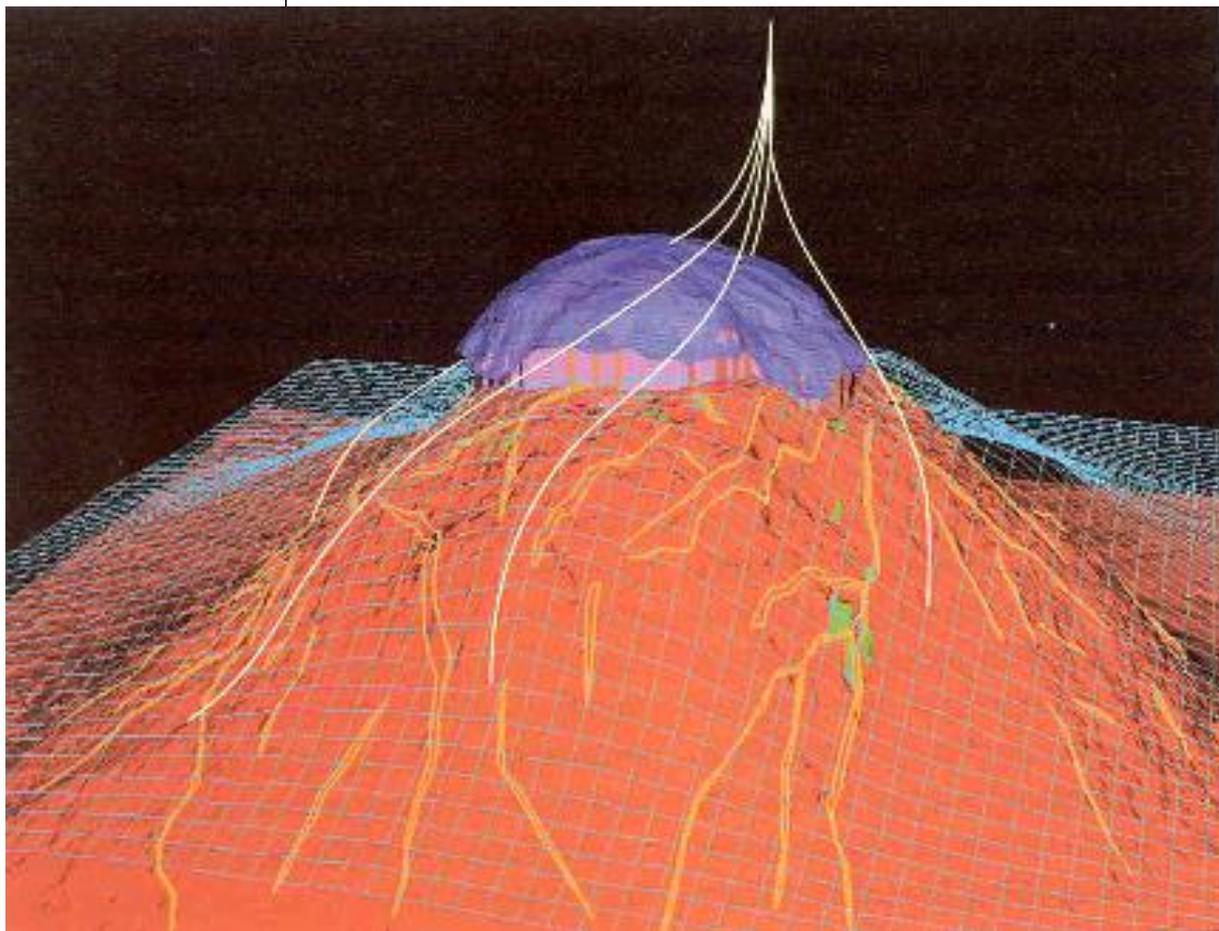


При пространственной сейсморазведке имеется огромный объем пространственно равномерной информации и можно сконцентрировать наши исследования на любом объекте в пространстве. Данные можно изображать очень наглядно



Геометрию отдельных тел (структурные построения) можно выполнить с очень высокой детальностью, недостижимой другими методами (бурение или сейсморазведка 2D). Не путать с точностью (она зависит от знания скоростей) и корректности корреляции, т.е. от опыта и добросовестности интерпретатора.

Картирование речного вреза по данным сейсморазведки 3D



Проектирование бурения в условиях соляно-купольной тектоники.

Без детальности, полученной за счет 3D, положения основных разломов картировать ловушки УВ и проектировать бурение просто невозможно. Для Западной Сибири ограничение – это изменчивость строения пластов по латерали.

Используемые средства

- 1. 3-мерная сейсморазведка (3D) (пространственная)**
- 2. Высокоразрешающая сейсморазведка (HR)**
- 3. Анализ сейсмических параметров**
- 4. Сейсмофациальный анализ**
- 5. Ориентированная обработка сейсмических данных**
- 6. Скважинная сейсморазведка**
- 7. Сейсмическая инверсия**
- 8. Зависимость амплитуды от удаления (AVO)**
- 9. Сейсмическое моделирование**

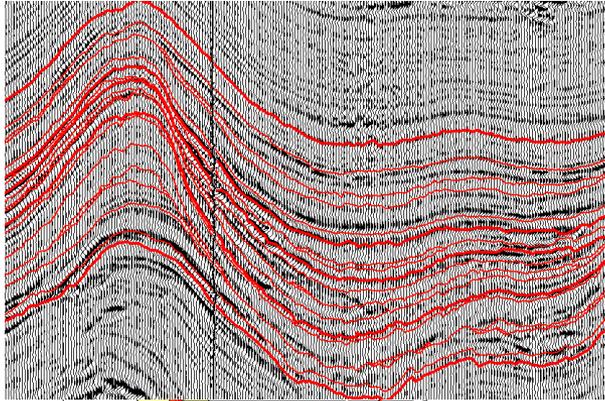
...

ОСОБЕННОСТИ ГЕОФИЗИКИ РЕЗЕРВУАРА

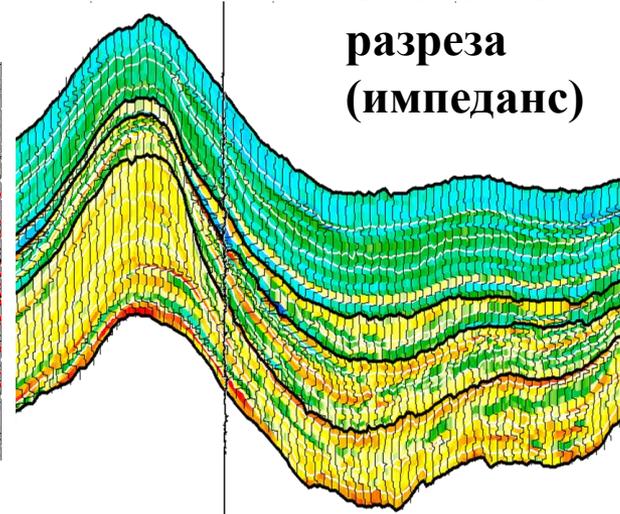
- 1. Надежное прослеживание в пространстве 3D**
- 2. Высокая разрешающая способность**
- 3. Интеграция со скважинными данными**
- 4. Интеграция в масштабе всего месторождения**
- 5. Совместное использование данных Геологии – Геофизики – Промысловых**
- 6. Оценка неопределенностей**

Геофизика резервуара

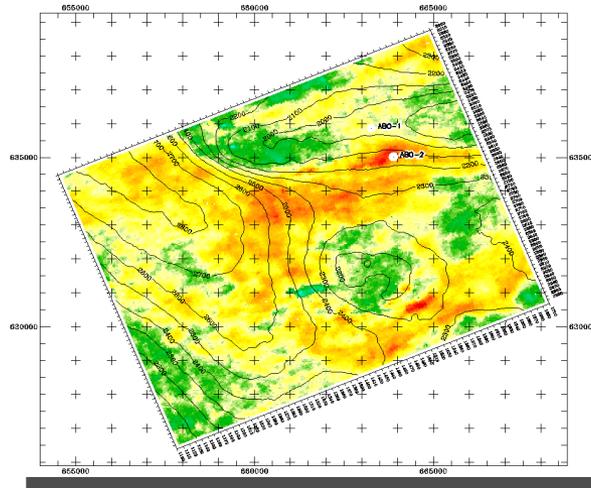
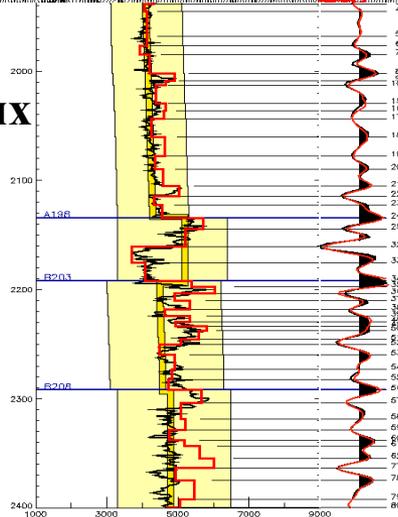
Временной сейсмический разрез



Свойство разреза (импеданс)



Увязка скважинных данных и сейсморазведки

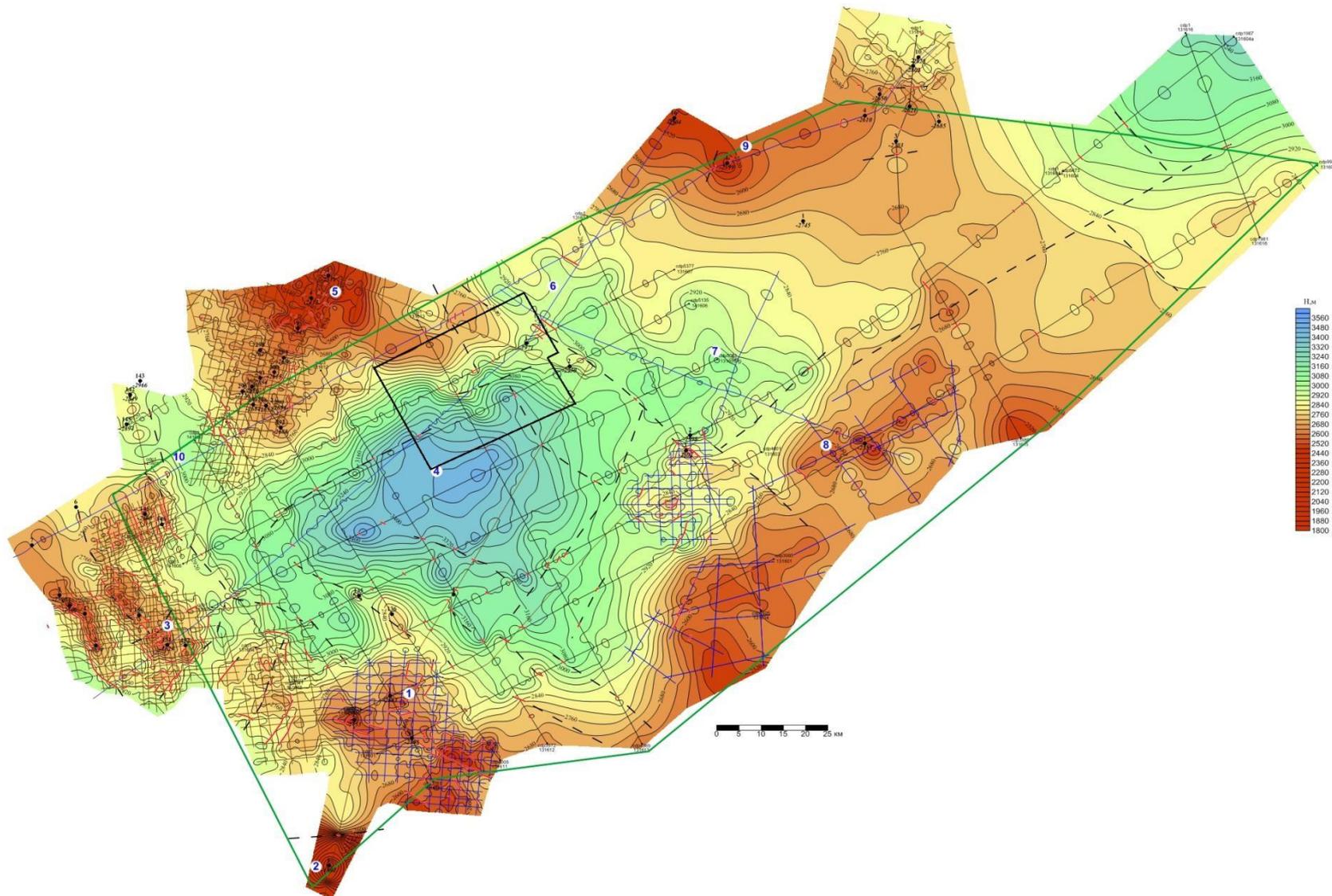


Карта свойства (в масштабе сейсмической съемки)

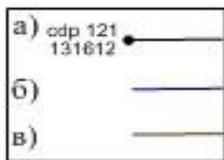
Сейсморазведка приносит много важной информации для построения модели месторождений и контроля за его разработкой:

- Детальные структурные построения
- Положение разломов
- Трассирует разнофациальные тела
- Карты свойств пластов-коллекторов и покрышек
- Положения ГВК (ВНК) на разрезах и в плане
- Внутреннюю структуру пластов-коллекторов
- Литологический состав, тип насыщающего флюида, наличие и направление трещиноватости.

Структурная карта по отражающему горизонту (кровля доюрских образований)



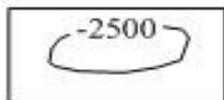
Профили 2Д:



а) с/п 16/2013-2014 гг. (в числителе – номер сдр, в знаменателе – номер профиля).

Профили прошлых лет:

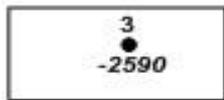
б) переобработанные; в) непереобработанные



Изогипсы по отражающему горизонту , м

Скважины: в числителе – номер скважины,

в знаменателе – абсолютная отметка кровли доюрских образований, м



Тектонические нарушения, выделенные по результатам отчетных сейсморазведочных работ

Предполагаемые тектонические нарушения



Площадь участка работ

Площадь проектируемых работ



Структуры 3 порядка:

1.- Таволгинское кп

2.- Южно-Калгачский вал 3 – Олимпийское кп

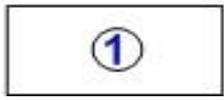
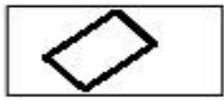
4 – Южно-Парбигский прогиб 5 – Чинжарское кп

•– Северо-Парбгский прогиб

•– Восточно-Нюрсинский прогиб 8 – Тигинское кп

•– Инкинское кп

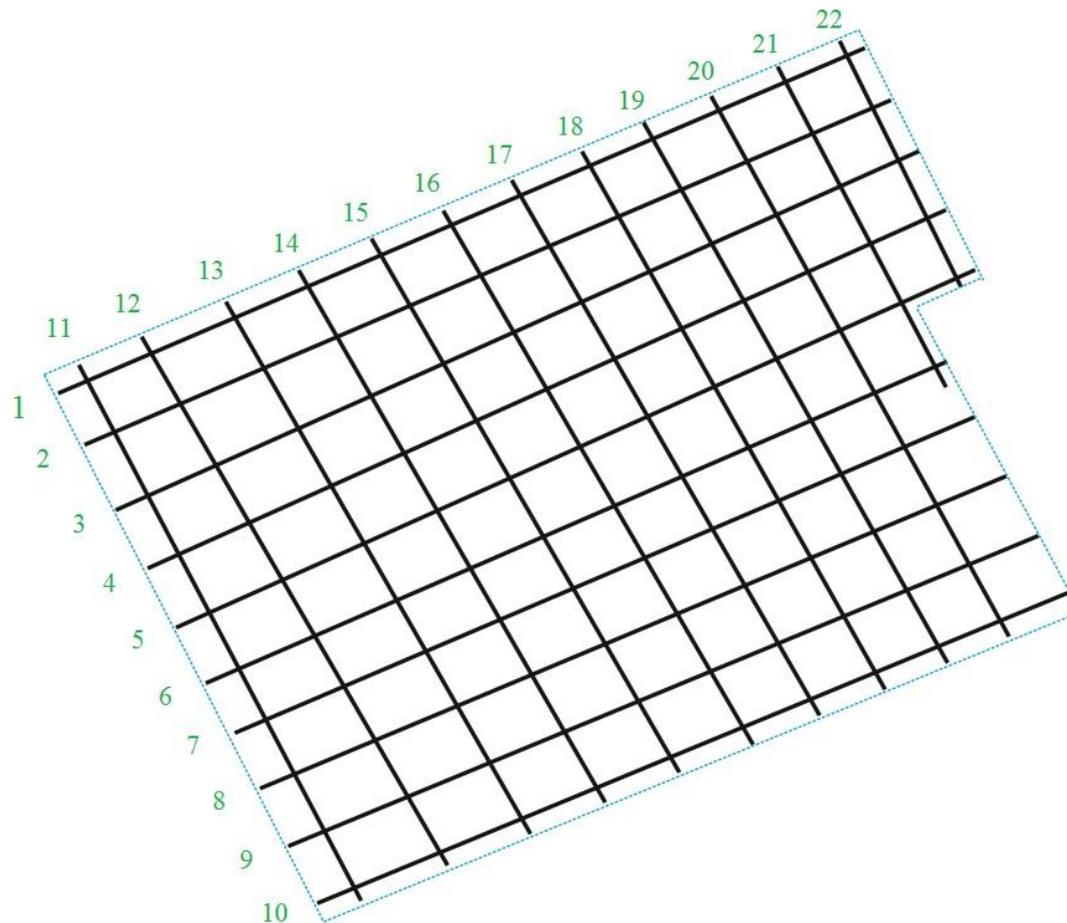
•– Южно-Пудинский прогиб



На временных разрезах выделяются следующие отражающие горизонты:

- IVб – кровля покурской свиты;
- III - подошва покурской свиты;
- IIб – кровля тарской свиты;
- Б – кровля баженовской свиты;
- Ю1с – кровля васюганской-наунакской свиты;
- Iб – кровля тюменской свиты;
- Iа – кровля нижнетюменской подсвиты;
- Iт – кровля тогурской свиты;
- Ф2 кровля доюрского комплекса

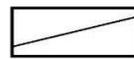
Проектная схема профилей МОГТ-2Д



Условные обозначения



граница участка



проектные профили МОГТ-2Д



номер профиля

№ п.п	Наименование показателей	Содержание
1	2	3
1	Сейсморазведочные работы	
	Применяемая модификация	МОГТ 2D
	Система наблюдений	2Д, центральная, симметричная
	Кратность наблюдений	30
	Количество активных каналов	121
	Минимальное расстояние ПВ-ПП,м	0
	Максимальное расстояние ПВ-ПП,м	3000
	Длина годографа	6000
	Расстояние между ПВ	100
	Расстояние между ПП	50

Комплексная интерпретация сейсморазведочных данных 2Д и ГИС включает:

Сбор информации и формирование локальной базы геолого-геофизических данных по участку работ.

1. Данные ГИС, дела скважин в цифровом формате;
2. Результаты анализов керна, данные ПГИ, испытаний, добычи, ВСП и пр.;
3. Априорная геолого-геофизическая информация – корреляция горизонтов, от-четы по полевым работам, обработке и интерпретации сейсмических данных МОГТ- 2Д, отчеты по проведению наземных несейсмических методов.

2. Дополнительная обработка и интерпретация материалов геофизических исследований скважин при необходимости.

3. Сейсмическая интерпретация

Структурная:

- увязка сейсмических материалов;
- стратиграфическая привязка отраженных волн к целевым геологическим границам с использованием геосейсмического моделирования по данным АК и ГГК-П;
- трассирование тектонических нарушений и создание разломно-тектонической модели недр;
- изучение и прогнозирование скоростных характеристик разреза.

1. Стратиграфическая:

- выделение сеймостратиграфических комплексов, соответствующих конкретным условиям осадконакопления в сопоставлении со скважинными данными;
- детальная корреляция волн внутри сеймокомплексов, картирование границ их прослеживания. Выделение поверхностей несогласий;
- изучение материалов ГИС, выделение электрокаротажных фаций;
- построение схем сеймофаций для целевых интервалов разреза на основе классификации формы сейсмических трасс;
- расчет схем толщин отдельных сеймофациальных единиц, прогноз границ развития различных фациальных зон;
- реконструкция условий осадконакопления;
- прогноз зон развития коллекторов, границ замещения пластов-коллекторов, выделяются перспективные ловушки углеводородов неструктурного типа.

2. Динамическая:

- расчет сейсмических атрибутов в целевых интервалах временного разреза, построение и анализ схем распределения сейсмических атрибутов по площади;
- совместный анализ сейсмических и скважинных данных на основе статистических методов с целью выявления зависимостей сейсмических атрибутов от петро- физических и геолого-промысловых характеристик целевых объектов (Ноб, Нэф).

Инверсия:

1. Привязка волнового поля к опорным вертикальным скважинам с расчетом син- тетических сейсмограмм;
2. Расчет сейсмического импульса, анализ необходимой для инверсии длины сейсмического импульса, сравнение с амплитудно-частотным спектром сейсмических данных;
3. Тестирование параметров акустической инверсии: параметра сходимости син- тетических и реальных сейсмических данных;
4. Выполнение акустической инверсии и оценка ее качества;
5. Уточнение корреляции отражающих горизонтов по результатам акустической инверсии;

Комплексная геологическая интерпретация сейморазведки и ГИС:

1. Детальная площадная корреляция стратиграфических границ;
2. Изучение истории развития геологического строения площади на основе палеотектонического и палеогеоморфологического анализов;
3. Прогноз зон наиболее вероятного развития коллекторов на основе изучения условий осадконакопления, районирования динамических полей и геостатистики;
4. Выделение прогнозных ловушек углеводородов;
5. Оценка качества восстановления упругих свойств по результатам инверсии, проверка выявленных зависимостей между упругими и коллекторскими свойствами по результатам инверсии;
6. Построение разрезов когерентности;
7. Калибровка и увязка полученных карт прогнозных параметров на имеющиеся в распоряжении результаты интерпретации ГИС по всем скважинам.

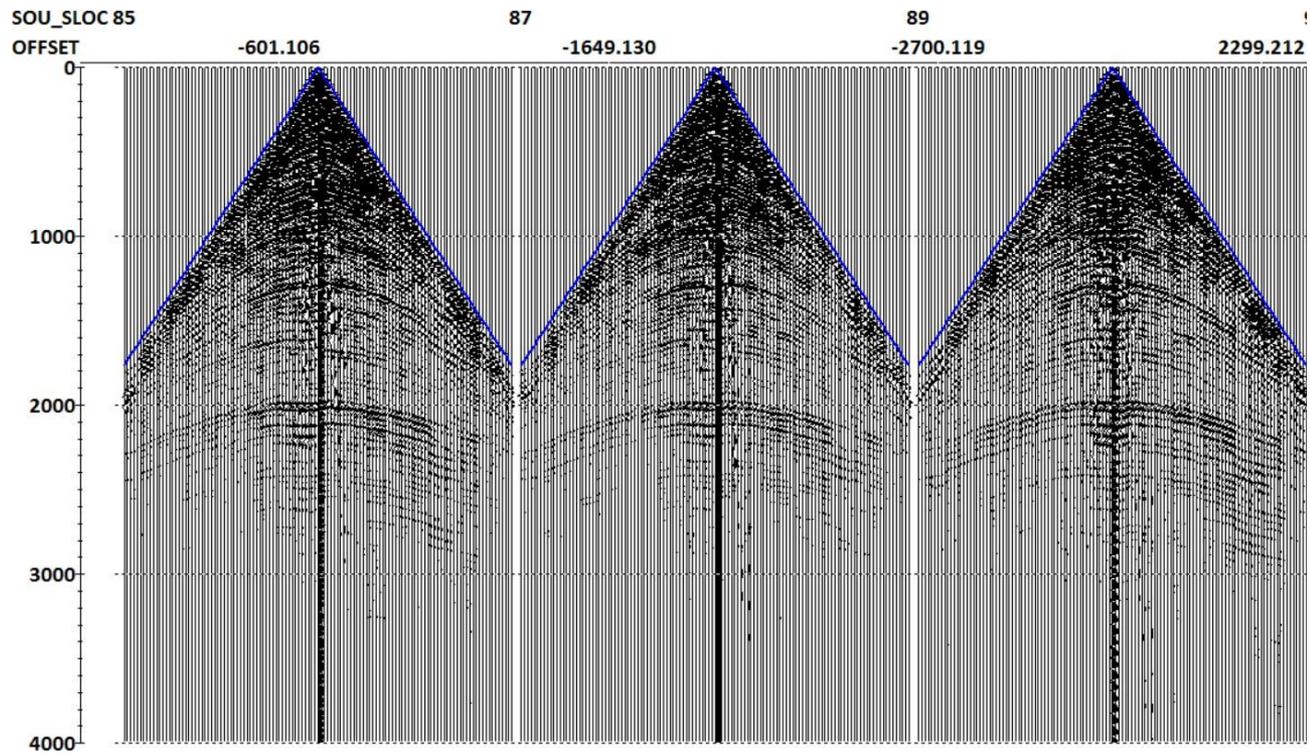
. Сдача отчёта и подготовка базы данных проекта:

1. Оценка перспектив нефтегазоносности (ресурсов);
2. Составление рекомендаций по ГРП;
3. Составление отчета о результатах работ, защита отчёта;

Сдача отчёта в территориальные фонды и Росгеолфонд

Обработка сейсморазведочных данных МОГТ-2Д. Для описания возможности программы был составлен базовый граф обработки. Такой граф включает в себя:

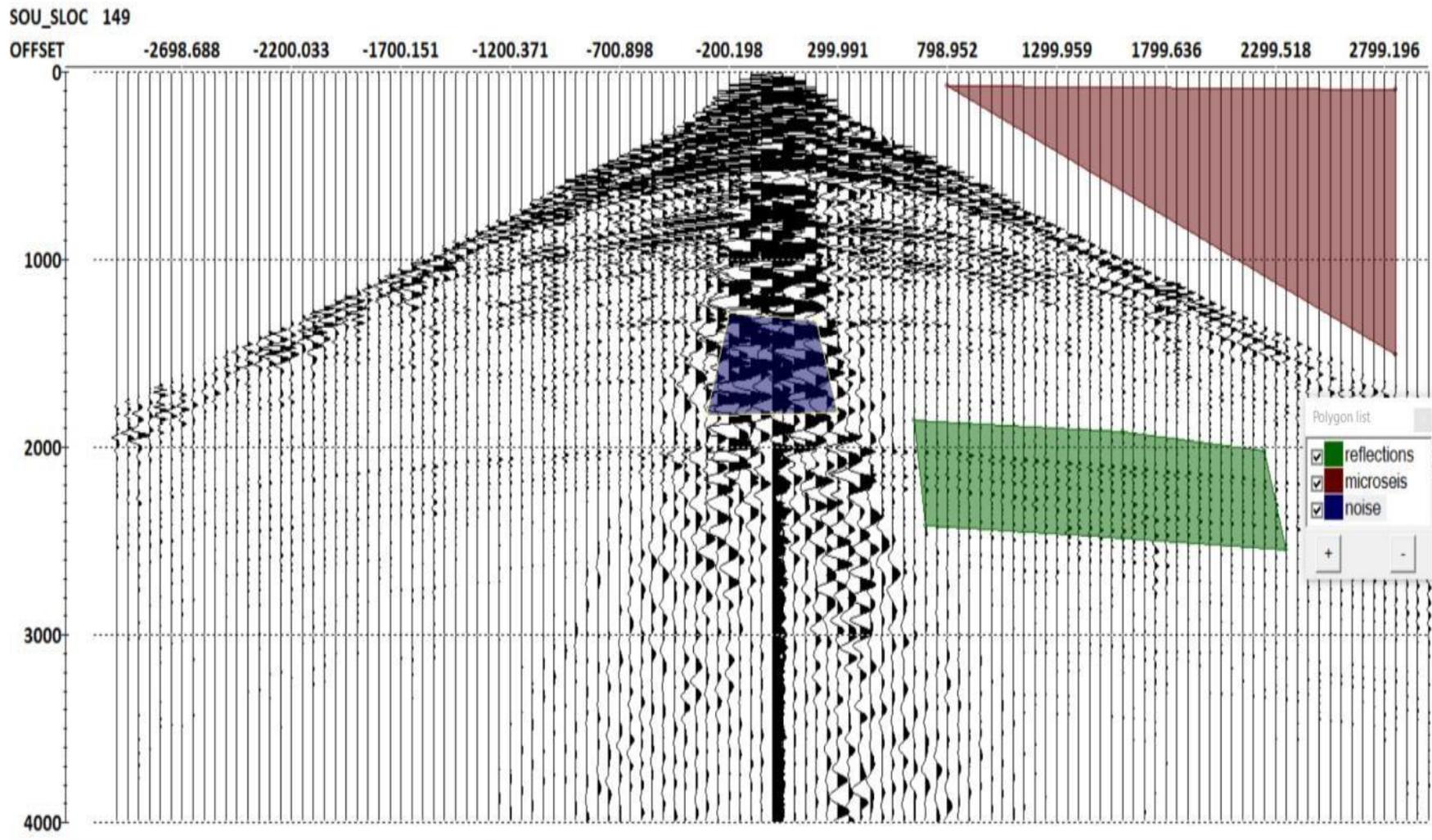
- Ввод полевых данных (SEG-D) и перевод в формат обрабатываемого комплекса;
- Ввод геометрии в заголовки трасс;
- Контроль качества присвоения геометрии наблюдений;
- Контроль качества сейсмического материала,
- Расчет априорных статических поправок;
- Учет геометрического расхождения;
- Шумоподавление;
- Выбор кинематического закона в интерактивном режиме;
- Предсказывающая деконволюция;
- Широкополосный фильтр.
- Получение временного суммарного разреза.



Наложение теоретического годографа на реальные сейсмограммы

С помощью модуля «Trace Header Math» вводили простое математическое выражение, которое быстро отличает бракованные сейсмограммы. Если значения атрибутов не соответствуют указанным граничным условиям, то к заголовку качества присвоится значение 0 (т.е. брак), а в противном случае – 1. Результаты расчета атрибутов выводились в табличном редакторе *Geometry Spreadsheet*.

Анализ значений атрибутивных параметров показал, что все сейсмограммы, в целом, характеризуются хорошим качеством



КОРРЕЛЯЦИЯ ОТРАЖАЮЩИХ ГОРИЗОНТОВ

6000

8000

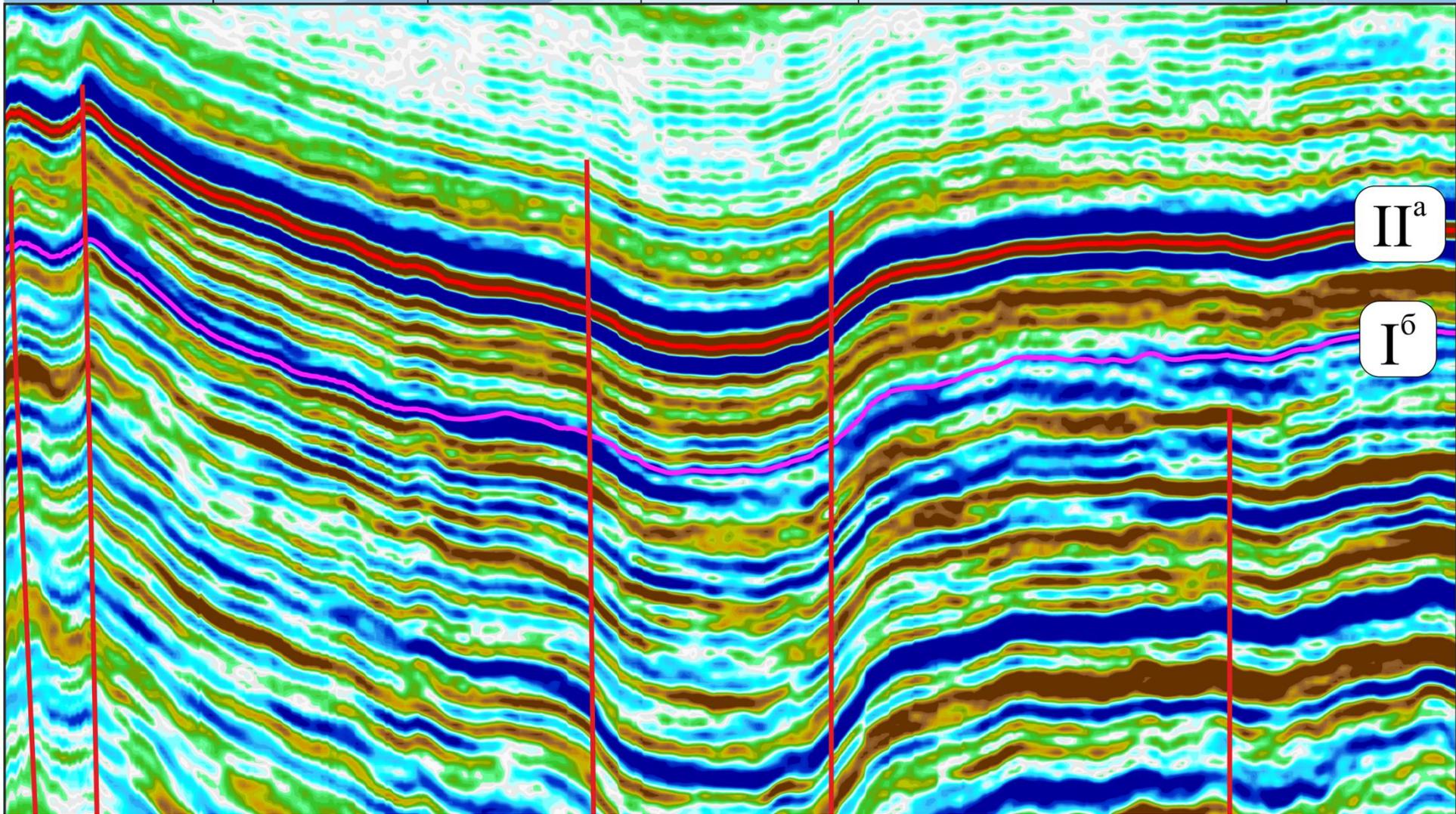
10000

12000

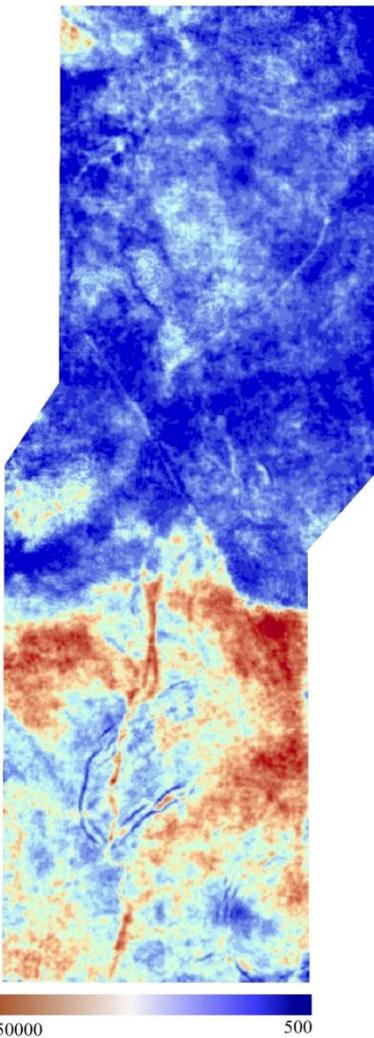
14000

16000

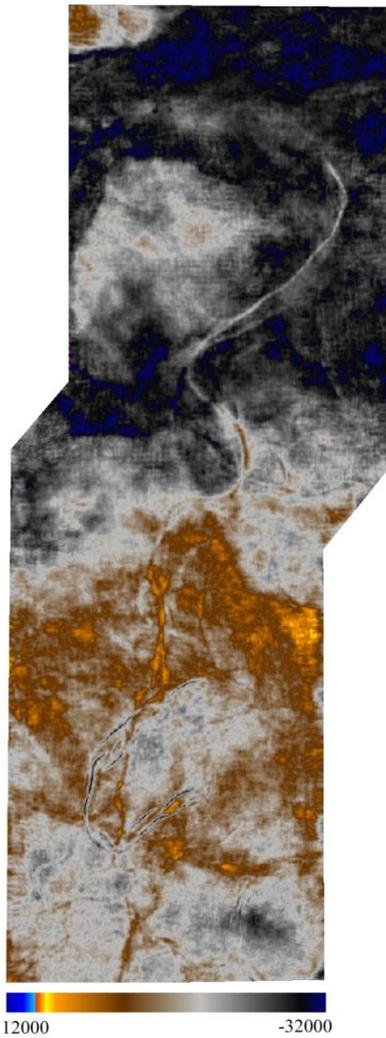
X, м



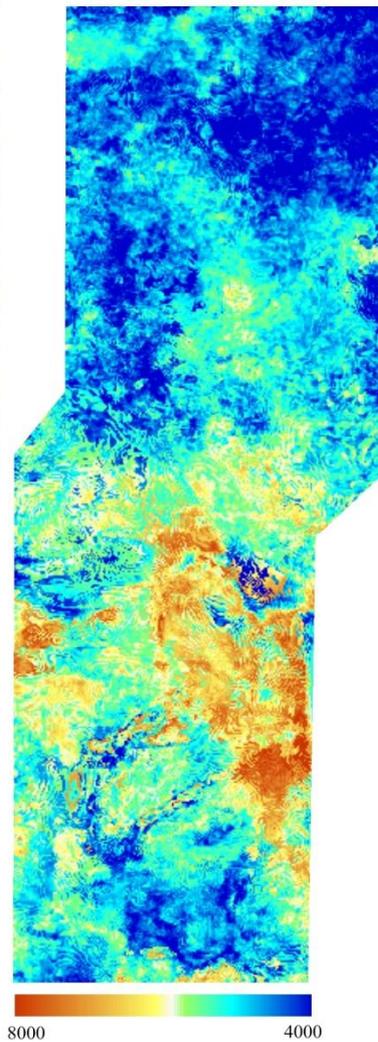
Карта энергий



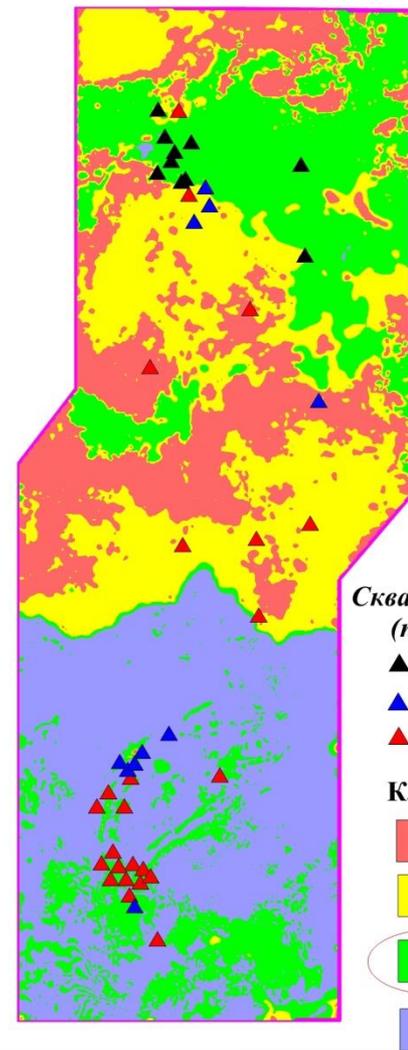
Карта мгновенных амплитуд



Карта импеданса



Карта классификаций по сейсмическим атрибутам в интервале ОГ Ib



Скважины с Нэф:
(пласт Ю₂)

- ▲ >10 м
- ▲ 5-9 м
- ▲ <5 м

Классы

- 4
- 3
- 2
- 1