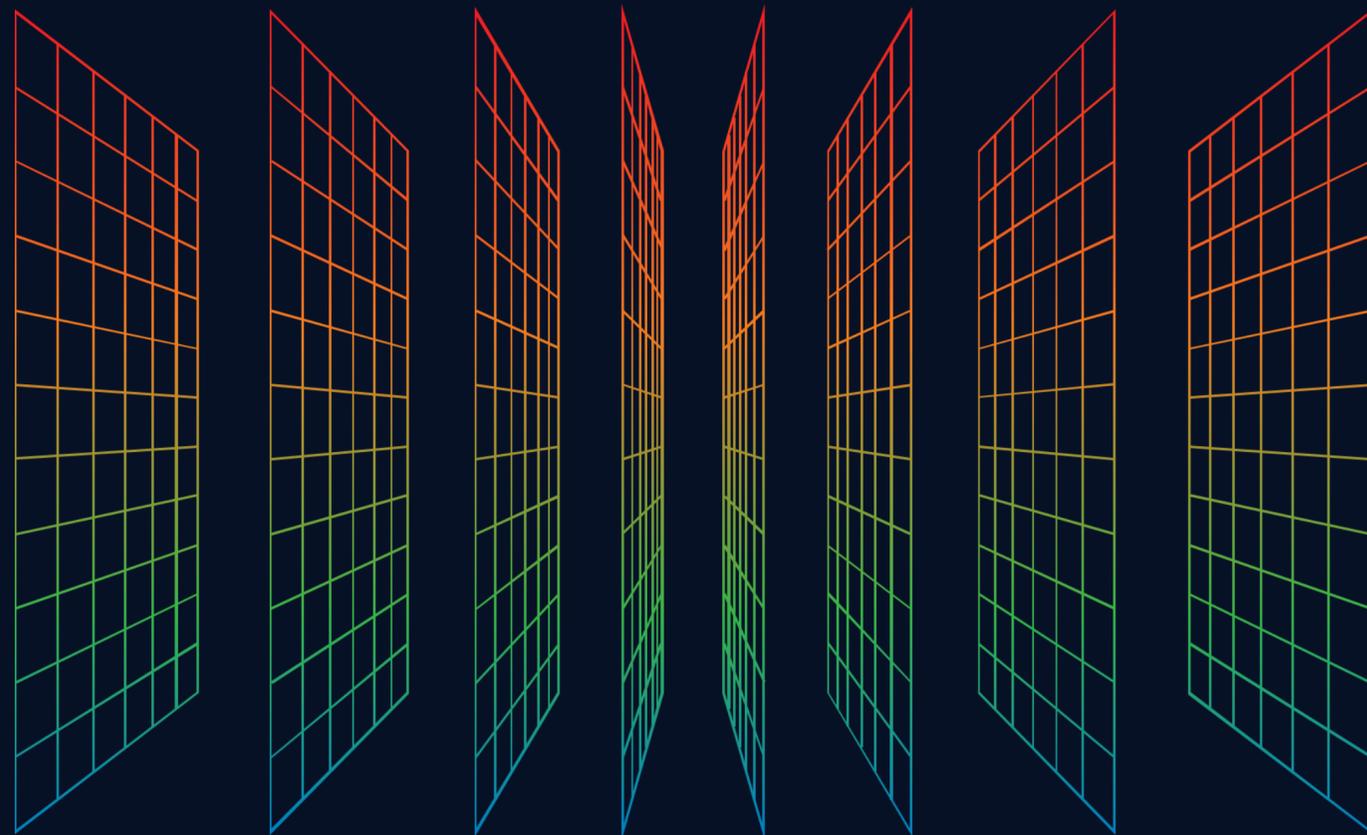


# Обзор Сейсмического Модуля



**Внимание!** При прохождении данного курса следует помнить, что методики, описанные в рамках урока, носят рекомендательный характер и не являются единственно верными. Основной целью данного курса является рассмотрение всех основных функций, доступных в тНавигатор. В реальных проектах применяемые методики могут отличаться от описанных в данном курсе. Все данные, используемые в курсе, не являются реальными.

# Сейсмический модуль

- **Сейсмика** это модуль в tНавигатор, который позволяет выполнять структурную и динамическую интерпретацию сейсмических данных
- **Сейсмика** полностью совместим с **Дизайнером Геологии**, что позволяет выполнять интерпретацию сейсмических данных и геологическое моделирование в одном проекте



 <b>Дизайнер Геологии</b> Геологическое моделирование	 <b>Дизайнер Моделей</b> Создание, расчёт и анализ динамических моделей и	 <b>Расчёт</b> Расчёт моделей чёрной нефти, композиционных, термических и
 <b>Сейсмика</b> Работа с сейсмическими данными	 <b>PVT Дизайнер</b> Работа с моделью флюида	 <b>Результаты Расчёта</b> Просмотр результатов расчёта моделей
 <b>Геостиринг</b> Сопровождение бурения	 <b>Дизайнер ОФП</b> Фильтрационные исследования	 <b>Адаптация</b> Автоматизированная адаптация, оптимизация и анализ
 <b>Дизайнер Скважин</b> Модель скважины	 <b>МатБаланс</b> Анализ материального баланса	 <b>Трещина</b> Моделирование трещин гидроразрыва пласта
 <b>Дизайнер Сетей</b> Моделирование поверхностных сетей	 <b>Очередь Задач</b> Управление очередью заданий	 <b>Доступ к Кластеру</b> Расчёты на кластере
 <b>Лицензии</b> Состояние и установка	 <b>Документация</b> Техническое описание	 <b>Эксперт</b> Интерактивный справочник и новости

# Цели интерпретации сейсмических данных

1. **Структурная интерпретация** – получение структурной модели (горизонты и нарушения) изучаемой территории в глубинной области
2. **Динамическая интерпретация** – получение информации о распределении геологических свойств в межскважинном пространстве



# Основные возможности сейсмического модуля

- **Используя данный модуль, вы можете построить структурно-тектонический каркас, спрогнозировать распределение свойств в межскважинном пространстве и интегрировать их в геологическую модель:**
  - **Широкие возможности импорта сейсмических данных 2D и 3D, импорт данных ВСП, импорт сейсмических нарушений и горизонтов**
  - **Контроль качества сейсмических данных: различные варианты визуализации, расчет невязок между сейсмическими съемками, спектральный анализ, расчет соотношения сигнал/шум и вертикальной разрешающей способности**
  - **Сейсмо-стратиграфическая привязка. Коррекция акустического каротажа. Извлечение статистического и детерминистического импульса. Расчет синтетических трасс**
  - **Структурная интерпретация: инструменты для ручной и автоматической интерпретации сейсмических горизонтов и нарушений. Построение скоростной модели. Глубинно-временные преобразования. Коррекция нарушений и горизонтов**
  - **Расчет объемных и поверхностных атрибутов. Спектральная декомпозиция. RGB смешивание**
  - **Алгоритмы машинного обучения (ML): ML сейсмическая инверсия, кластеризация сейсмических данных, анализ по форме сигнала**
  - **Workflow и запуск расчетов на кластере**

# Содержание:

---

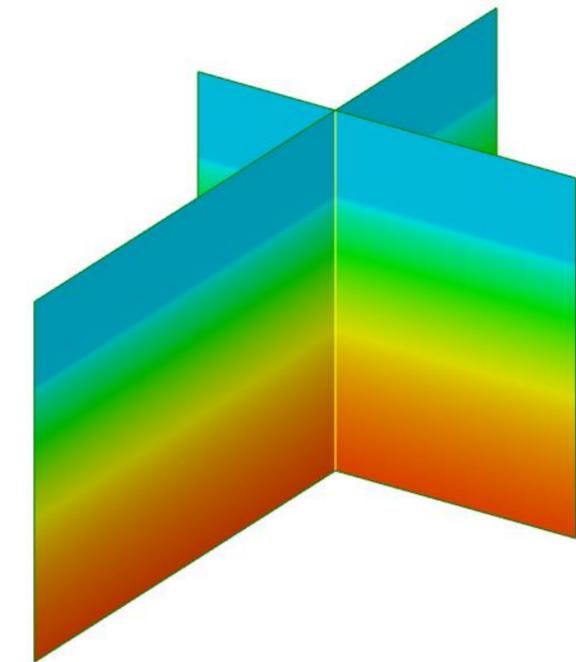
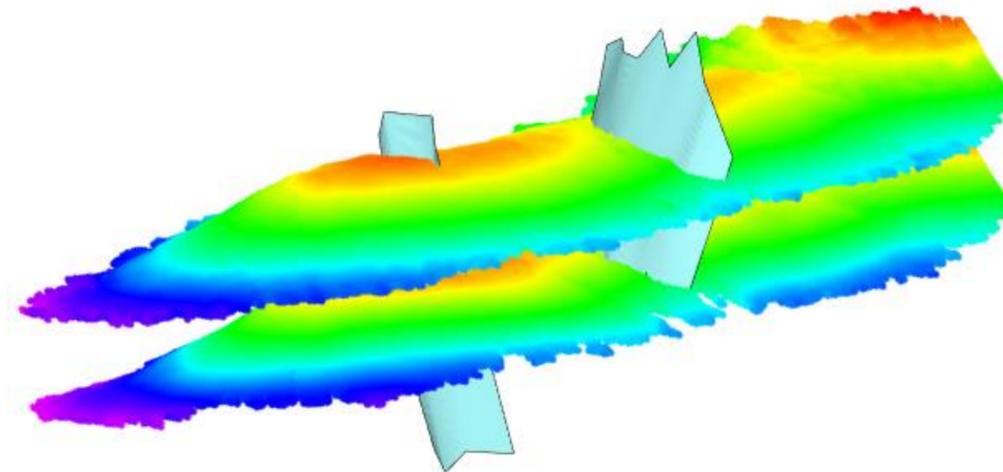
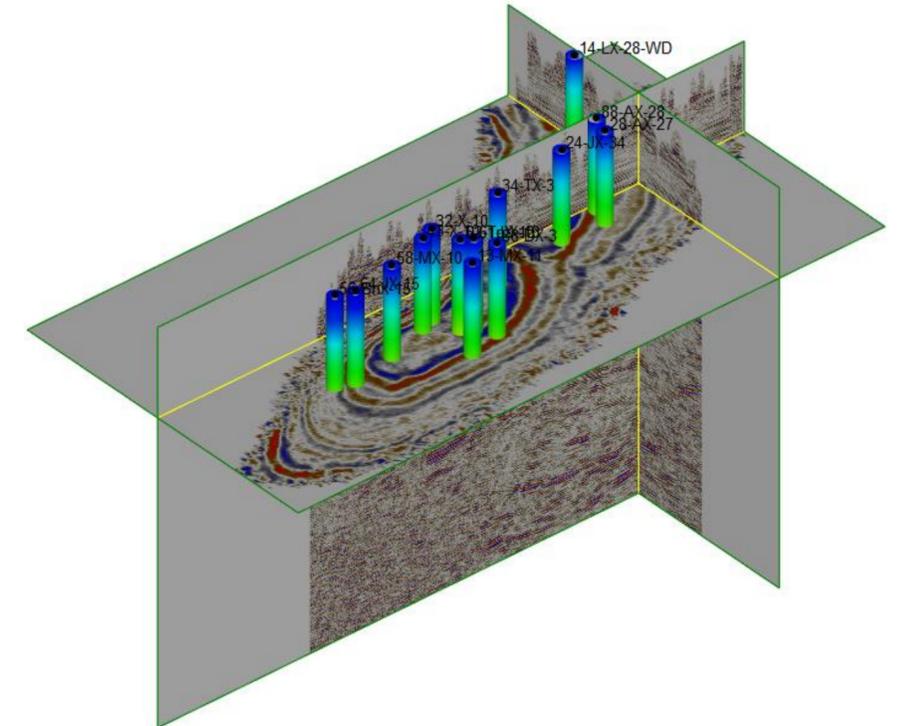
- Загрузка сейсмических данных
- Загрузка годографов ВСП (Checkshots)

## Загрузка данных

# Загрузка сейсмических данных

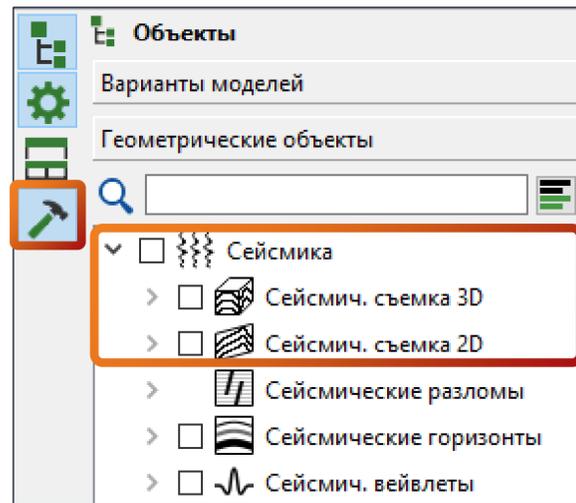
- **Импорт данных, необходимых для сейсмической интерпретации:**

- Сейсмические данные 2D и 3D в форматах SEG-Y и ZGY
- Кубы скоростей
- Данные ВСП и ГИС: LAS, формат годографа ВСП (Checkshot), OWX, таблицы ASCII
- Сейсмические нарушения и горизонты

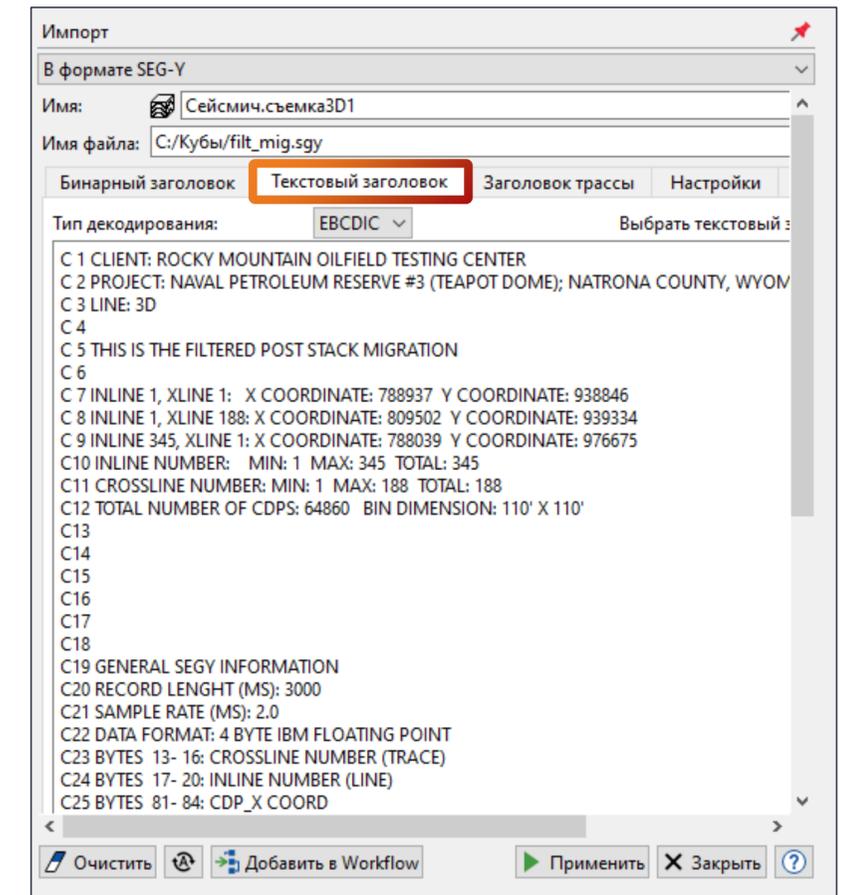
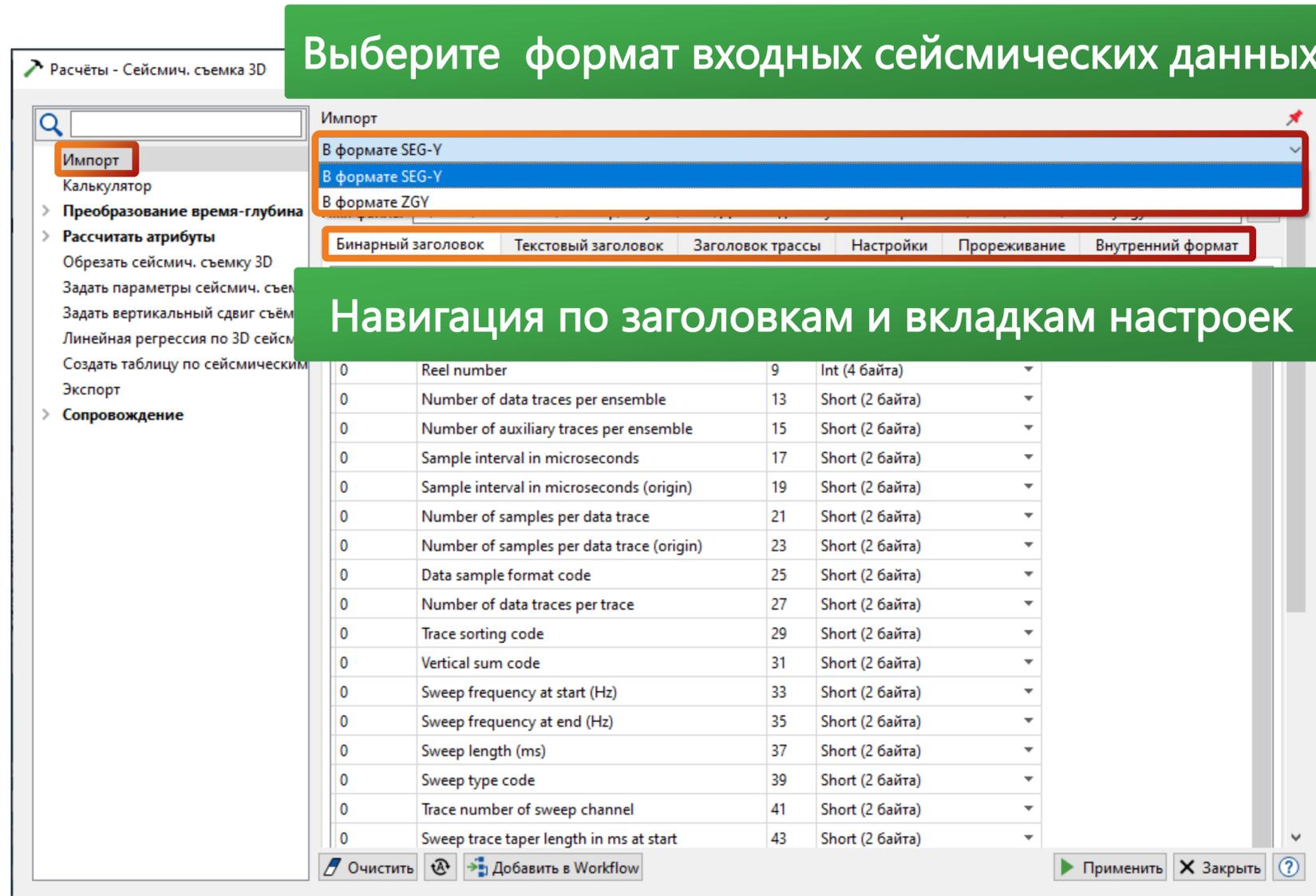


# Загрузка сейсмических данных

## Опции импорта сейсмических данных



Выберите тип данных и нажмите на иконку с молотком чтобы открыть список с доступными параметрами



Текстовый заголовок

# Загрузка сейсмических данных

## ● Заголовок трассы и Настройки

Значение	Параметр	Байт	Тип
0	Low-cut slope	153	Short (2 байта)
0	High-cut slope	155	Short (2 байта)
0	Year data recorded	157	Short (2 байта)
0	Day of year	159	Short (2 байта)
0	Hour of day	161	Short (2 байта)
0	Minute of hour	163	Short (2 байта)
0	Time basis code	167	Short (2 байта)
0	Trace width	169	Short (2 байта)
0	Geophone group number of roll switch position one	171	Short (2 байта)
0	Geophone group number of roll switch position two	173	Short (2 байта)
0	Geophone group number of roll switch position three	175	Short (2 байта)
0	Gap size	177	Short (2 байта)
0	Over travel associated with taper	179	Short (2 байта)
7889373	X coordinate of ensemble	81	Int (4 байта)
9388456	Y coordinate of ensemble	85	Int (4 байта)
1	Inline number	17	Int (4 байта)
1	Crossline number	13	Int (4 байта)
0	Shotpoint number	197	Int (4 байта)
0	Scalar to be applied to the shotpoint number	201	Short (2 байта)
0	Trace value measurement unit	203	Short (2 байта)
0	Trace Derivation Unit	211	Short (2 байта)
0	Scalar to be applied to times	215	Short (2 байта)
0	Source type/Orientation	217	Short (2 байта)
0	Source Vertical Energy Direction	219	Short (2 байта)
0	Source Crossline Energy Direction	221	Short (2 байта)
0	Source Inline Energy Direction	223	Short (2 байта)
0	Source Measurement	225	Int (4 байта)
0	Source Measurement Unit	231	Short (2 байта)

Количество трасс в SEG-Y файле: 64860

Позиция байта для каждого параметра может быть отредактирована в Заголовке трассы

Позиции, отличающиеся от стандарта SEG-Y, выделяются желтым цветом

Заголовок трассы

Наиболее часто используемые параметры дублируются на вкладке Настройки

Бинарный заголовок | Текстовый заголовок | Заголовок трассы | **Настройки** | Прореживание | Внутренний

Позиция инлайна: 17 | Длина инлайна: Int (4 байта)

Позиция кросслайна: 13 | Длина кросслайна: Int (4 байта)

Координаты трассы: из файла

X позиция: 81 | X длина: Int (4 байта)

Y позиция: 85 | Y длина: Int (4 байта)

Кнопка сброса настроек

Используйте данную кнопку для сброса настроек позиций байта к стандартным настройкам SEG-Y

# Загрузка сейсмических данных

## ● Настройки импорта

Бинарный заголовок | Текстовый заголовок | Заголовок трассы | **Настройки** | Прореживание | Внутренний формат

Позиция инлайна: 189 | Длина инлайна: Int (4 байта)  
Позиция кросслайна: 193 | Длина кросслайна: Int (4 байта)

Координаты трассы: из файла

X позиция: 181 | X длина: Int (4 байта)  
Y позиция: 185 | Y длина: Int (4 байта)

Перезаписать параметры заголовка файла

Количество расширенных текстовых заголовков: 0  
 Формат данных: 4-byte IBM floating-point

Перезаписать параметры заголовка трасс

Множитель координат: 100  
 X/Y координата

X = X \* A: 1 + B: 0  
Y = Y \* A: 1 + B: 0  
Угол поворота (гр): 0

Область Время/Глубина  
Область: Время

Уровень приведения временной сейсмоки

Глубина, фут: 0

Ед.изм.

Единицы длины (XY): м  
 Единицы длины (Z): м

Выберите систему координат

CRS проекта: Библиотека CRS | EPSG:2309 WGS 84 / TM 116 SE  
CRS файла: Библиотека CRS | EPSG:3975 WGS 84 / NSIDC EASE-Grid Global

Допустимая ошибка системы координат

Допустимая ошибка, фут: 0,1

Выберите систему координат



Фильтр по строке | Фильтр по точке

С учётом регистра |  Только целые слова |  Столбец | Авторитет

Авторитет	Код	Имя
EPSPG	2000	Anguilla 1957 / British ...
EPSPG	2001	Antigua 1943 / British We...
EPSPG	2002	Dominica 1945 / British ...
EPSPG	2003	Grenada 1953 / British ...
EPSPG	2004	Montserrat 1958 / British ...
EPSPG	2005	St. Kitts 1955 / British We...
EPSPG	2006	St. Lucia 1955 / British ...
EPSPG	2007	St. Vincent 45 / British ...
EPSPG	2008	NAD27(CGQ77) / SCoPQ ...
EPSPG	2009	NAD27(CGQ77) / SCoPQ ...
EPSPG	2010	NAD27(CGQ77) / SCoPQ ...
EPSPG	2011	NAD27(CGQ77) / SCoPQ ...
EPSPG	2012	NAD27(CGQ77) / SCoPQ ...
EPSPG	2013	NAD27(CGQ77) / SCoPQ ...
EPSPG	2014	NAD27(CGQ77) / SCoPQ ...
EPSPG	2015	NAD27(CGQ77) / SCoPQ ...

Подробная информация

**Общая информация**

**Имя**  
WGS 84 / NSIDC EASE-Grid 2.0 Global

**EPSG Код**  
6933

**Тип**  
Projected

**Область действия**  
Environmental science - used as basis for EASE grid.

**Информация об осях**

**Система координат**  
Декартова 2D

**Оси**  
1. Easting (X), Ед.изм.: metre, Ориентация: east

О программе... | OK | Отмена | Помощь

Модификация координат трасс: масштабирование, арифметические операции, угол поворота

Выберите СК сейсмических данных, отличающуюся от проектной, и рассчитайте величину нелинейных искажений при преобразовании

# Загрузка сейсмических данных

- Сейсмические данные могут быть уменьшены с помощью опций **Прореживание** и **Внутренний формат**:
  - **Прореживание** позволяет проредить сейсмический куб, задав начальные/конечные инлайны/кросслайны/время/глубину и соответствующий шаг
  - **Внутренний формат** импортирует сейсмические данные в формате Brain Float (16 bit), что позволяет вдвое сократить объем данных, хранящихся на диске, без потери качества

Импорт

В формате SEG-Y

Имя: Сейсмич.съемка3D1

Имя файла: C:/Кубы/filt\_mig.sgy

Бинарный заголовок    Текстовый заголовок    Заголовок трассы    Настройки    **Прореживание**    Внутренний формат

Диапазон инлайнов/кросслайнов

Первый инлайн: 1    Последний инлайн: 4    Шаг по инлайнам: 1

Первый кросслайн: 1    Последний кросслайн: 4    Шаг по кросслайнам: 1

Диапазон времени/глубины (мсек, м)

Начальное время/глубина: 0    Конечное время/глубина: 3000    Шаг по времени/глубин: 2

Опции Прореживания

Опции Внутреннего формата

Импорт

В формате SEG-Y

Имя: Сейсмич.съемка3D1

Имя файла: C:/Кубы/filt\_mig.sgy

Бинарный заголовок    Текстовый заголовок    Заголовок трассы    Настройки    Прореживание    **Внутренний формат**

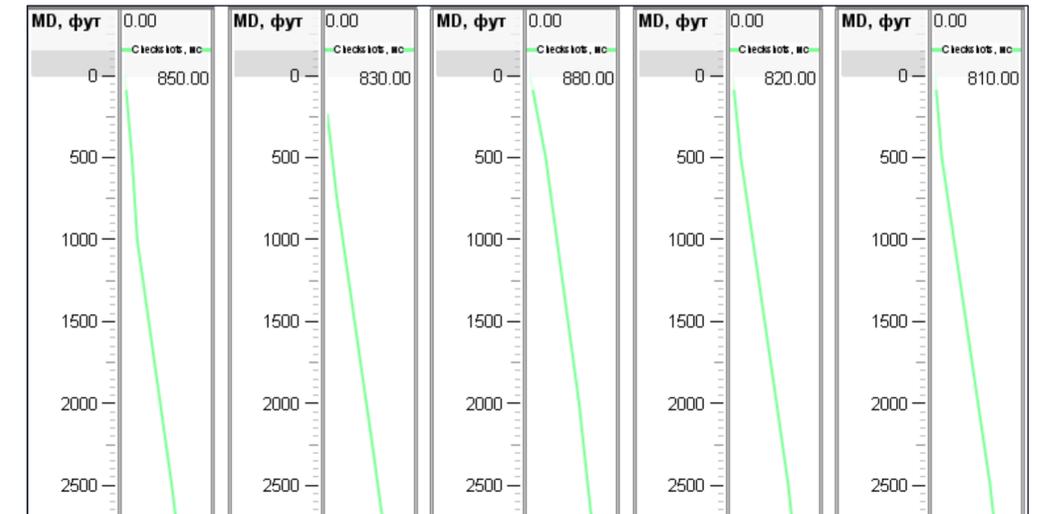
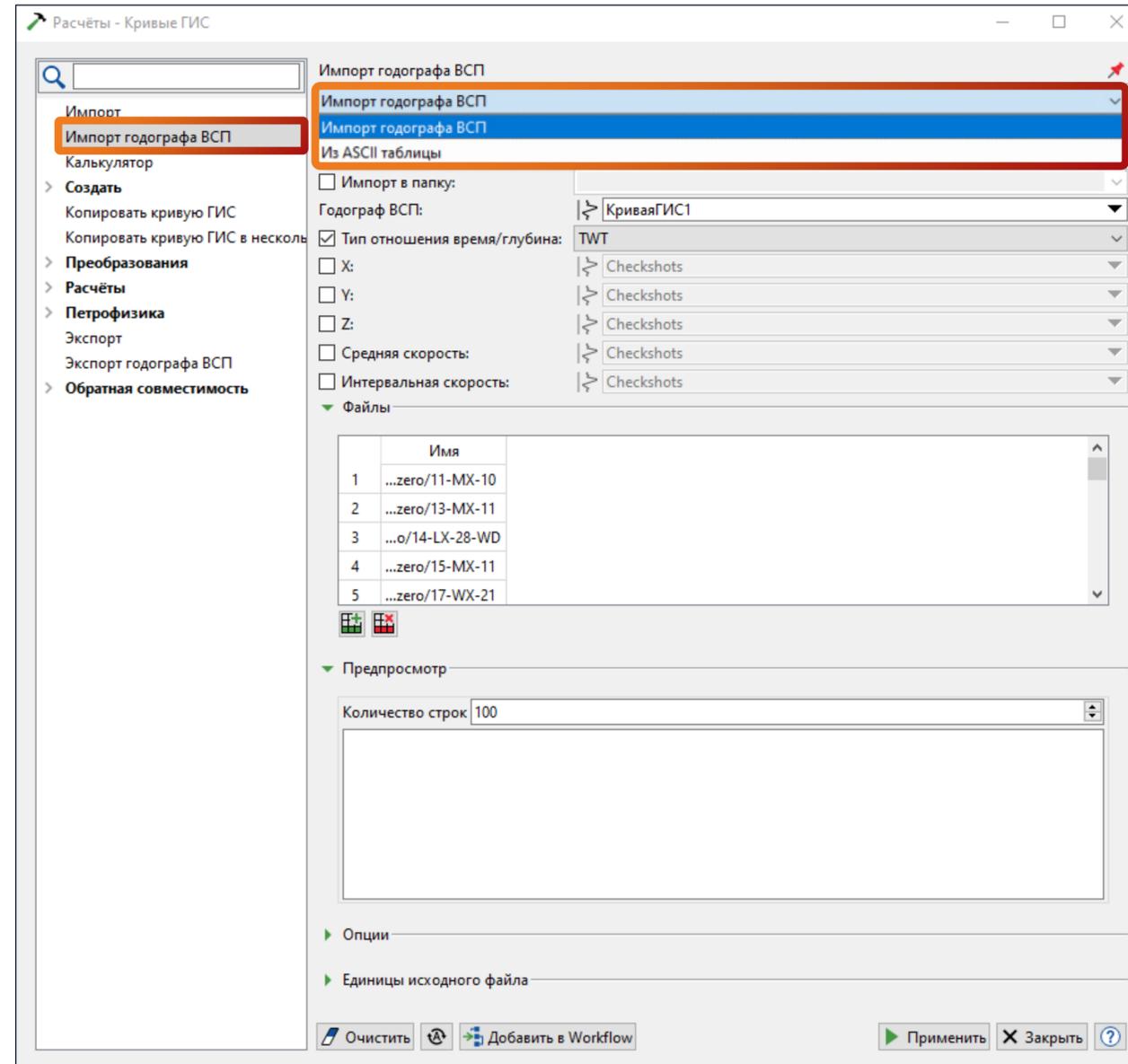
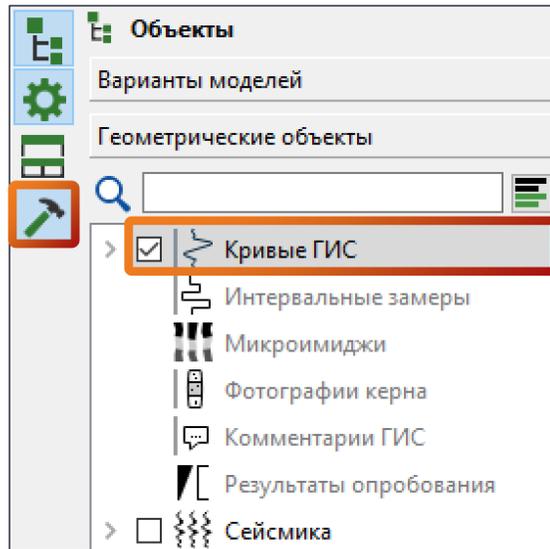
Type Value: Brain Float (16 bit)

IEEE Float (32 bit)

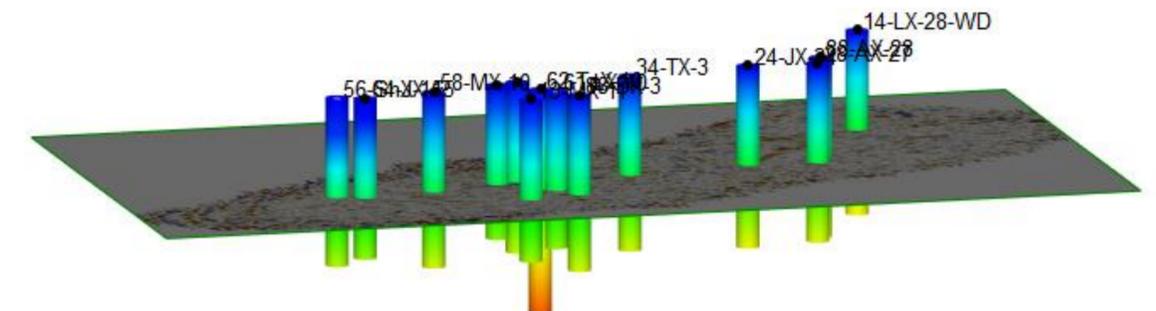
Brain Float (16 bit)

# Загрузка годографов ВСП (Checkshots)

- Годографы ВСП (Checkshots) могут быть загружены в нескольких форматах как кривые ГИС и далее могут использоваться в качестве каротажа для отношения Время/Глубина для скважинных данных



Отношение Время/Глубина на вкладке Диаграмма скважин



Вкладка 3D

# Содержание:

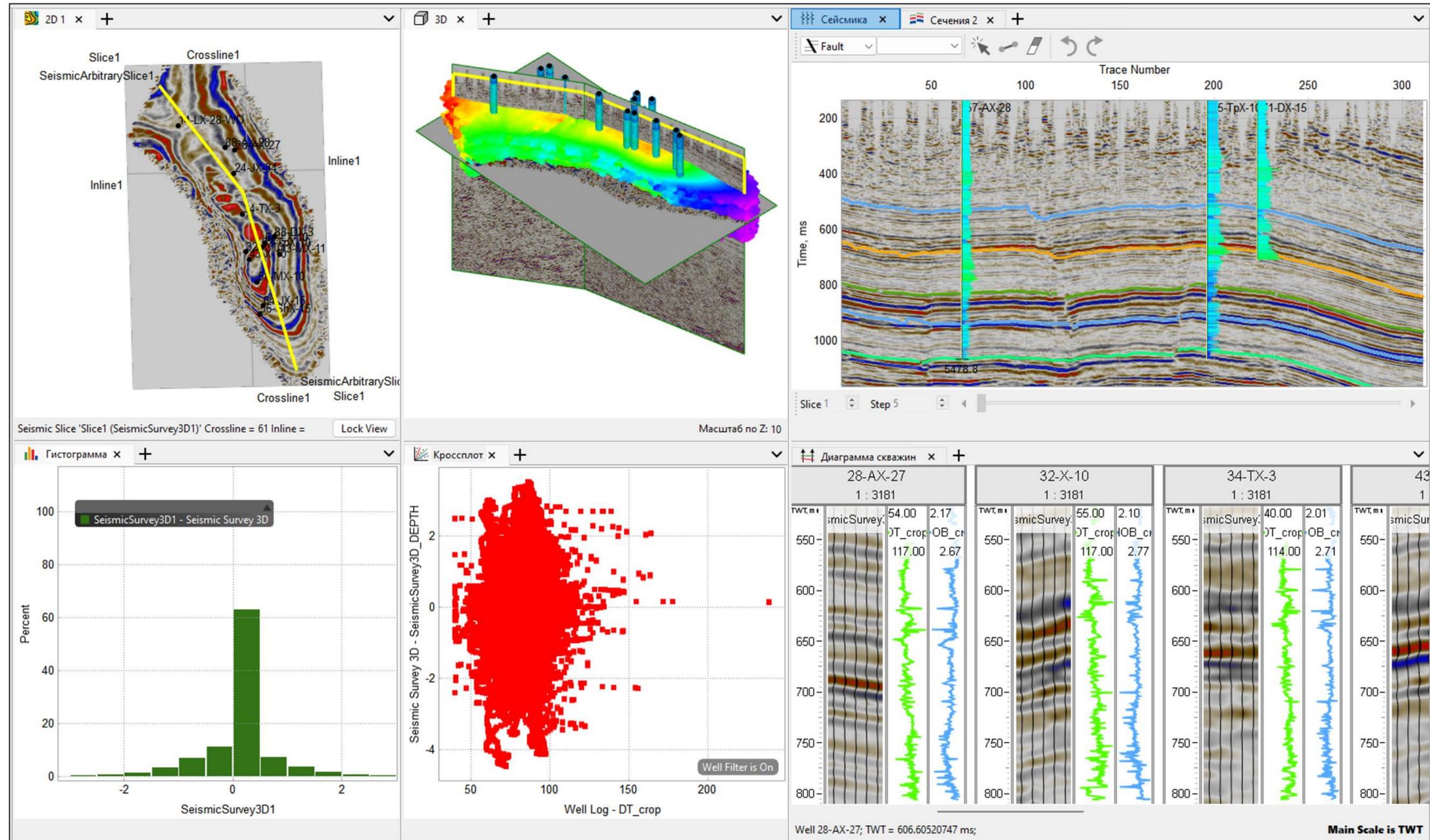
---

- **Визуализация сейсмических данных**
- **Расчет невязок**
- **Спектральный анализ**

## Визуализация и контроль качества

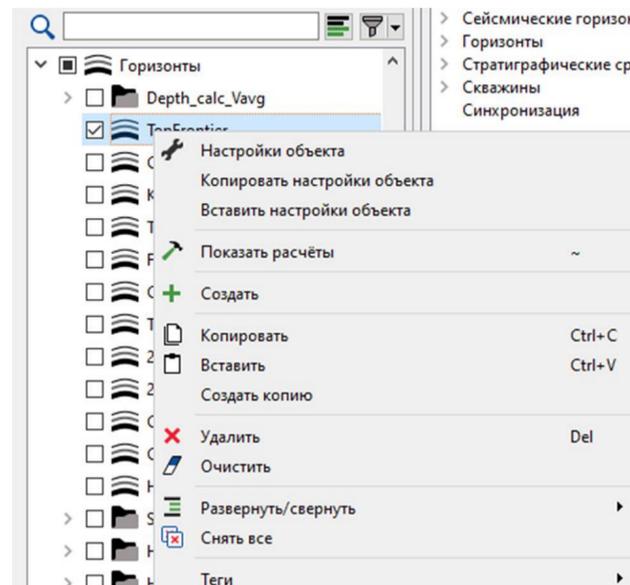
# Визуализация сейсмических данных

- Сейсмические данные могут быть визуализированы в различных вкладках: 2D, 3D, Сеймика, Сечения, Диаграмма скважин, Гистограмма, Кроссплот, Геостиринг

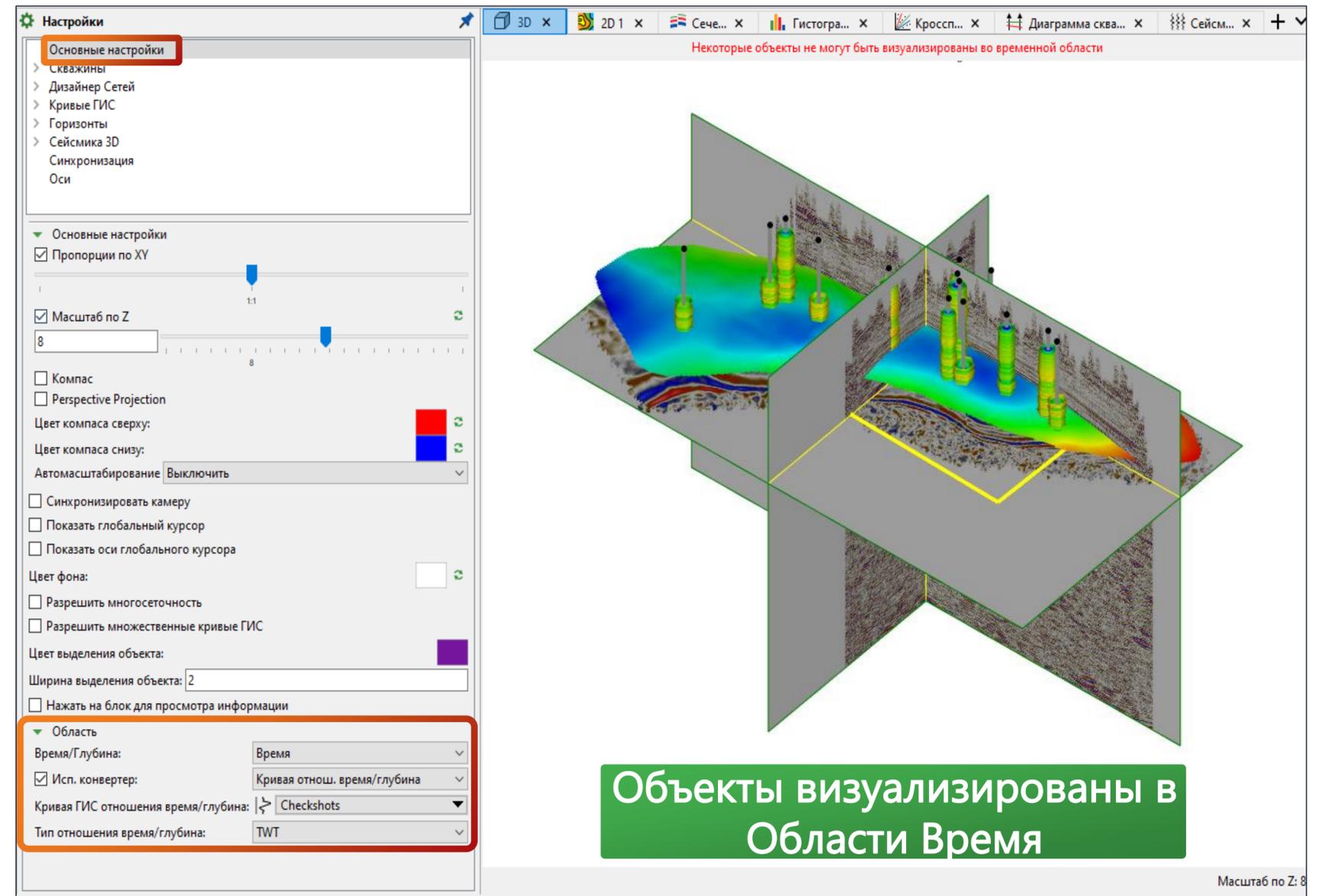
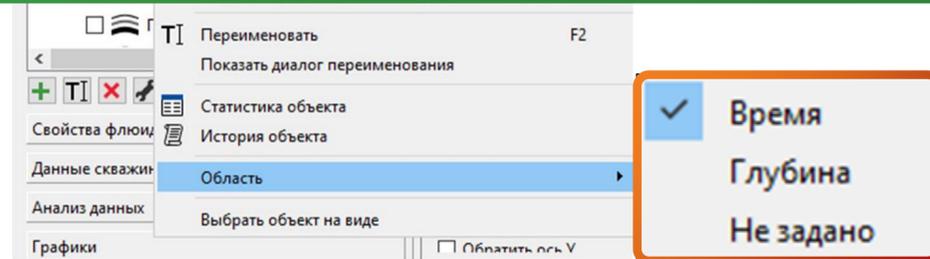


# Визуализация сейсмических данных

- Настройки **Области** позволяют визуализировать данные во временной и глубинной областях, а также конвертировать визуализируемые данные скважин из глубинной области во временную с помощью заданного пользователем отношения **Время/Глубина**. Настройки доступны для вкладок **3D**, **Сеймика**, **Сечения** и **Диаграмма скважин**
- **Область** некоторых геометрических объектов (**Горизонты**, **2D-Карты**, **Нарушения**, **Наборы точек**, **Многоугольники**) может быть настроена вручную в настройках объекта



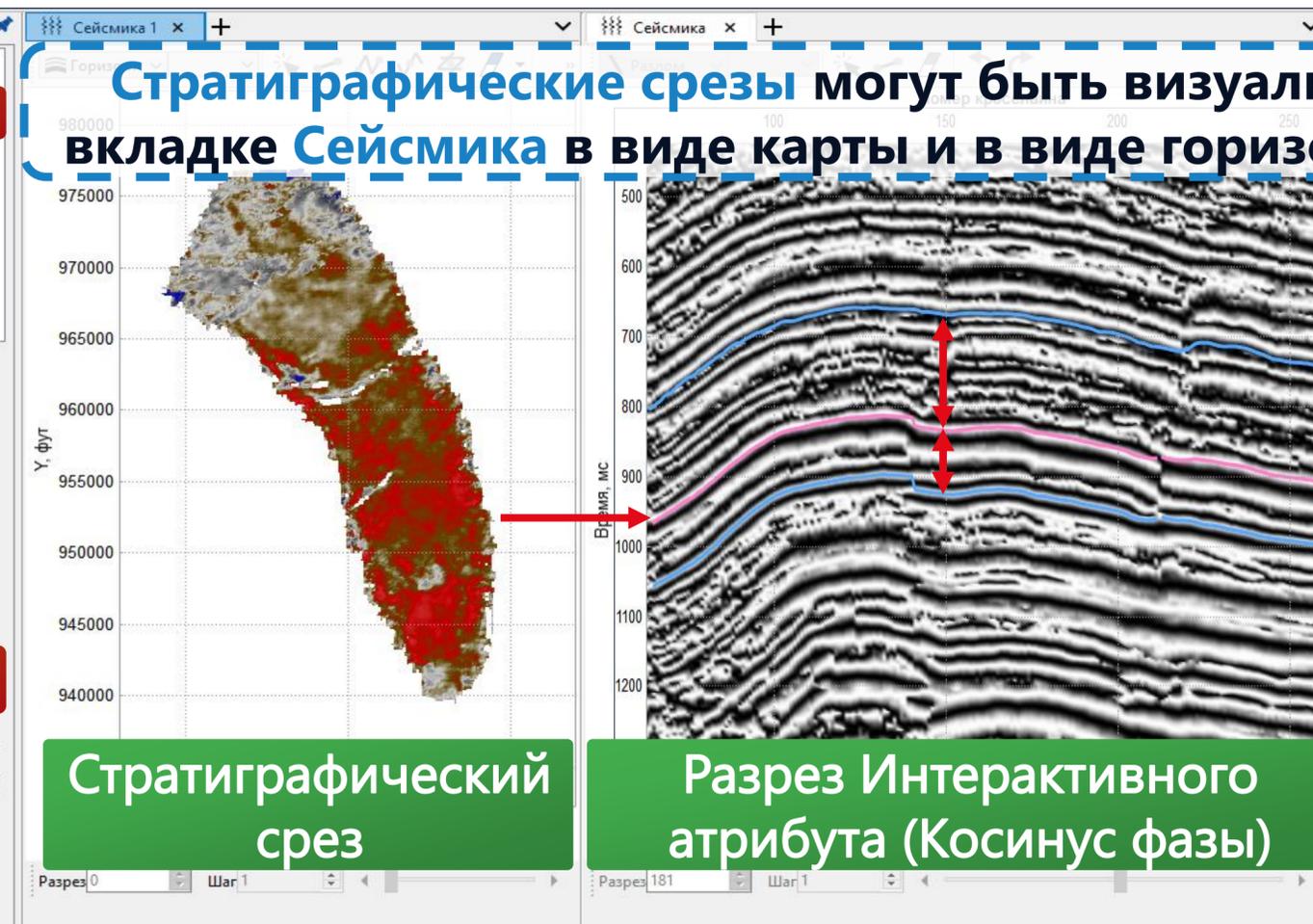
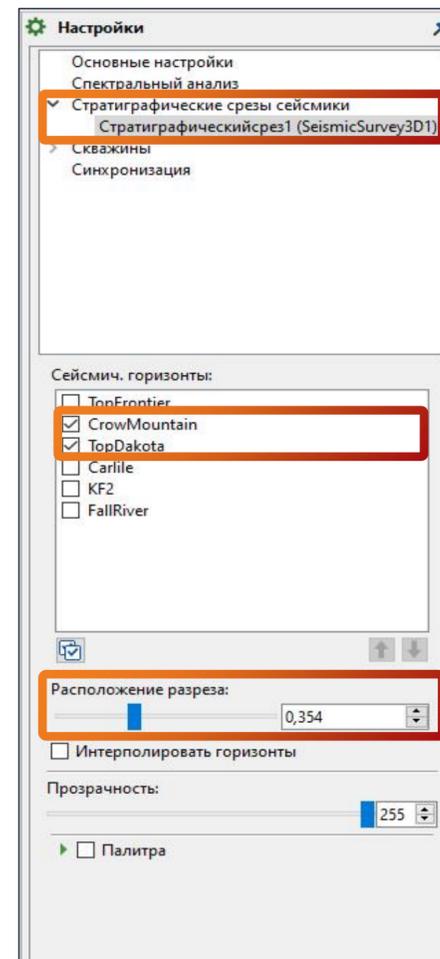
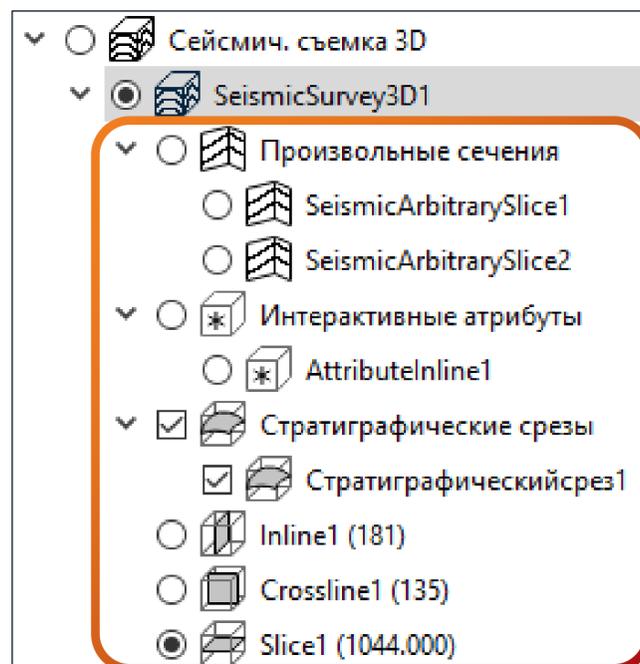
Выбор Области в Геометрических объектах



Объекты визуализированы в Области Время

# Визуализация сейсмических данных

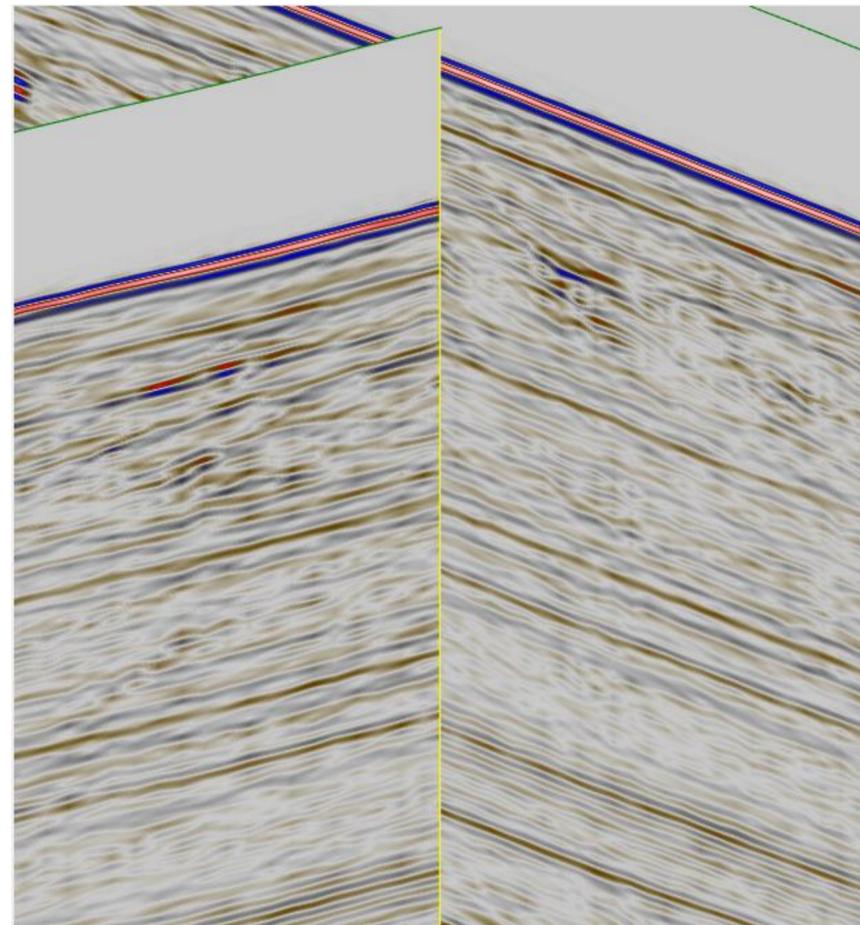
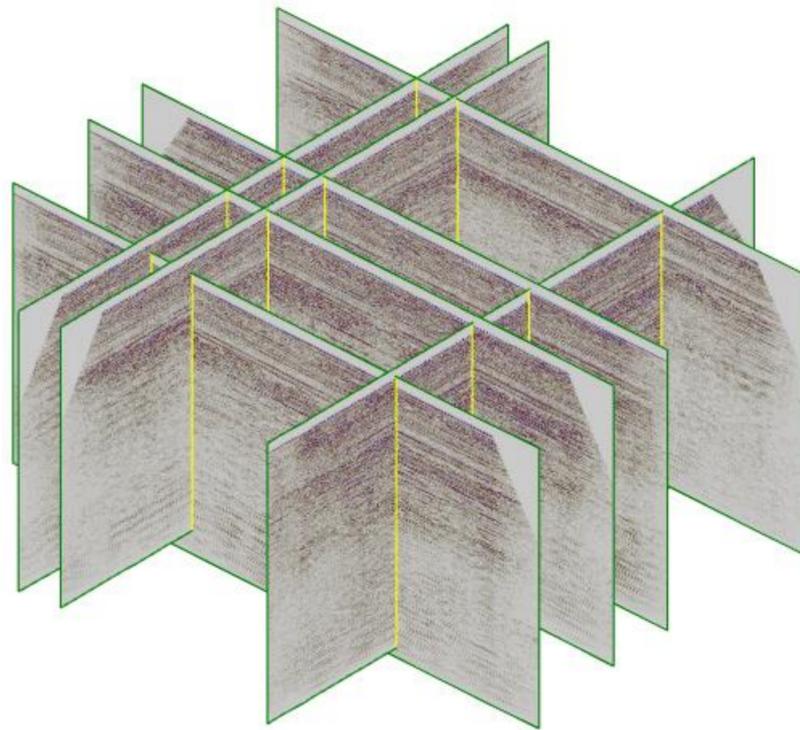
- Сейсмич. съемка 3D содержит следующие разделы, которые можно отобразить на вкладках 2D, 3D и Сеймика:
  - Произвольные сечения – произвольные сечения через сейсмический куб
  - Интерактивные атрибуты – инлайны/кросслайны, по которым можно моментально рассчитывать и настраивать сейсмические атрибуты 3D
  - Стратиграфические срезы – срезы вдоль сейсмического горизонта, заданного пользователем, или пропорциональные срезы между двумя горизонтами
  - Инлайны/Кросслайны/Срезы – разрезы вдоль инлайнов, кросслайнов и срезов



Стратиграфические срезы могут быть визуализированы на вкладке Сеймика в виде карты и в виде горизонта на разрезе

# Расчет невязок сейсмических данных

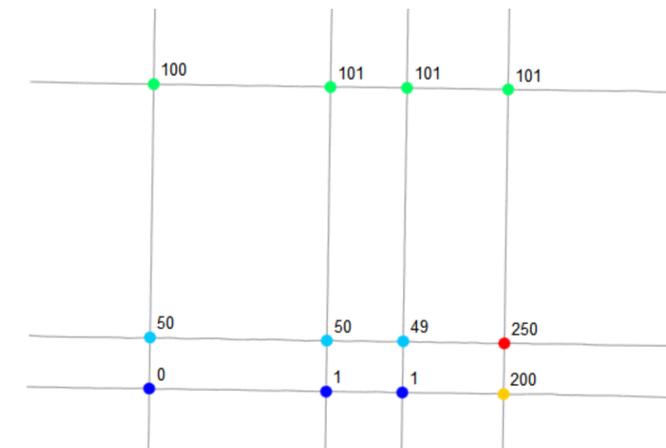
- Существует несколько вариантов расчета для анализа невязок сейсмических данных:
  - Расчет несоответствий по времени/глубине, фазе и амплитуде для набора сейсмических съемок 2D/3D
  - Применение оптимальных поправок (постоянных или переменных) для минимизации расхождений между сейсмическими съемками



Набор исходных профилей 2D

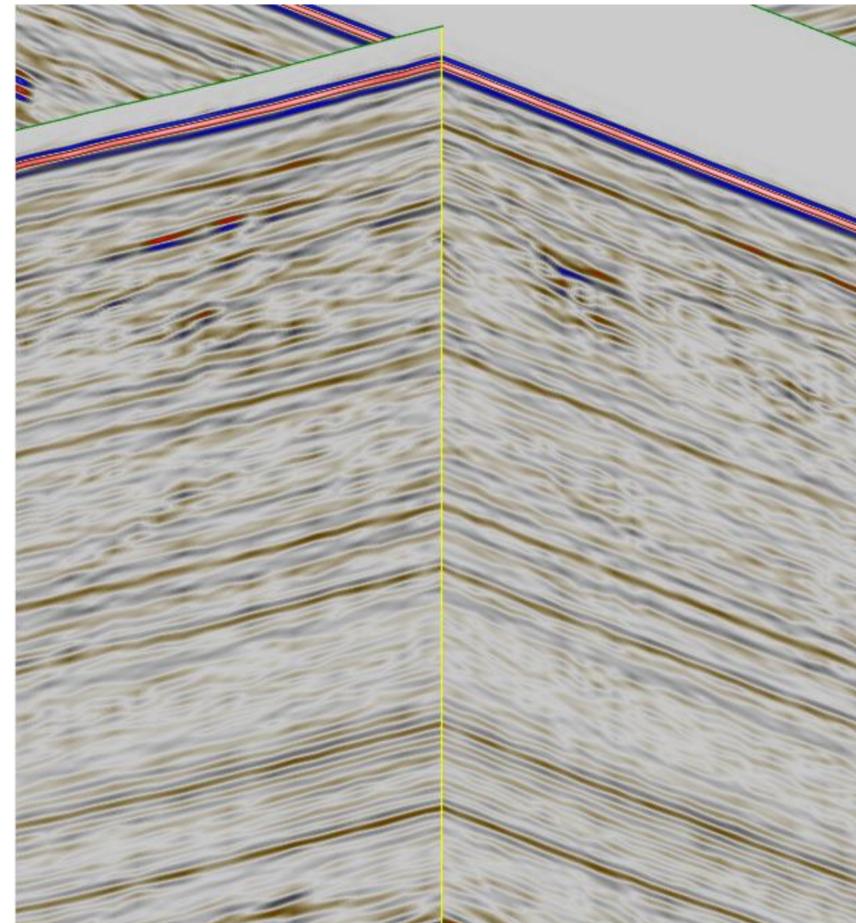
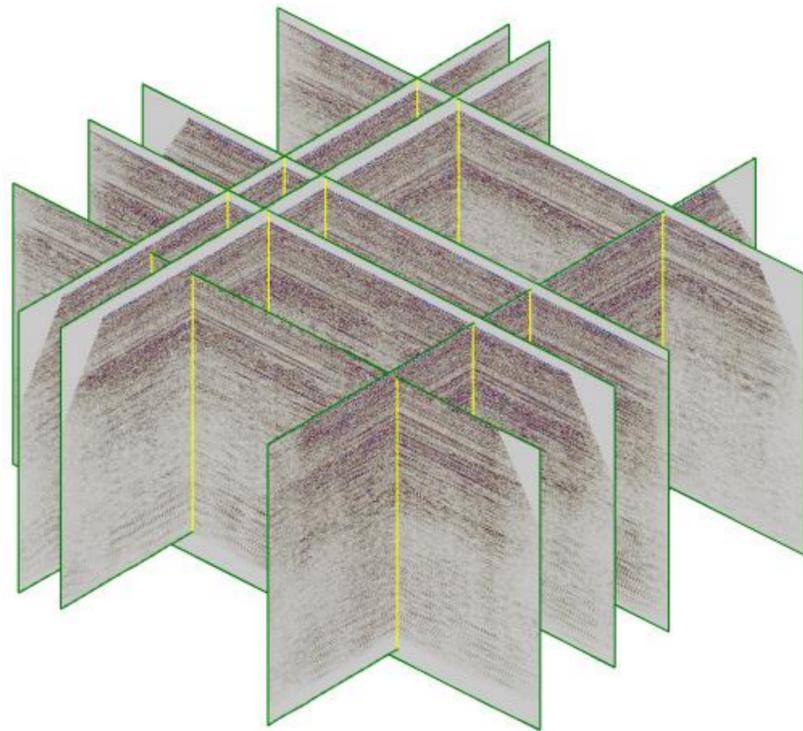
	Object A	Object B	Trace A	Trace B	X	Y	Vertical Shift	Phase Rotation	Gain Coefficient
1	ST0299-05002...	ST0299-07003...	2940;0	2860;0	433278.6...	6476850....	0	-10	1.15
2	ST0299-05002...	ST0299-07010...	2660;0	2379;0	435026.2...	6476820....	1	8	0.99
3	ST0299-05002...	ST0299-07013...	2539;0	2860;0	435779.0...	6476811....	1	3	0.95
4	ST0299-05002...	ST0299-07017...	2379;0	2860;0	436778.7...	6476796....	-200	42	0.89
5	ST0299-05003...	ST0299-07003...	2940;0	2779;0	433286.8...	6477354....	-50	-3	1.22
6	ST0299-05003...	ST0299-07010...	2660;0	2459;0	435033.2...	6477323....	-50	-0	0.97
7	ST0299-05003...	ST0299-07013...	2539;0	2779;0	435787.8...	6477315....	-49	22	1.33
8	ST0299-05003...	ST0299-07017...	2379;0	2780;0	436786.6...	6477296....	-250	8	1.45
9	ST0299-07003...	ST0299-15010...	2379;0	2300;0	433323.5...	6479851....	-100	22	1.15
10	ST0299-07010...	ST0299-15010...	2860;0	2579;0	435069.5...	6479823....	-101	-14	1.19
11	ST0299-07013...	ST0299-15010...	2379;0	2700;0	435826.0...	6479814....	-101	-15	1.05
12	ST0299-07017...	ST0299-15010...	2379;0	2860;0	436824.1...	6479799....	101	11	0.94

Полученные значения невязок могут быть визуализированы на вкладке Таблица или как атрибуты Набора точек на вкладке 2D



# Расчет невязок сейсмических данных

- Существует несколько вариантов расчета для анализа невязок сейсмических данных:
  - Расчет несоответствий по времени/глубине, фазе и амплитуде для набора сейсмических съемок 2D/3D
  - Применение оптимальных поправок (постоянных или переменных) для минимизации расхождений между сейсмическими съемками



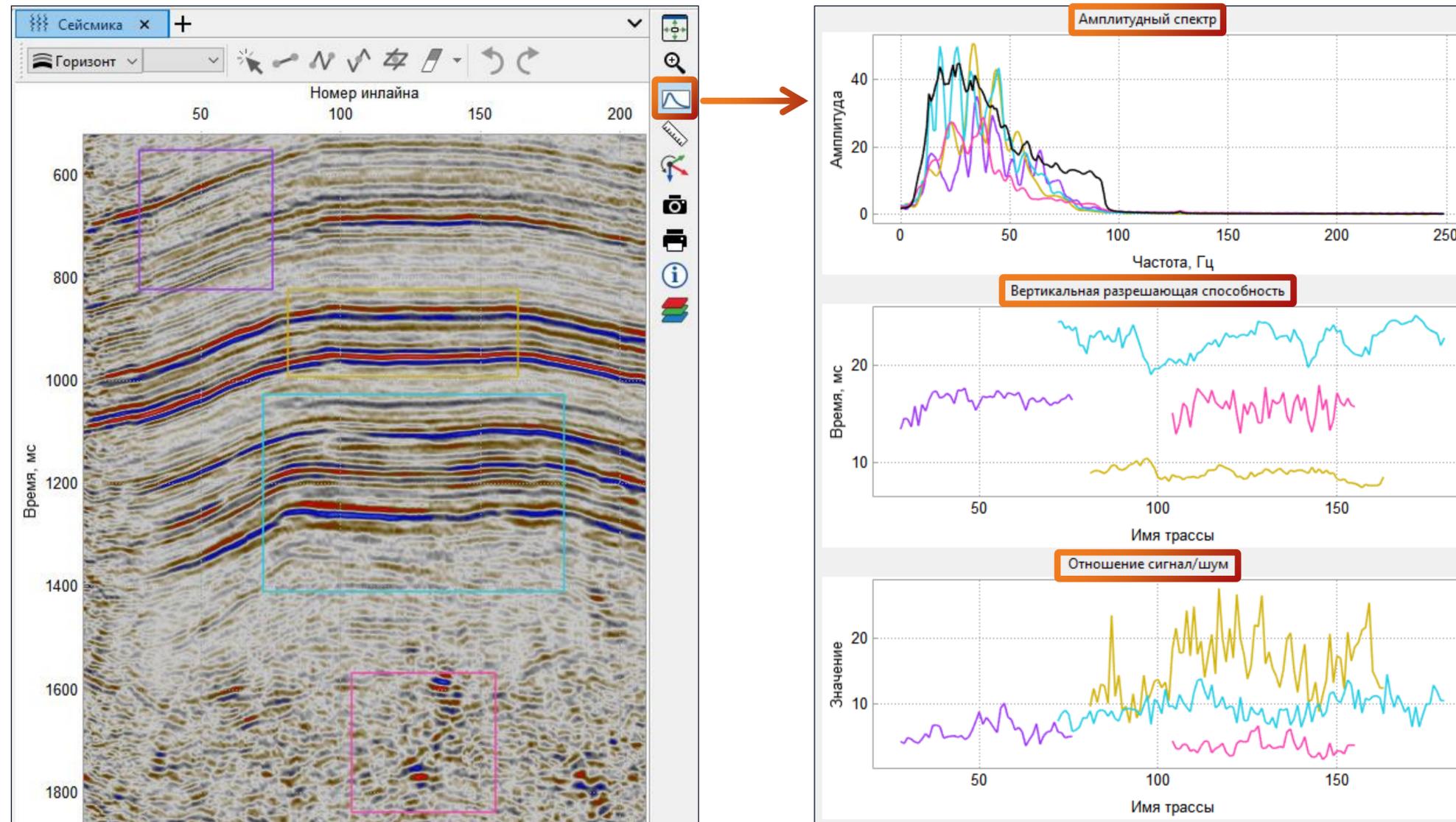
Набор профилей 2D после коррекции

	Survey	Vertical Shift	Phase Rotation	Gain Coefficient
1	ST0299-05002+MIG_FIN Copy1	0.000000	0.000000	1.000000
2	ST0299-05003+MIG_FIN Copy1	50.500000	34.048377	0.609982
3	ST0299-07003+MIG_FIN Copy1	0.000000	-9.714969	1.153622
4	ST0299-07010+MIG_FIN Copy1	1.000000	8.332268	0.989933
5	ST0299-07013+MIG_FIN Copy1	1.000000	2.810493	0.949815
6	ST0299-07017+MIG_FIN Copy1	-199.500000	41.771373	0.887326
7	ST0299-15010+MIG_FIN Copy1	-99.000000	52.583572	0.830408

Оптимальные постоянные поправки, рассчитанные для каждого профиля 2D

# Спектральный анализ

- **Спектральный анализ**, а так же расчеты **Вертикальная разрешающая способность** и **Отношение сигнал/шум** доступны для вертикальных сейсмических разрезов во вкладке **Сейсмика**. Пользователь может вручную выделить прямоугольные области на разрезе, в которых будут рассчитываться характеристики волнового поля, или задать интервал для потрассного расчета



Цвета кривых соответствуют цветам рамок на вкладке Сейсмика. Черная кривая соответствует спектру по всей сейсмической съемке

# Структурная интерпретация

## Содержание:

- Сейсмо-стратиграфическая привязка
- Оценка сейсмического импульса
- Расчет синтетических трасс
- Интерпретация сейсмических горизонтов и разломов
- Инструменты для интерпретации сейсмических горизонтов
- Автопрослеживание сейсмических горизонтов
- Автопрослеживание сейсмических горизонтов по съемкам 2D
- Прореживание сейсмических горизонтов
- Интерполяция сейсмических горизонтов и разломов
- Преобразования Время-Глубина
- Построение скоростной модели

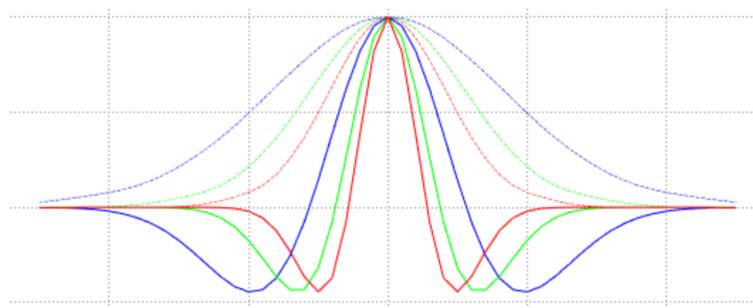
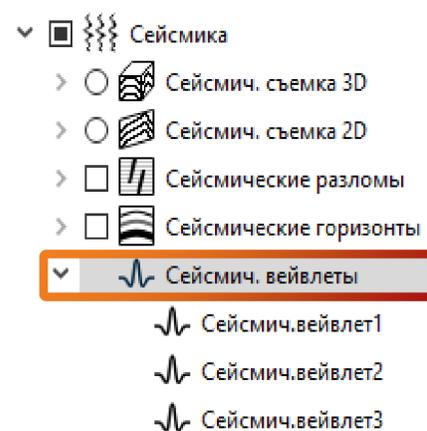
# Сейсмо-стратиграфическая привязка

- Процесс сейсмо-стратиграфической привязки позволяет увязать данные скважин в глубинной области и сейсмические данные во временной области для сопоставления геологических маркеров в скважинах с конкретными отражениями в сейсмическом волновом поле
- Сопоставление скважинных данных с сейсмическими осуществляется с помощью сгенерированной синтетической трассы. Формирование синтетической сейсмограммы включает следующие этапы, которые выполняются в модуле **Сейсмика**:
  - Контроль качества и кондиционности данных акустического и плотностного каротажа
  - Калибровка акустического каротажа для устранения невязки между годографом ВСП и временем пробега волны
  - Оценка вейвлета. Доступные расчеты вейвлета: аналитический, статистический и детерминированный
  - Автоматический расчет кривой акустического импеданса путем преобразования акустического каротажа в кривую скорости и умножения ее на кривую плотности. Расчет трассы коэффициентов отражения и свертка с вейвлетом для получения синтетической сейсмограммы

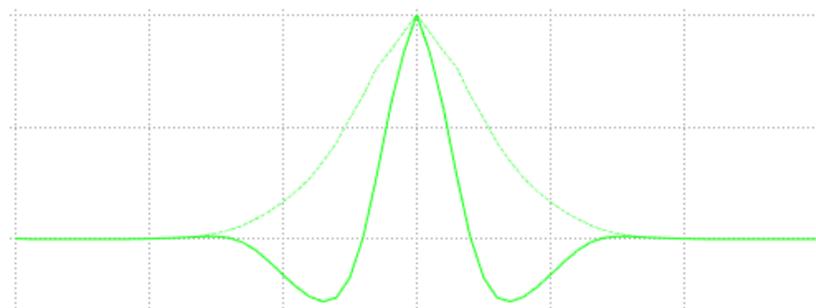
# Оценка сейсмического вейвлета

- Доступны 3 варианта оценки вейвлета:

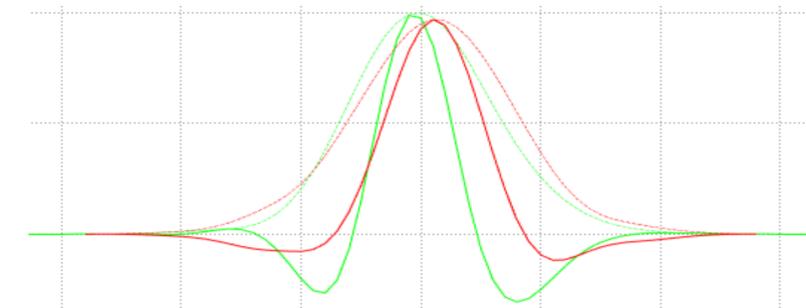
- Создание аналитического вейвлета
- Извлечение статистического вейвлета из сейсмических данных
- Извлечение детерминистического вейвлета из сейсмических и скважинных данных (согласование сейсмических и синтетических трасс)



Вейвлеты Рикера с несущими частотами 20, 30, 40 Гц



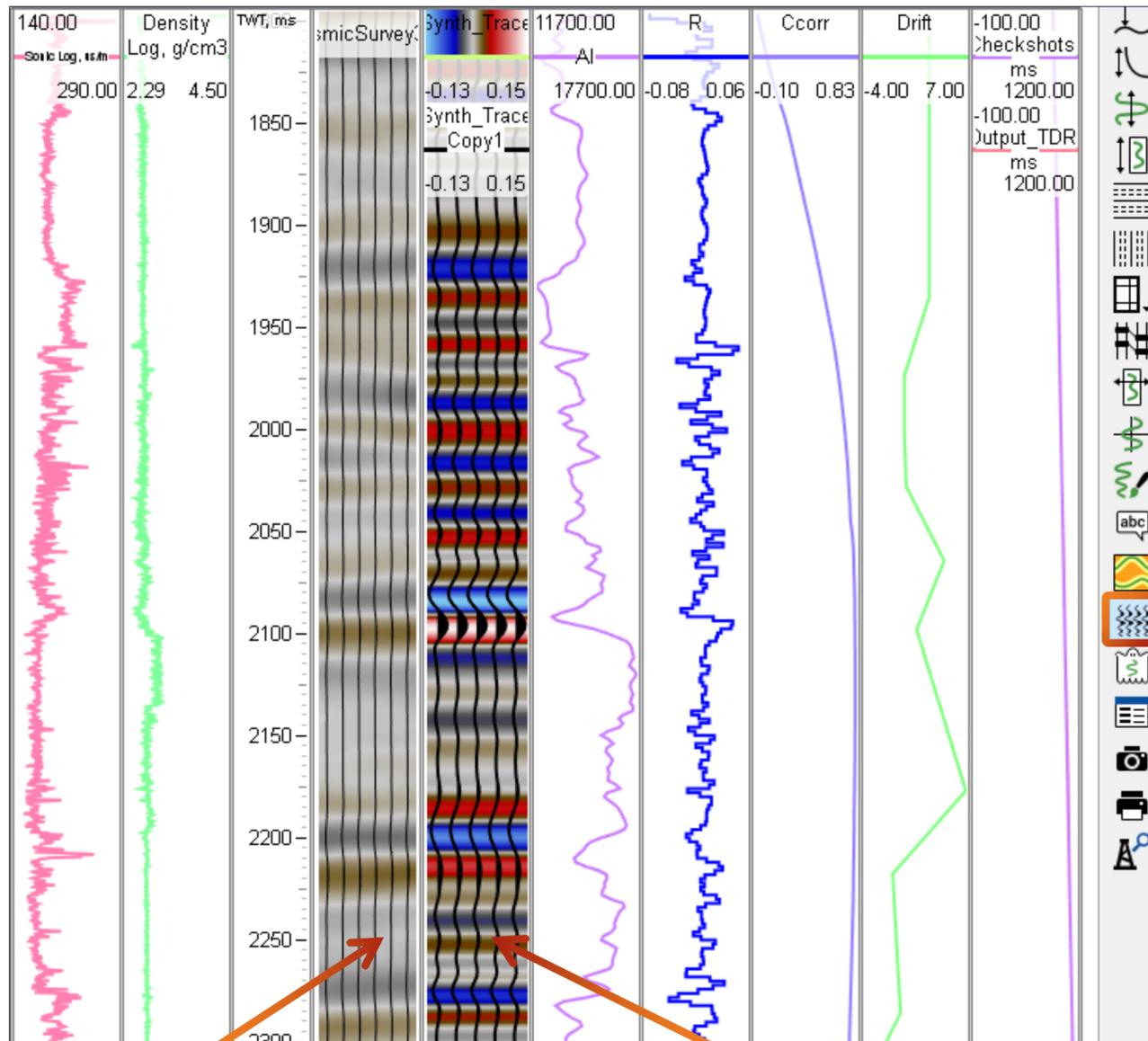
Статистический вейвлет



Детерминистические вейвлеты, извлеченные из разных скважин

# Расчет синтетических трасс

- Процесс **Привязка сейсмических данных к скважине** доступен во вкладке **Диаграмма скважин**. Кнопка расчета располагается на правой панели инструментов



Реальные трассы

Синтетические трассы

Инструменты для сдвига, растяжения и сжатия

Кнопка Привязка сейсмических данных к скважине

Привязка сейсмических данных к скважине

Исп. годограф ВСП: Checkshots

Тип отношения время/глубина: TWT

Исходные данные

Плотностная кривая ГИС: RHOV

Акустический каротаж: DT

Исп. уравнение Гарднера

Сеймика: Сейсмич. съемка 3D: SeismicSurvey3D1

Настроить маркеры и сейсмические горизонты

Результурующие кривые ГИС

Годограф ВСП: Output\_TDR

Кривая синт. сейсм: Synthetic\_Trace

Скорость: Vel

Импеданс: AI

Кэфф. отражения: R

Корреляция: RHOV

Checkshots Drift: DT

Окно корреляции: 500

Входной вейвлет: Сейсмич.вейвлет1

Вейвлет: Ricker

Длина, мс: 100

Фазовый сдвиг, град: 0

Несущая частота, Гц: 30

Ширина полосы импульса, Гц: 73,6

Длительность импульса, мс: 53,2

Форма сигнала

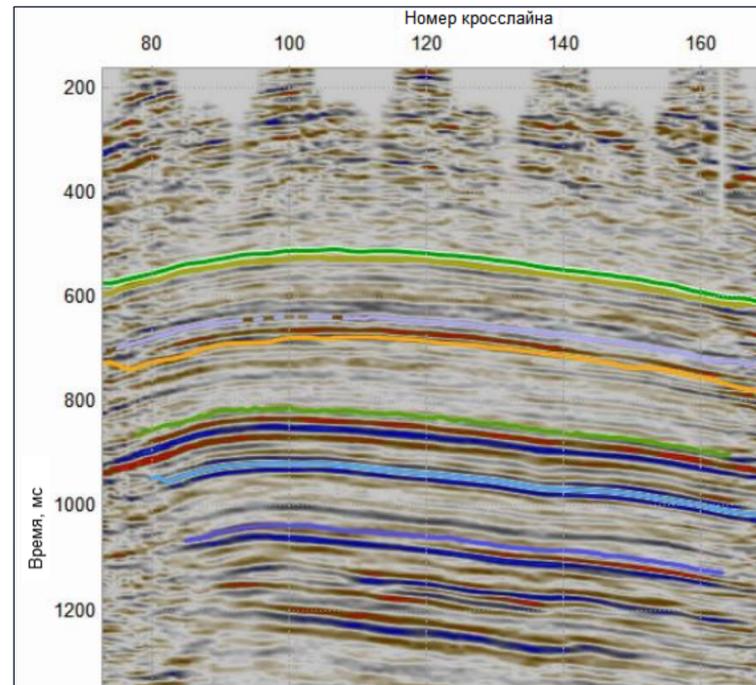
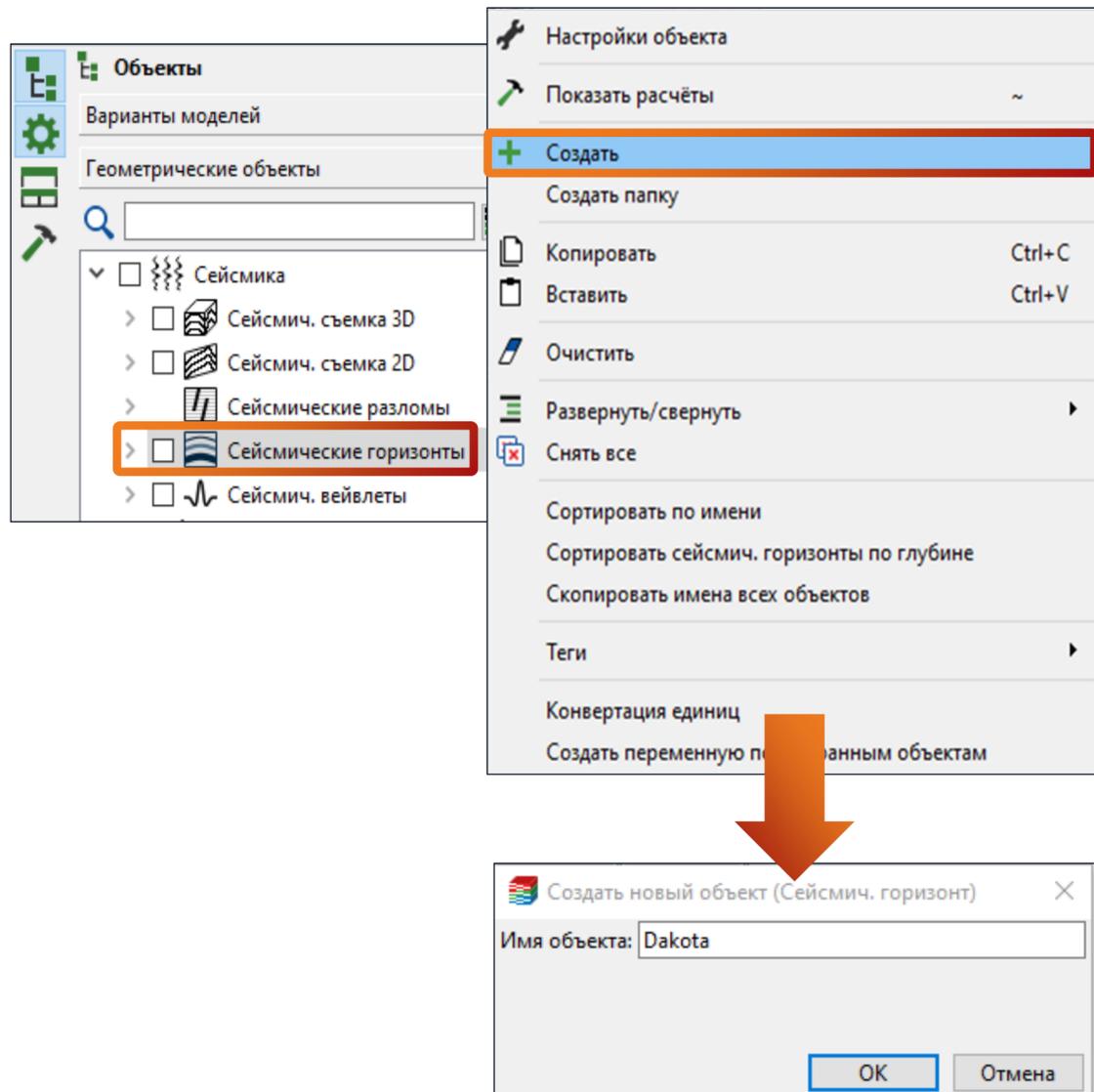
Амплитуда

Время, мс

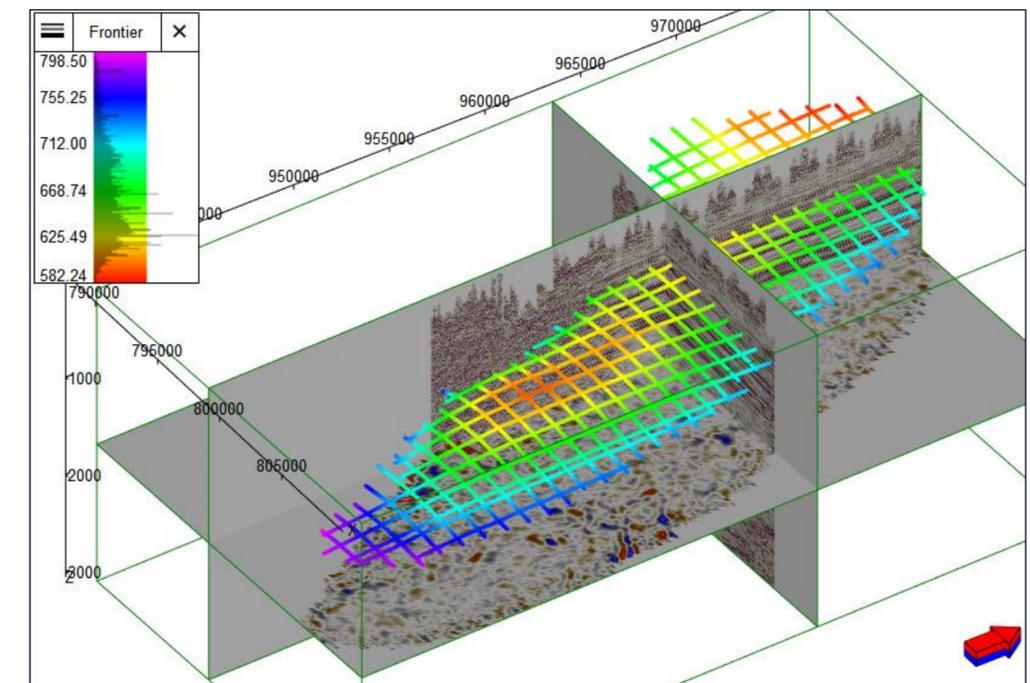
Окно расчета синтетических трасс

# Интерпретация сейсмических горизонтов и разломов

- Интерпретация сейсмических горизонтов и разломов может выполняться как во вкладке **Сейсмика**, так и во вкладке **3D**
- Для начала интерпретации необходимо создать новый сейсмический горизонт/разлом



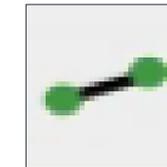
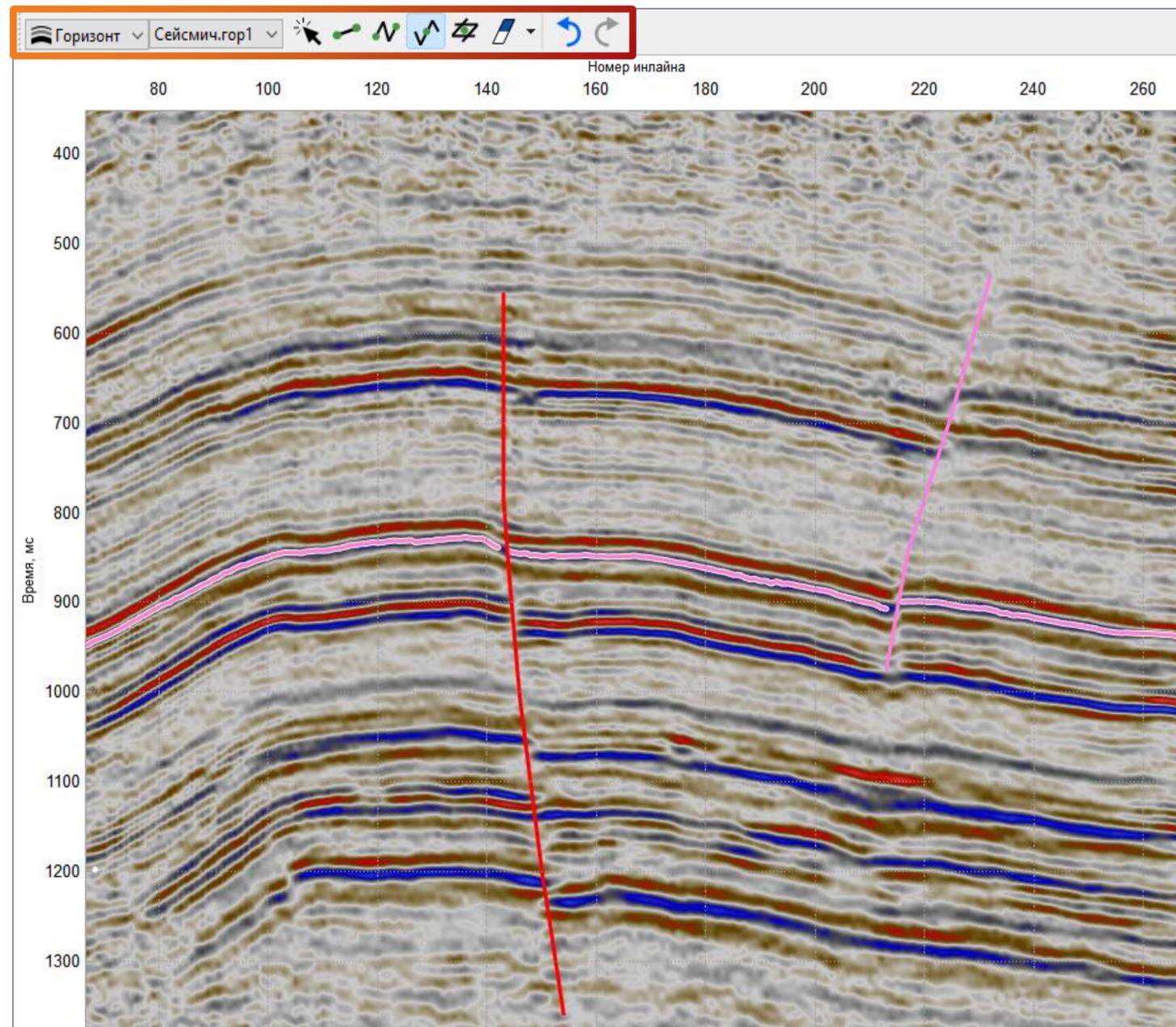
Вкладка Сейсмика



Вкладка 3D

# Инструменты интерпретации сейсмических горизонтов

- Инструменты интерпретации сейсмических горизонтов располагаются на верхней панели вкладки **Сейсмика**



**Ручная интерпретация**



**Ручная интерпретация с  
прослеживанием фазы**



**Автоматическая 2D интерпретация**



**Автоматическая 3D интерпретация**



**Ластик**



**Отменить/Повторить**

# Автопрослеживание сейсмических горизонтов

- 3D Автопрослеживание сейсмических горизонтов также может быть выполнено с помощью окна **Расчеты** как для 2D, так и для 3D съемок

Расчёты - Сейсмические горизонты

Импорт

- Подсадить сейсмический горизонт на фазу
- Автопрослеживание по съемке 3D**
- Автопрослеживание по съемкам 2D
- Задать параметры сейсмич. горизонта
- Создать сейсмический горизонт по набору точек
- Создать сейсмический горизонт по горизонту
- Привязать сейсмический горизонт к съемке
- Сглаживание сейсмического горизонта
- Прореживание сейсмического горизонта
- Обрезка сейсмического горизонта по многоугольнику

Автопрослеживание по съемке 3D

Сейсмич. съемка 3D: SeismicSurvey3D1

Сейсмич. горизонт (исходный): TopFrontier

Сейсмич. горизонт (результрующий): Сейсмич.горизонт1

Многоугольник: seis\_hor\_pol

Обрезать горизонт по многоугольнику

Очистить результирующий горизонт перед расчётом

Зафиксировать входные точки горизонта

Останавливать на сейсмических разломах

	Исп.	Сейсмический разлом
1	<input checked="" type="checkbox"/>	SeismicFault2
2	<input checked="" type="checkbox"/>	SeismicFault1

Автоопределение # Фильтр по тегам

Настройки корреляции

Фаза: Положительная

Окно корреляции, мс: 20

Лимит коэффициента корреляции, %: 70

Макс. сдвиг по вертикали, мс: 20

Применить пространственное ограничение, трассы: 200

Высокое разрешение

Многонаправленная корреляция

Тип точки для использования: Исходные

Вертикальные границы

Верхняя граница

Постоянная  Горизонт

Горизонт: Carile

Отступ, мс: -10

Нижняя граница

Постоянная  Горизонт

Горизонт: FallRiver

Отступ, мс: 30

Очистить Добавить в Workflow Применить Закрыть ?

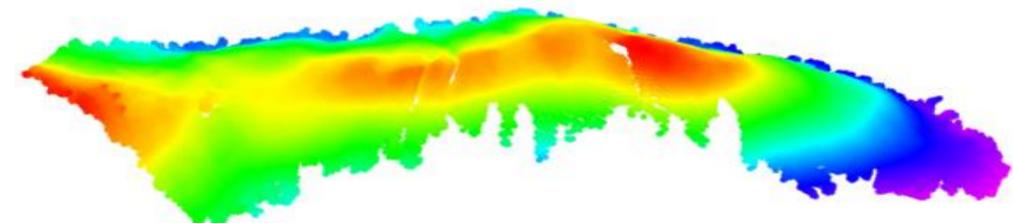
Доступные  
расчеты для  
сейсмических  
горизонтов

Автопрослеживание внутри многоугольника

Выбор сейсмических разломов для учета при автопрослеживании (корреляция не будет выполняться на пересечениях горизонтов и разломов)

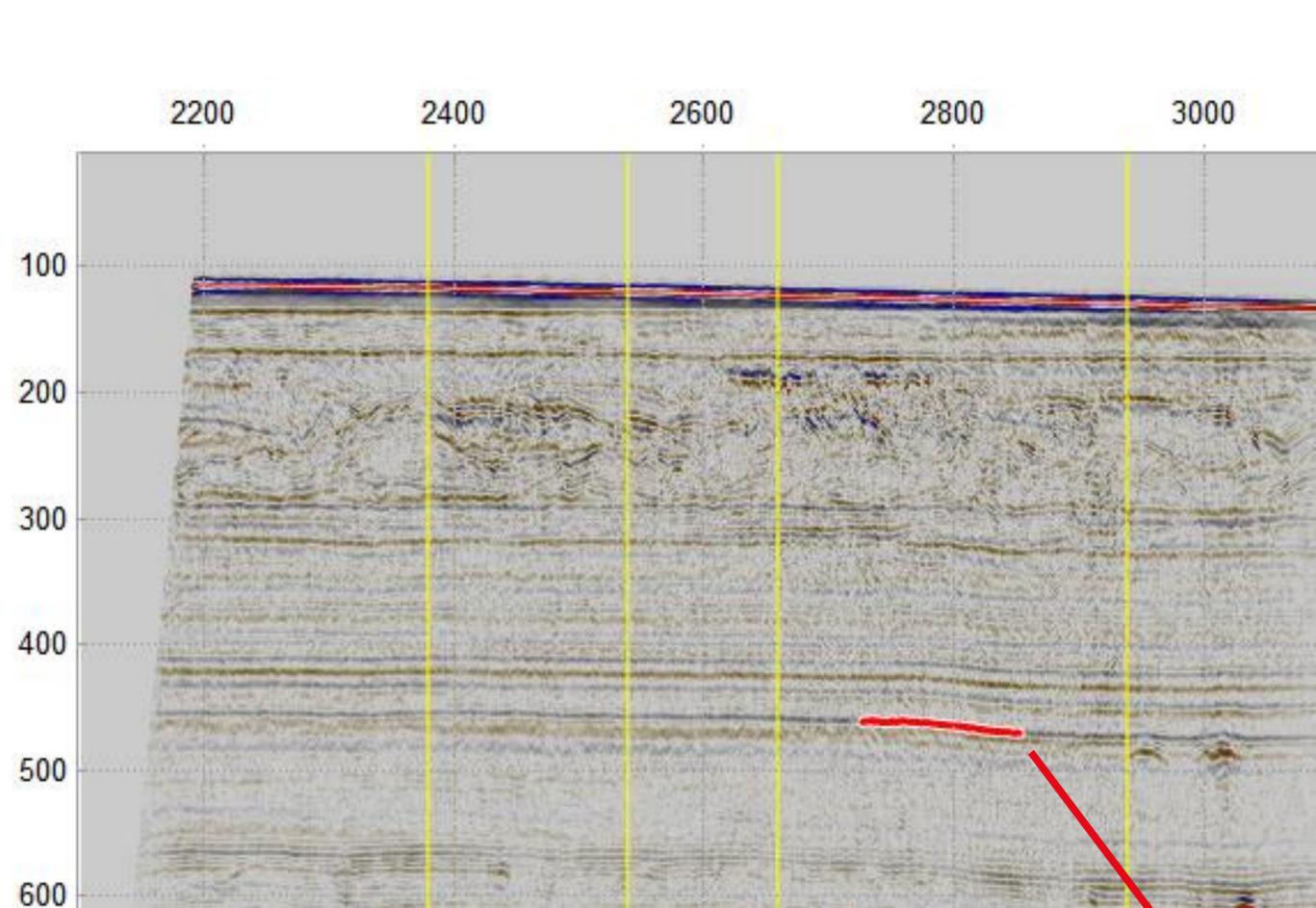
Выбор параметров автопрослеживания

Выбор вертикальных границ, внутри которых будет выполняться автопрослеживание (постоянные или горизонты)



# Автопрослеживание сейсмического горизонта по съемкам 2D

- Автопрослеживание сейсмического горизонта по набору сейсмических профилей 2D

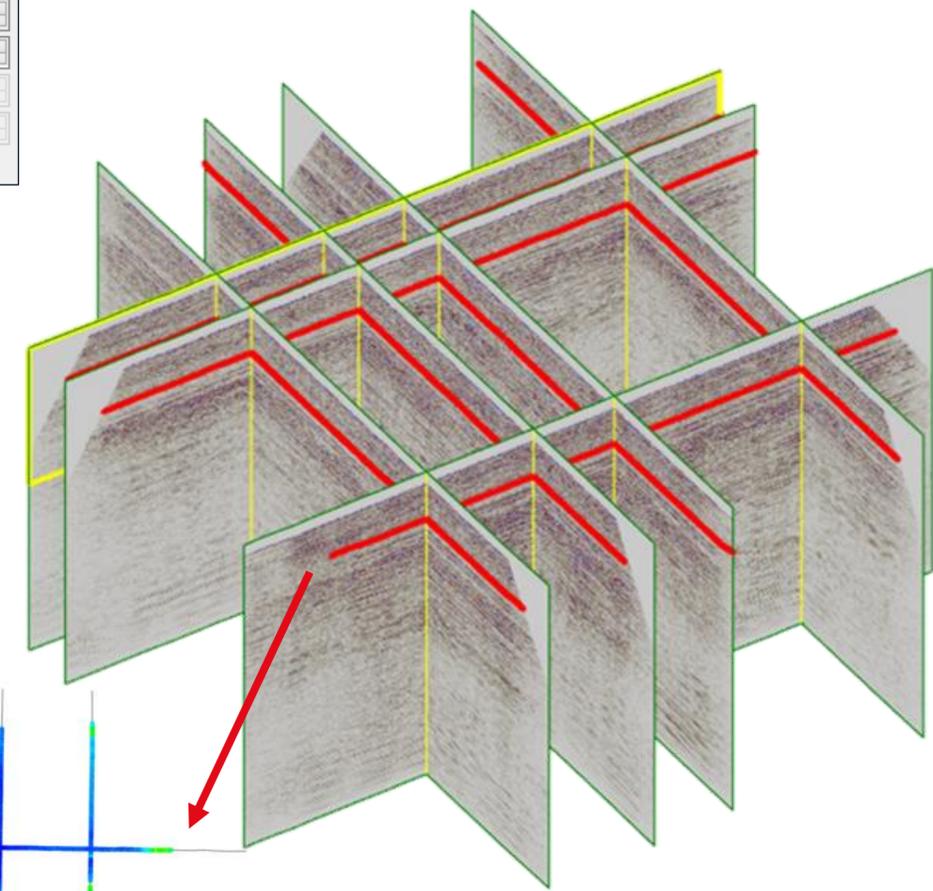


Сейсмический горизонт, прослеженный вручную

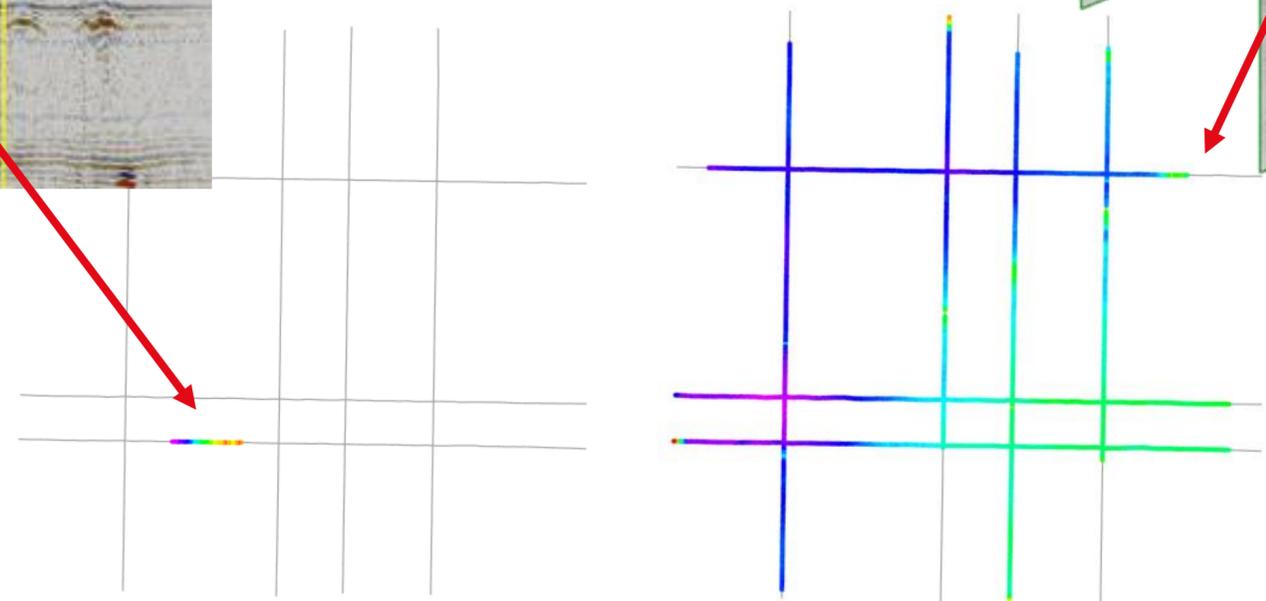
▼ Параметры автоматич. прослеживания

Фаза:	Отрицательная
Окно корреляции, мс:	10
Лимит коэффициента корреляции, %:	30
<input type="checkbox"/> Макс. сдвиг по вертикали, мс:	20
<input type="checkbox"/> Применить пространственное ограничение, трассы:	200
<input checked="" type="checkbox"/> Высокое разрешение	

Параметры автопрослеживания

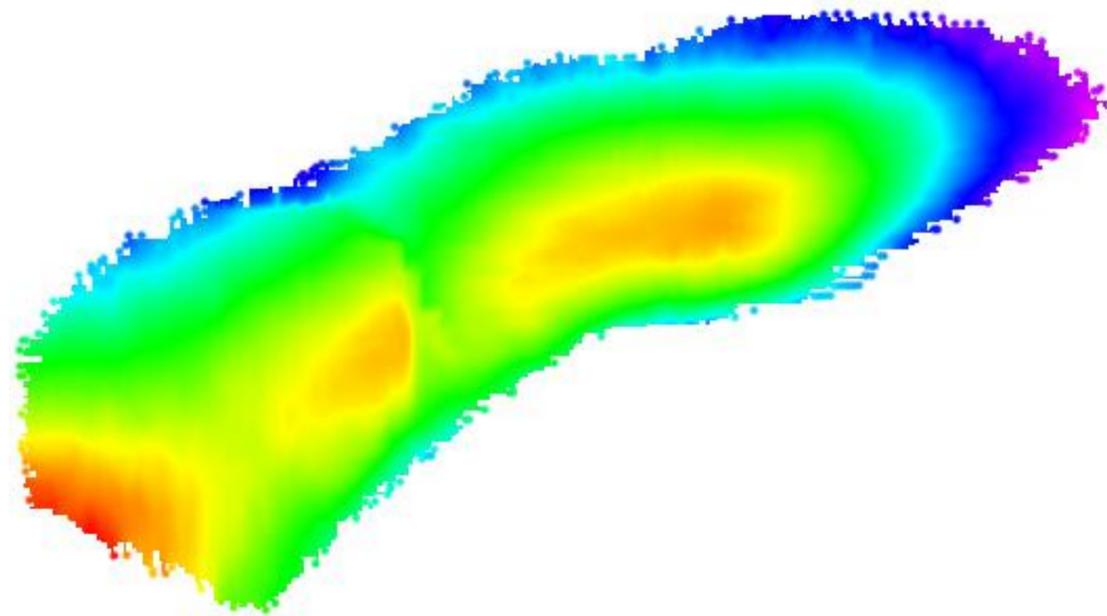


Результат автопрослеживания сейсмического горизонта

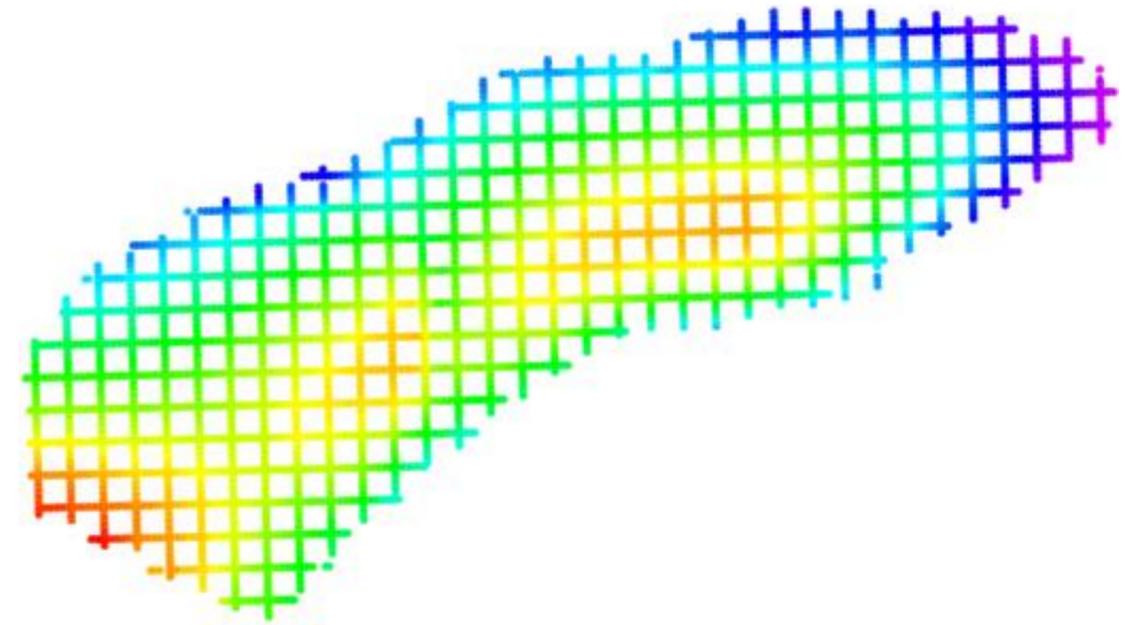


# Прореживание сейсмического горизонта

- Корреляция сейсмического горизонта может быть прорежена с заданным шагом по инлайнам и кросслайнам



Автопрослеженный  
сейсмический горизонт



Прореженный сейсмический горизонт с  
шагом 10 по инлайнам и кросслайнам

# Выделение сейсмических разломов

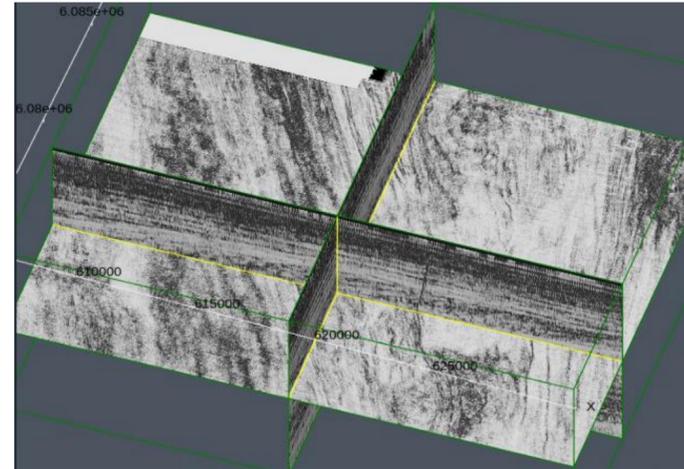
- Выделение сейсмических разломов осуществляется с помощью инструментов ручной интерпретации
- Для поиска и выделения разломов доступно множество структурных атрибутов 3D

## ▼ Рассчитать атрибуты

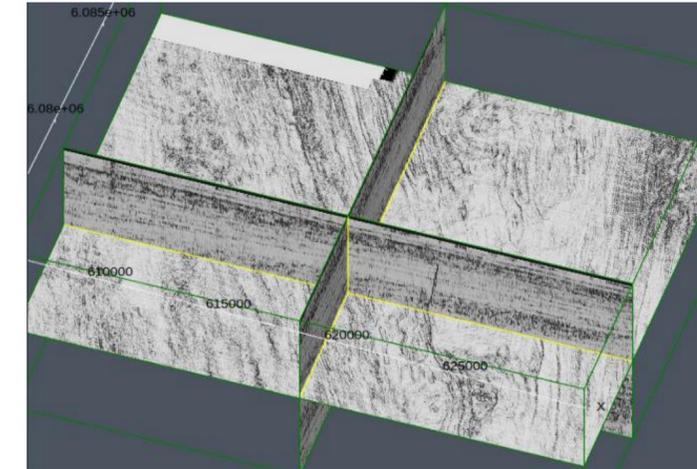
- > Все атрибуты
- > Атрибуты амплитуд
- > Мгновенные атрибуты
- > Обработка сигналов

## ▼ Структурные атрибуты

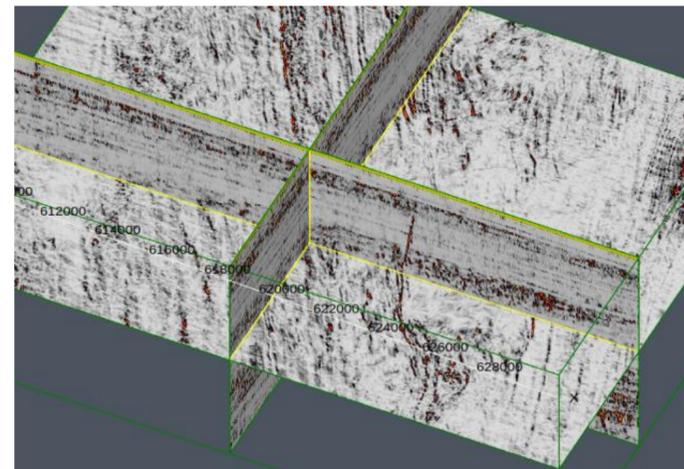
- Амплитудная контрастность
- Хаос
- Когерентность
- Контрастная когерентность 8
- Фильтр Кувахары
- Адаптивный фильтр Кувахары
- Медианный фильтр
- Динамическая трансформация временной шкалы
- Градиент магнитуды
- Локальная структурная когерентность
- Локальная структурная дисперсия
- Локальный структурный азимут
- Локальный структурный наклон
- Структурно-зависимый фильтр Кувахары
- Структурно-зависимый адаптивный фильтр Кувахары
- Локальная плоскость
- Структурное сглаживание
- Дисперсия
- Выделение разломов (метод Хребтов)



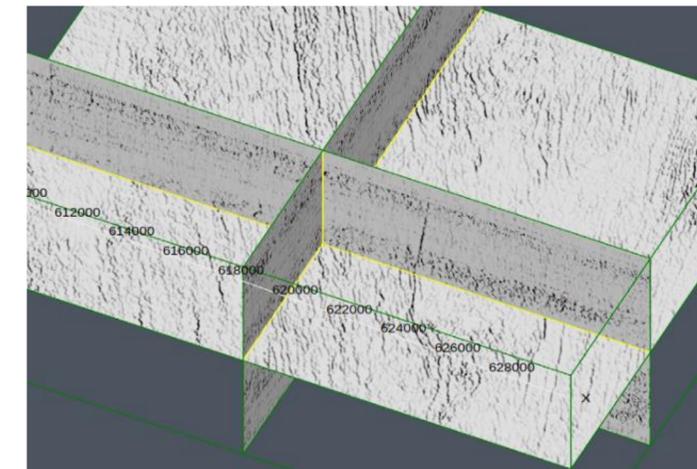
Когерентность



Когерентность, рассчитанная на основе Фильтра Кувахары



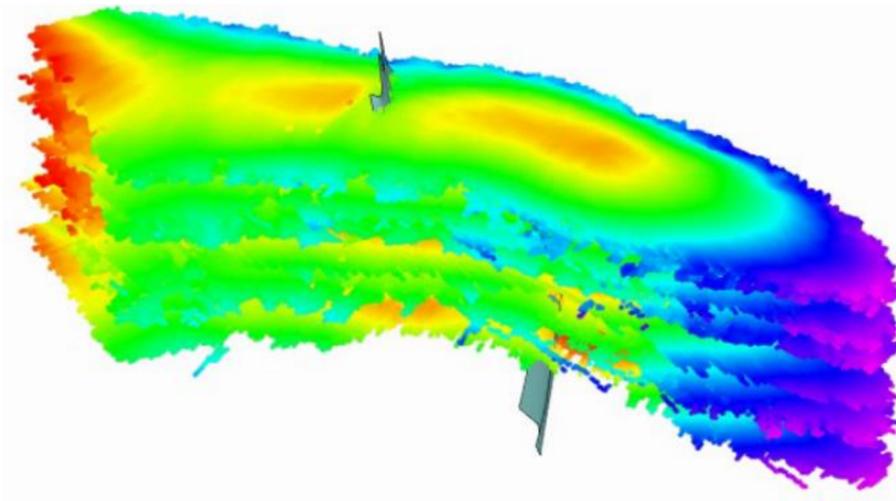
Контрастная когерентность 8



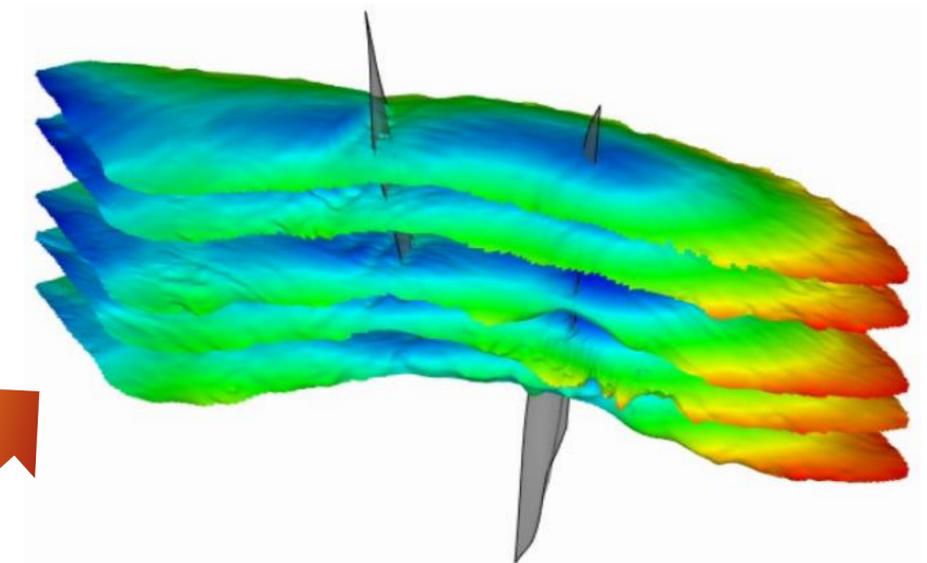
Выделение разломов (метод Хребтов), рассчитанный на основе Контрастная когерентность 8

# Интерполяция сейсмических горизонтов и разломов

- Сейсмические горизонты и разломы могут быть преобразованы в геологические горизонты и разломы. Доступно преобразование как для одного объекта (горизонта или разлома), так и для нескольких объектов сразу



Сейсмические горизонты и разломы на входе



Горизонты и разломы на выходе

Создать горизонт по сейсмич. горизонту

Несколько горизонтов

Префикс:

Пользовательская папка: Vavg\_maps\_extracted

Очистить папку

	Исп.	Сейсмический горизонт	Горизонт	Область	Сейсмические съемки
1	<input checked="" type="checkbox"/>	TopFrontier	TopFrontier	Время	3D: [SeismicSurvey3D1 ] 2D: [li
2	<input checked="" type="checkbox"/>	Carlile	Carlile	Время	3D: [SeismicSurvey3D1 ]
3	<input checked="" type="checkbox"/>	KF2	KF2	Время	3D: [SeismicSurvey3D1 ]
4	<input checked="" type="checkbox"/>	TopDakota	TopDakota	Время	3D: [SeismicSurvey3D1 ]
5	<input checked="" type="checkbox"/>	FallRiver	FallRiver	Время	3D: [SeismicSurvey3D1 ]
6	<input checked="" type="checkbox"/>	CrowMountain	CrowMountain	Время	3D: [SeismicSurvey3D1 ]

Автоопределение # Фильтр по тегам

Определить сетку по исходным горизонтам

Настройки 2D сетки

Обрезать горизонт по многоугольнику: seis\_hor\_pol

Интерполировать горизонт

Настройки глубинного преобразования

# Преобразования Время-Глубина

- Для преобразования объектов из времени в глубину необходима скоростная модель
- Преобразования **Время-Глубина** в тНавигатор может выполняться с помощью 3D Модели глубинного преобразования, 2D-карт или кривой отношения время/глубина
- Построение 3D **Модели глубинного преобразования** основано на кубах интервальных или средних скоростей, которые могут быть загружены в проект

## Преобразование время-глубина

Преобразование сейсмической скорости

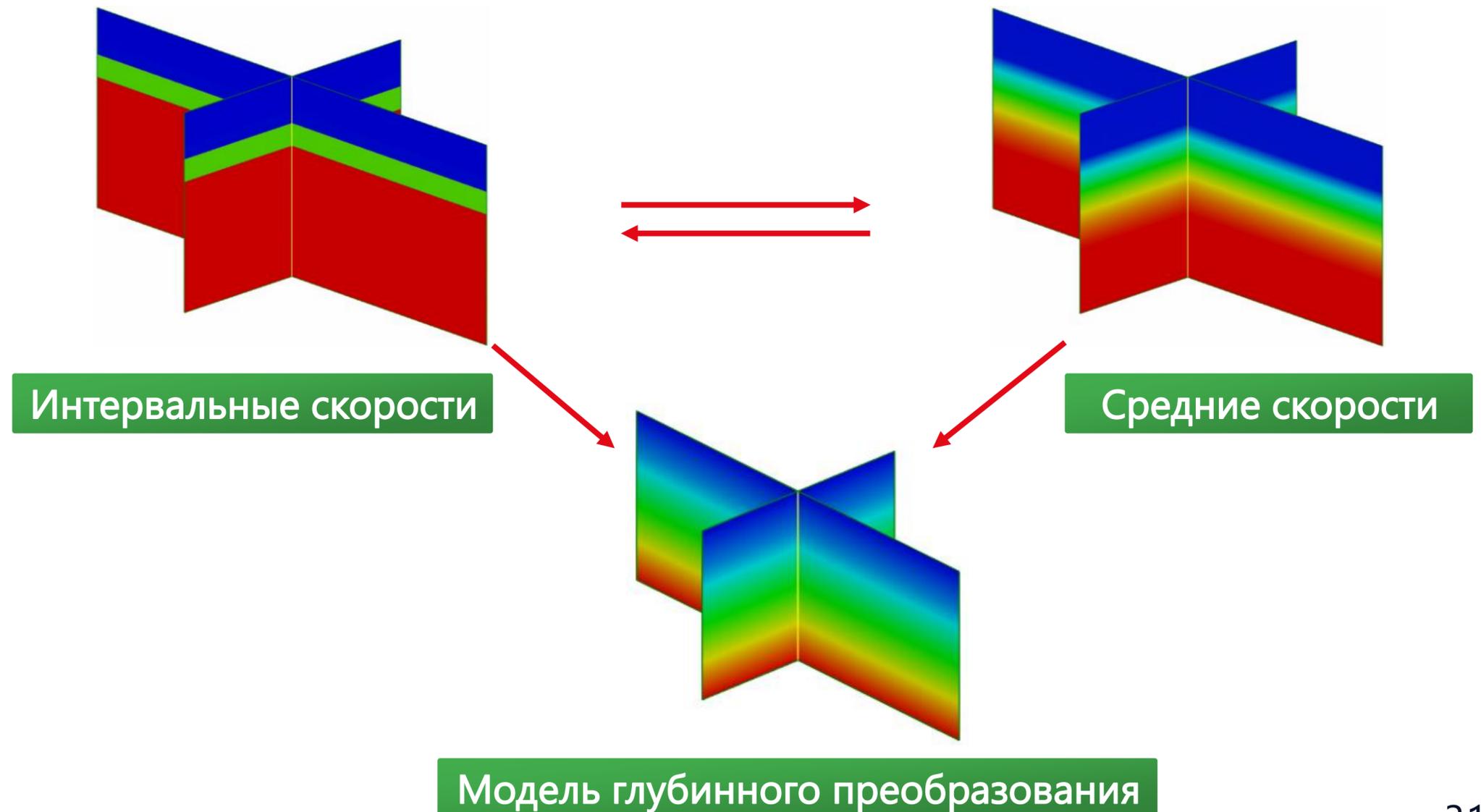
Построение скоростной модели

Модель глубинного преобразования

Глубинное преобразование

Доступные типы преобразования скорости

Интервальные в Средние
Интервальные в Средние
Средние в Интервальные
Скорости Суммирования в Интервальные
Скорости Суммирования в Средние



# Построение скоростной модели

- Структурно-зависимая 3D скоростная модель может быть построена с использованием временных горизонтов и маркеров по скважинам. Результатом такого расчета является слоистая модель интервальных скоростей
- Построение модели основано на расчете карт интервальных скоростей, где значения каждого слоя изменяются по латерали и остаются постоянными по вертикали
- Выходной куб может быть использован в качестве исходных данных для построения **Модели глубинного преобразования**

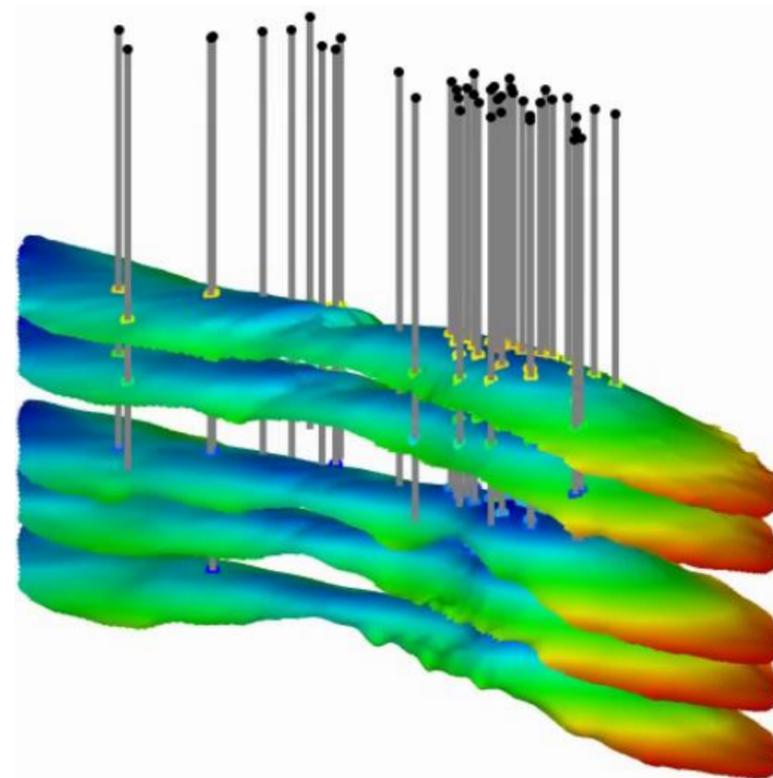
## ▼ Преобразование время-глубина

Преобразование сейсмической скорости

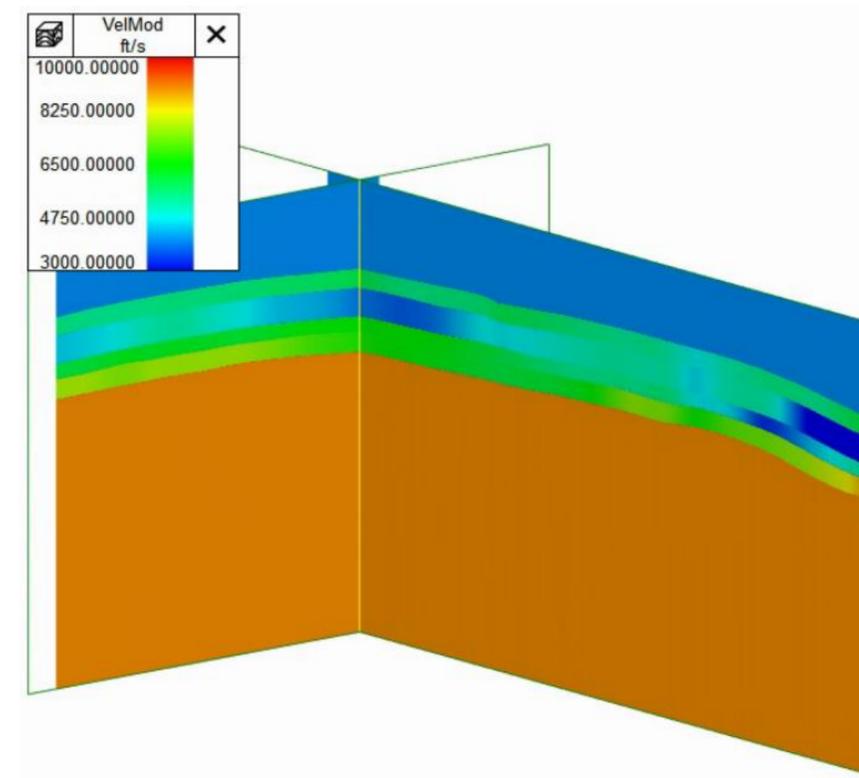
Построение скоростной модели

Модель глубинного преобразования

Глубинное преобразование



Горизонты, скважины и маркеры визуализированы во временной области



Выходной куб интервальных скоростей

# Преобразование Время-Глубина

- Горизонты, Разломы, Наборы точек, Многоугольники и Сейсмические съемки могут быть сконвертированы из временной области в глубинную с использованием Модели глубинного преобразования

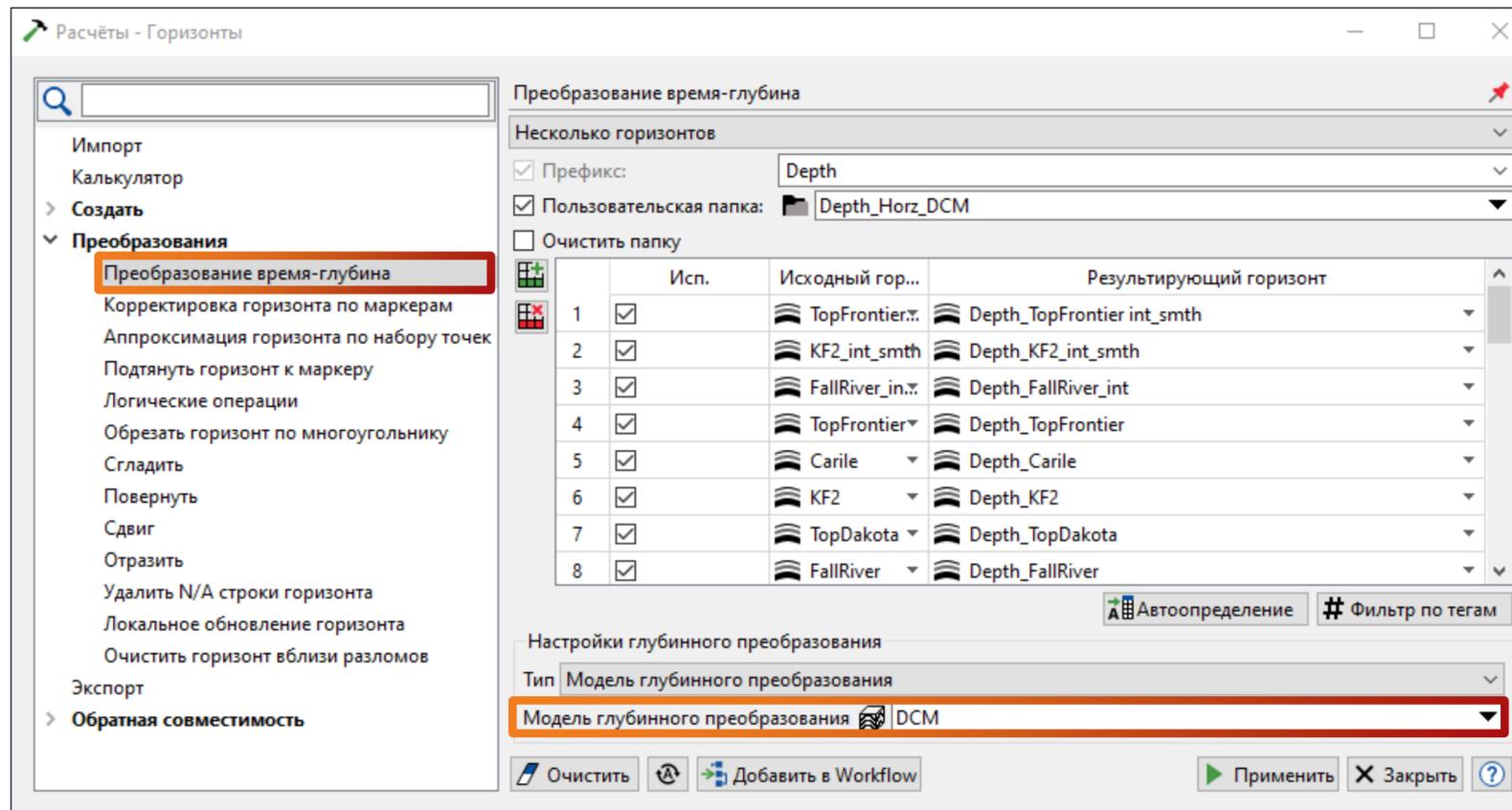
## Преобразование время-глубина

Преобразование сейсмической скорости

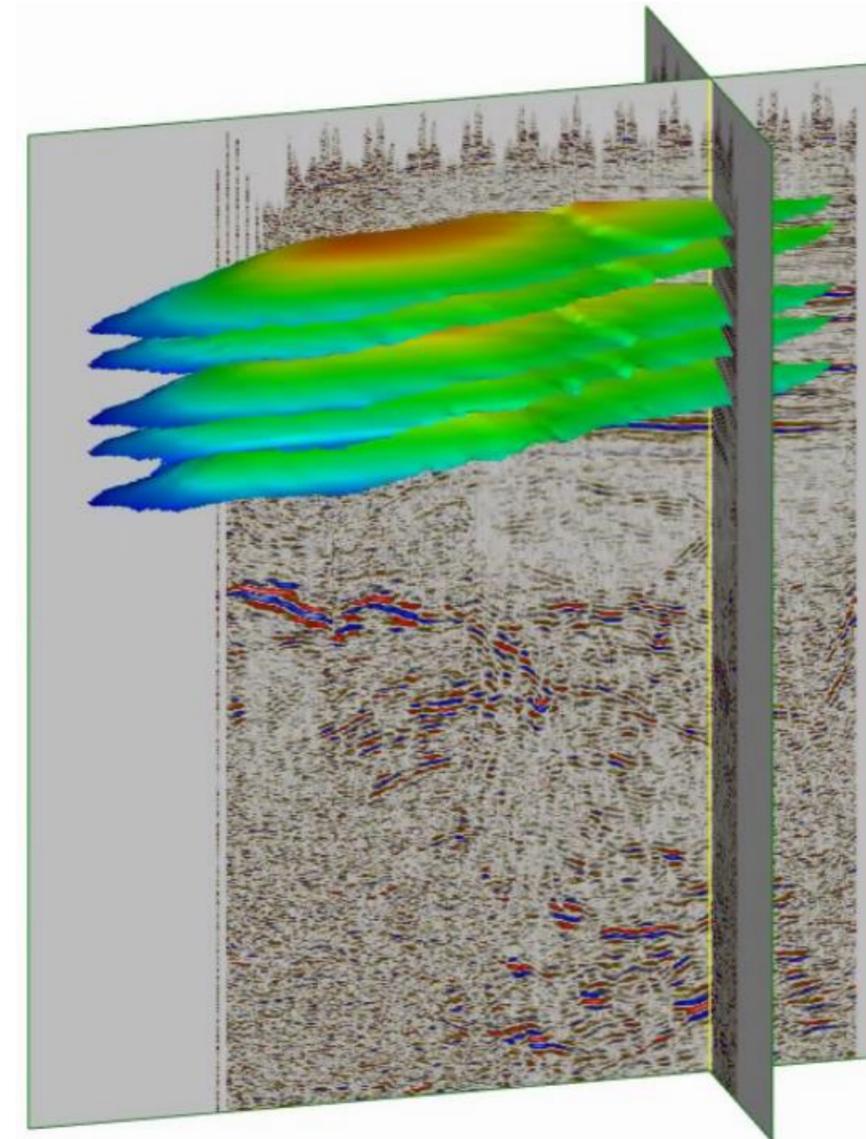
Построение скоростной модели

Модель глубинного преобразования

Глубинное преобразование



Преобразование для  
нескольких горизонтов



Сейсмический куб и  
горизонты в глубинной  
области

# Содержание:

---

- Сейсмические атрибуты 3D
- Спектральная декомпозиция
- Поверхностные атрибуты
- Алгоритмы машинного обучения
- Атрибутный анализ
- Линейная регрессия
- Workflows

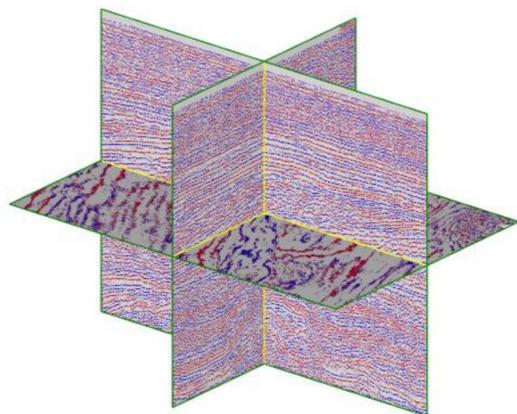
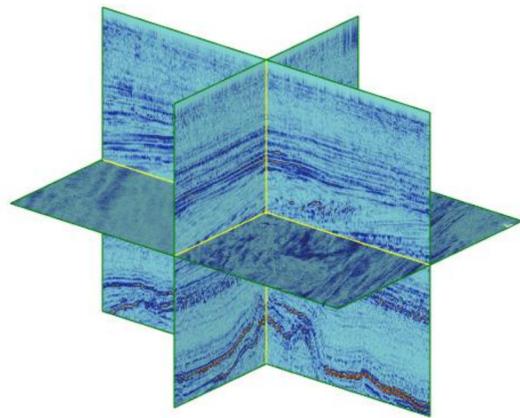
# Динамическая интерпретация

# Сейсмические атрибуты 3D

- Доступны более 40 Сейсмических атрибутов 3D, большинство из которых могут быть рассчитаны и настроены как интерактивные атрибуты (см. слайд 16)

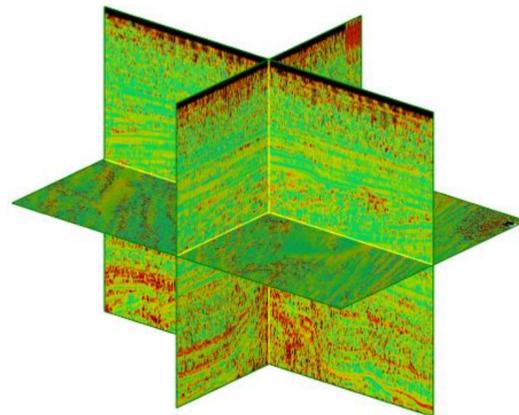
## Атрибуты амплитуд

Instantaneous Amplitude (Envelop)  
 Интенсивность отражения  
 Среднее квадратичное  
 Квадратурная амплитуда  
 Градиент трассы



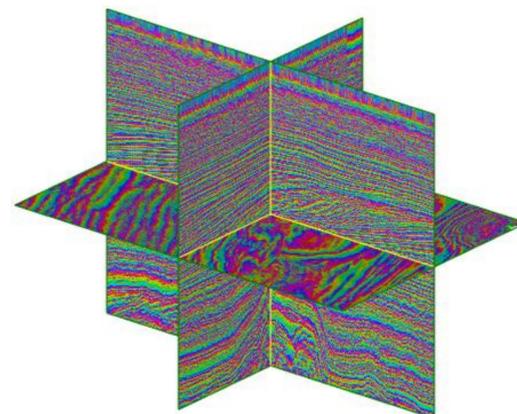
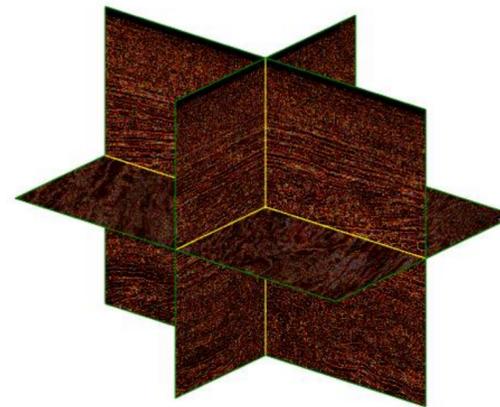
## Мгновенные атрибуты

Кажущаяся полярность  
 Косинус фазы  
 Доминантная частота  
 Instantaneous Amplitude (Envelop)  
 Мгновенная фаза  
 Мгновенная ширина полосы пропускания  
 Мгновенная частота  
 Мгновенное качество  
 Квадратурная амплитуда  
 Sweetness



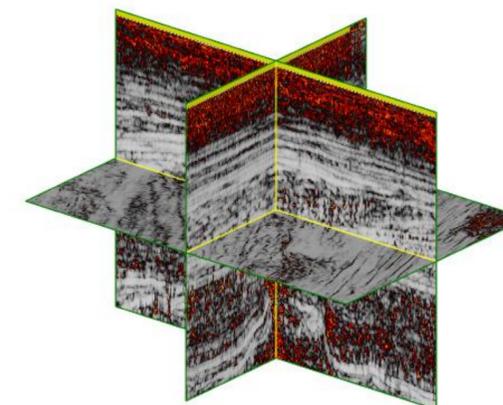
## Обработка сигналов

Амплитудный спектр  
 Первая производная  
 Вторая производная  
 Полосовой частотный фильтр  
 Фазовый сдвиг  
 Автоматическая регулюровка усиления (APU)  
 Фильтр Кувахары  
 Адаптивный фильтр Кувахары  
 Медианный фильтр



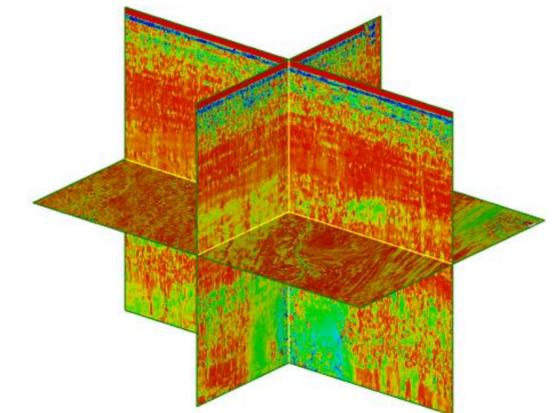
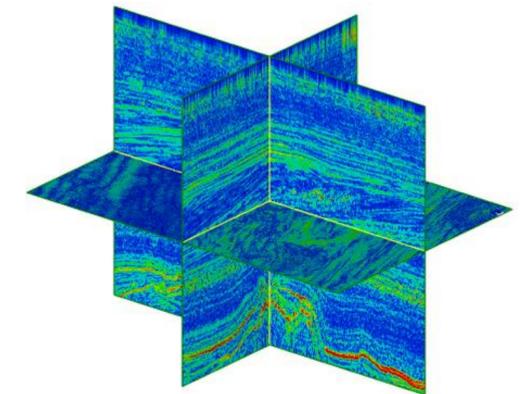
## Структурные атрибуты

Амплитудная контрастность  
 Хаос  
 Когерентность  
 Контрастная когерентность 8  
 Фильтр Кувахары  
 Адаптивный фильтр Кувахары  
 Медианный фильтр  
 Динамическая трансформация временной шкалы  
 Градиент магнитуды  
 Локальная структурная когерентность  
 Локальная структурная дисперсия  
 Локальный структурный азимут  
 Локальный структурный наклон  
 Структурно-зависимый фильтр Кувахары  
 Структурно-зависимый адаптивный фильтр Кувахары  
 Локальная плоскость  
 Структурное сглаживание  
 Дисперсия  
 Выделение разломов (метод Хребтов)



## Стратиграфические атрибуты

Кажущаяся полярность  
 Относит. акустический импеданс  
 Sweetness



# Спектральная декомпозиция

- При расчете **Спектральной декомпозиции** создаются 3 частотных куба, которые смешиваются в выходной RGB куб
- Для анализа результатов используются **Стратиграфические срезы**, которые могут быть визуализированы на вкладке **Сейсмика** или **3D**

Спектральная декомпозиция по сейсмич. съемке 3D

Исходная сейсмич. съемка: SeismicSurvey3D1

Выходной атрибут: Спектральная\_декомпозиция

Алгоритм декомпозиции: Огибающая

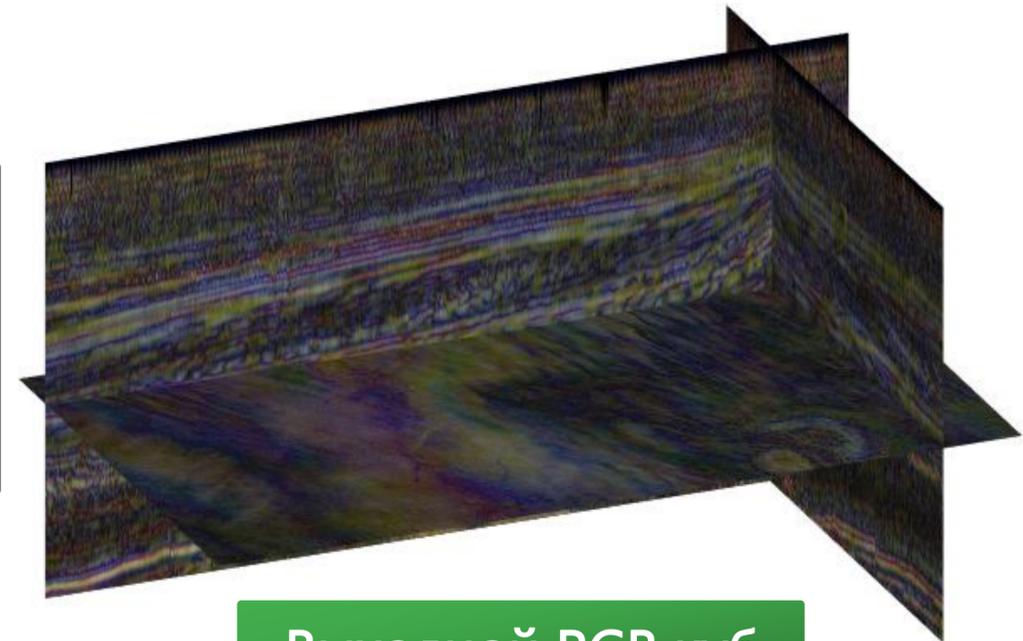
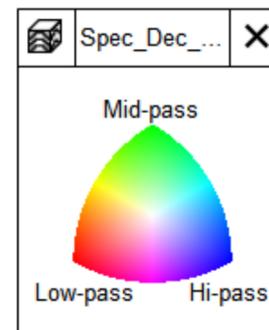
Тип вейвлета: Morlet

Яркость: 2,67

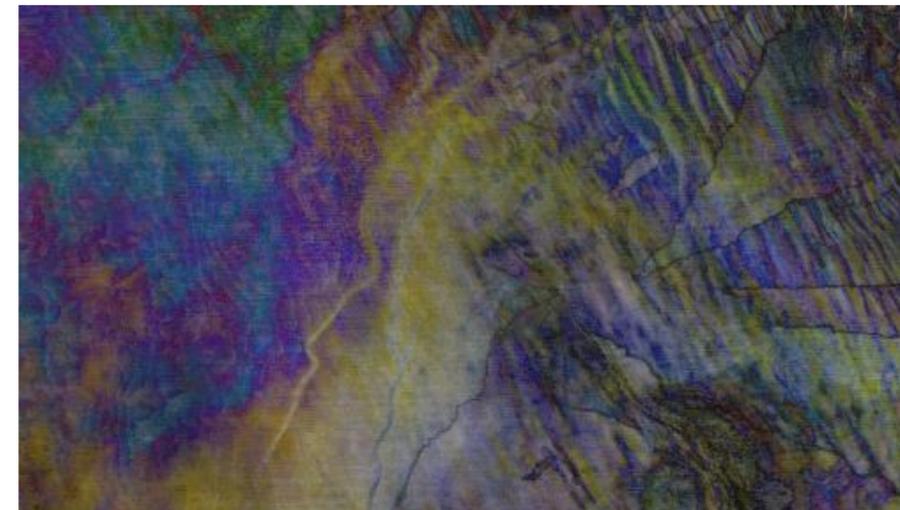
Канал	Красный (ФНЧ)	Зеленый (ФСЧ)	Синий (ФВЧ)
Частота, Гц:	22,95	35,40	52,73
Ширина полосы, Гц:	49,80	41,75	40,28
Линейное усиление:	0,98	0,98	0,98

Одинаковая ширина полосы пропускания и усиление для всех каналов

Автоопределение параметров



Выходной RGB куб

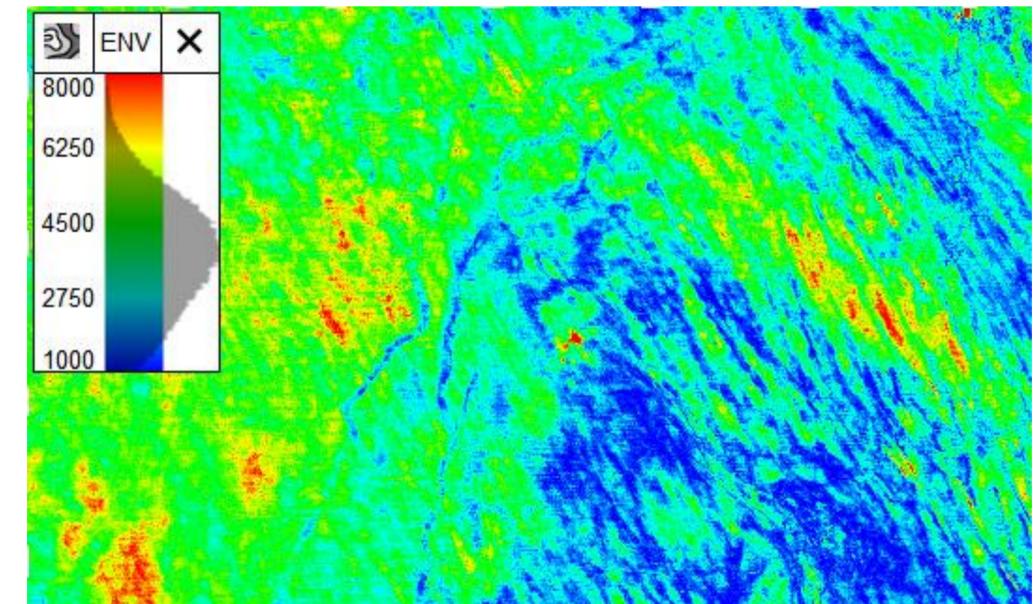
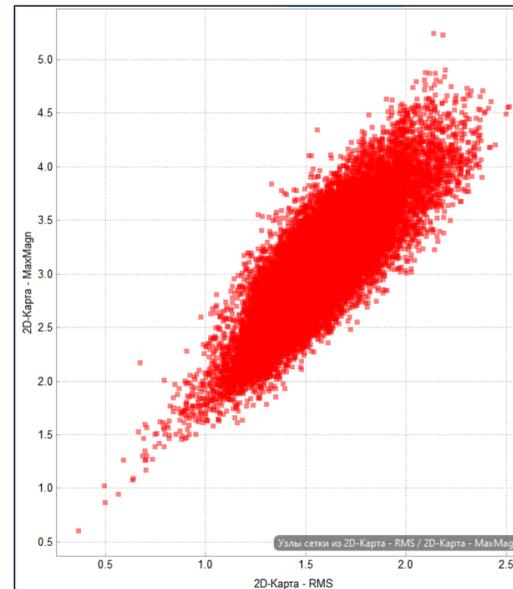
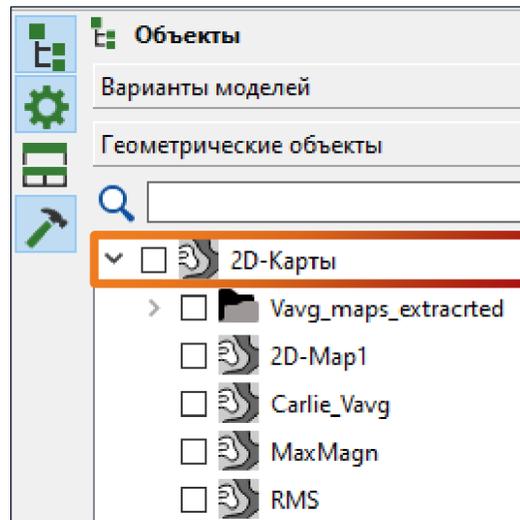


Стратиграфические срез

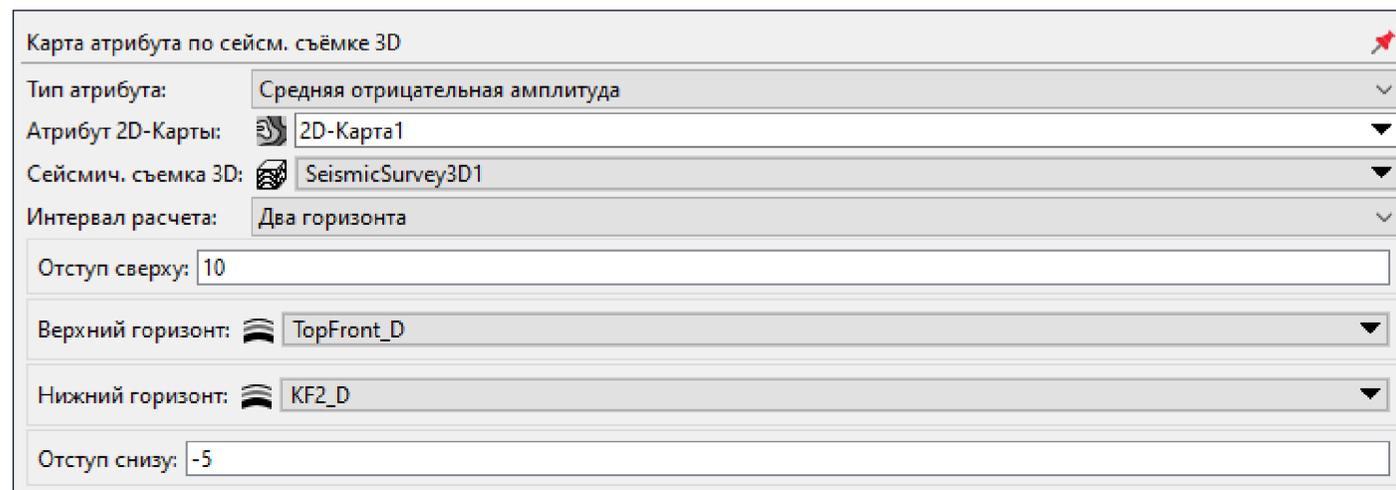
Кнопка Автоопределение параметров автоматически определяет оптимальные настройки (Яркость, Частота, Ширина полосы и Линейное усиление) цветowych каналов

# Поверхностные атрибуты

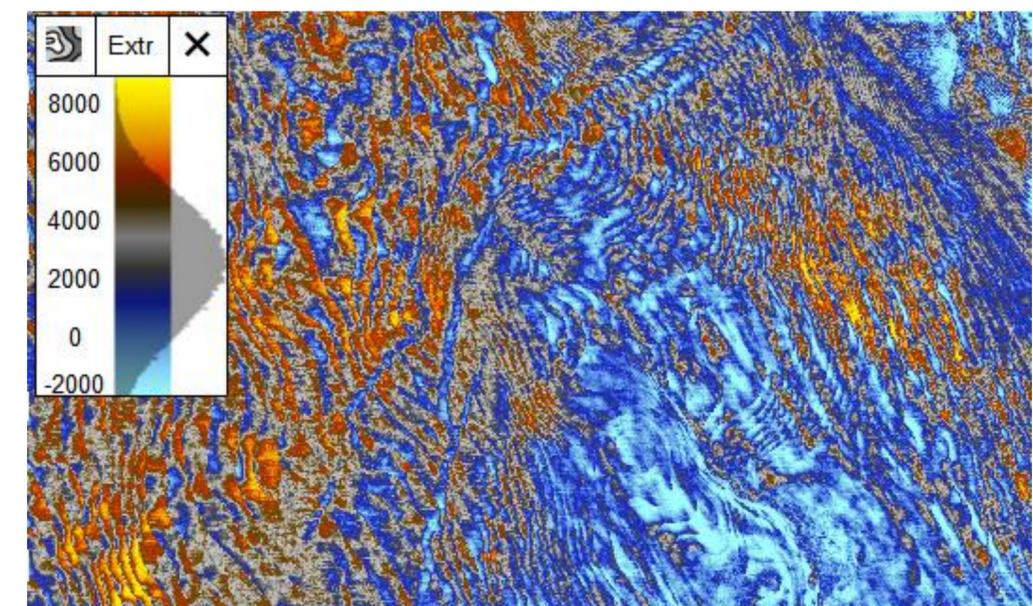
- В расчетах для **2D-карт** доступны более 50 поверхностных атрибутов
- Полученные **2D-карты** могут быть визуализированы на вкладках **2D, Кроссплот, Гистограмма**



Средняя огибающая



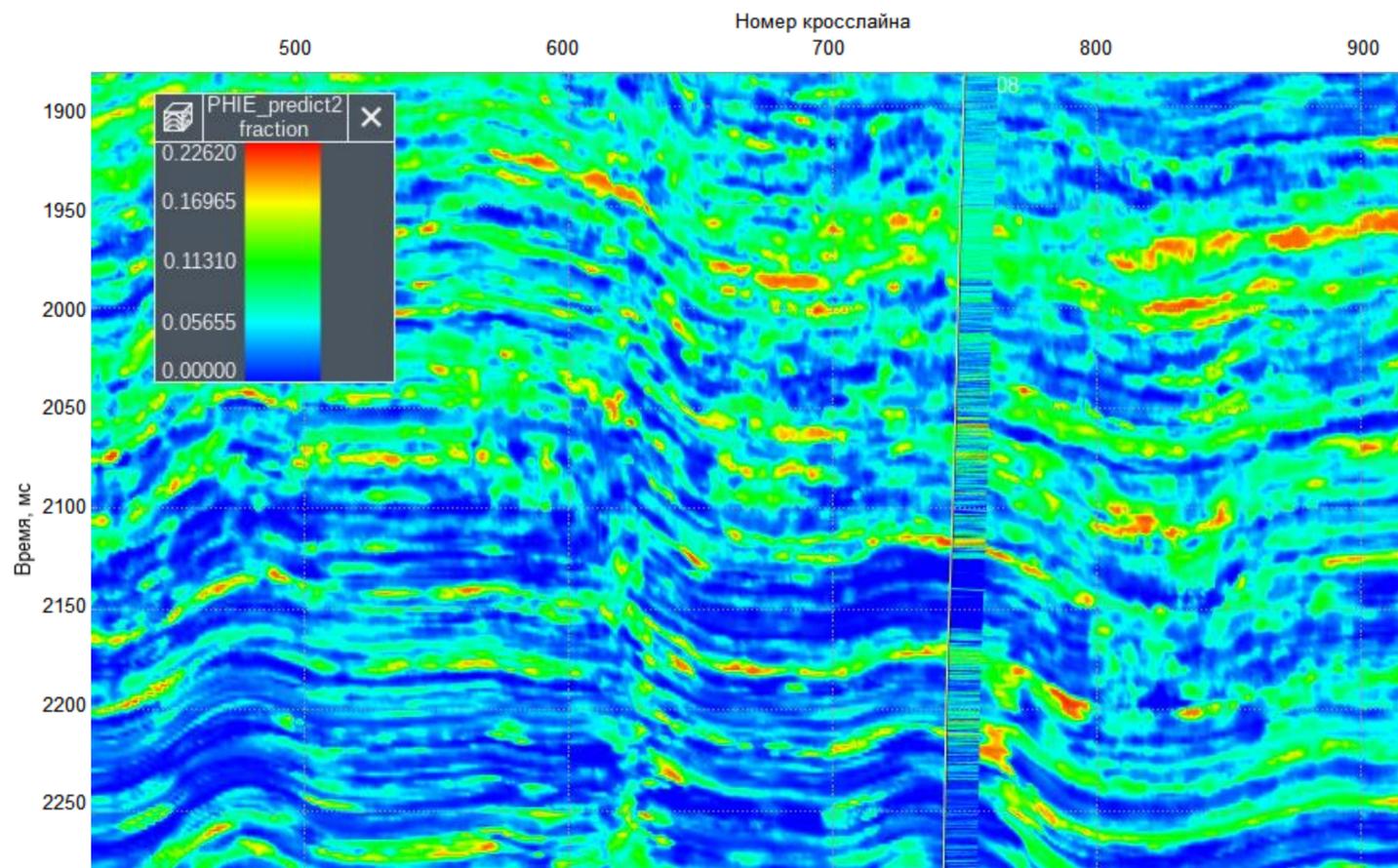
Окно расчета карты атрибута



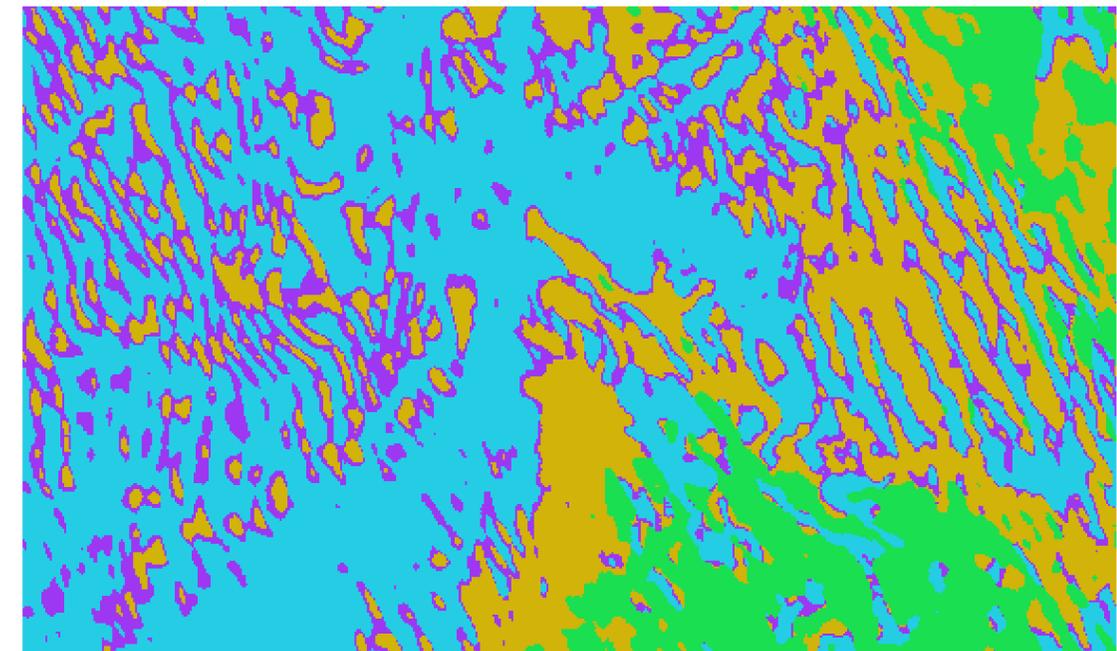
Извлеченное значение

# Алгоритмы машинного обучения

- **ML Сейсмическая инверсия** позволяет прогнозировать распределение петрофизических свойств в межскважинном пространстве на основе нейронных сетей, используя сейсмические и скважинные данные. Результатом прогноза является куб свойств
- Алгоритм **Кластеризация сейсмики по форме сигнала** рассчитывает 2D-карту кластеров или так называемых сейсмических фаций на основе алгоритма самоорганизующихся карт (SOM)



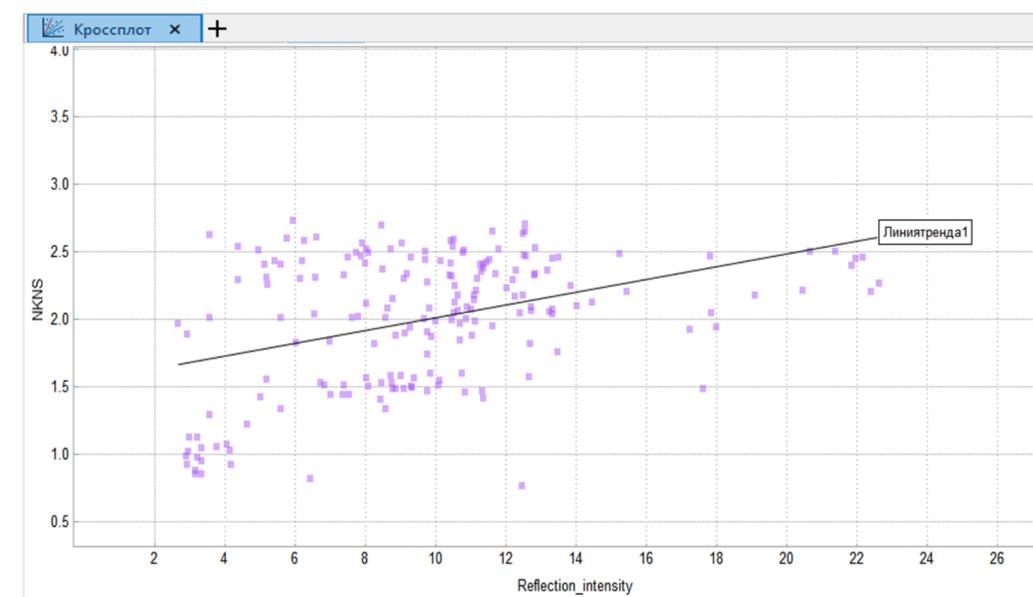
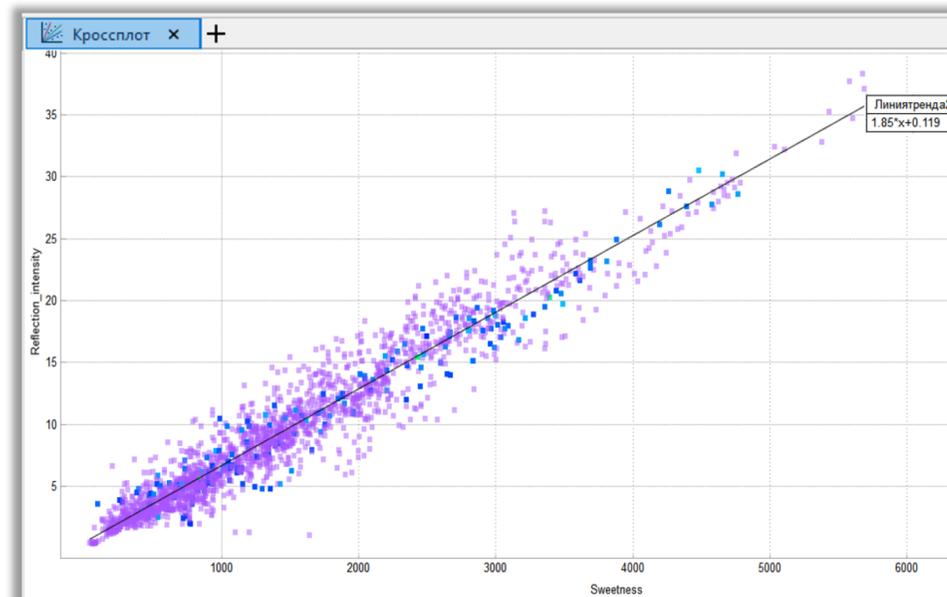
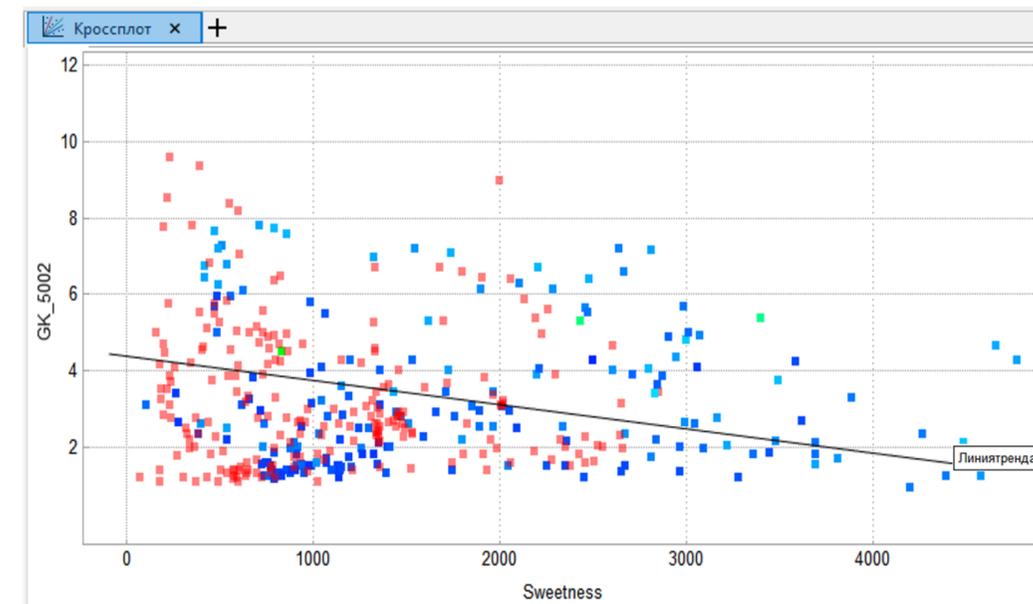
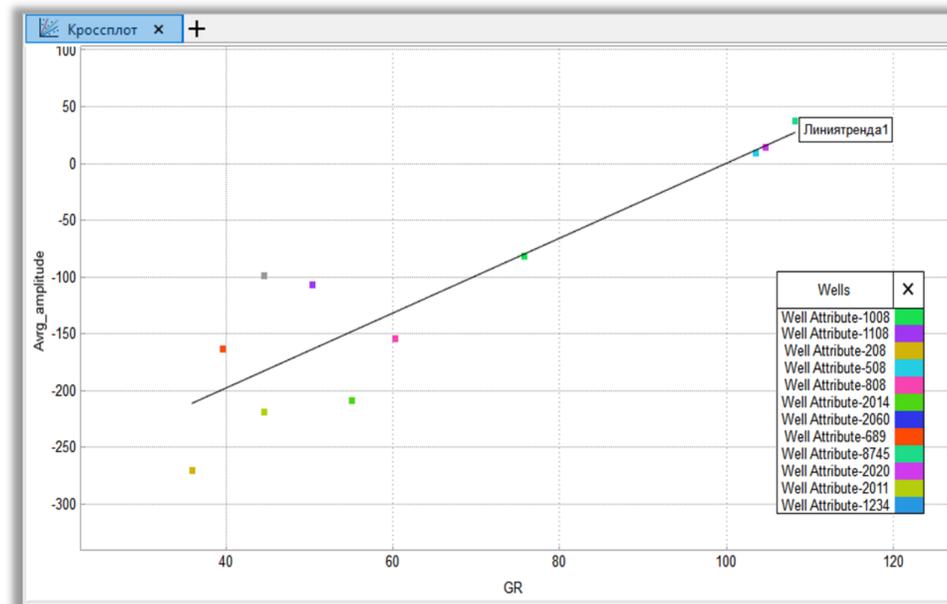
Совместная визуализация куба прогнозной пористости с каротажем пористости по тестируемой скважине



Карта сейсмofаций (4 класса)

# Атрибутный анализ

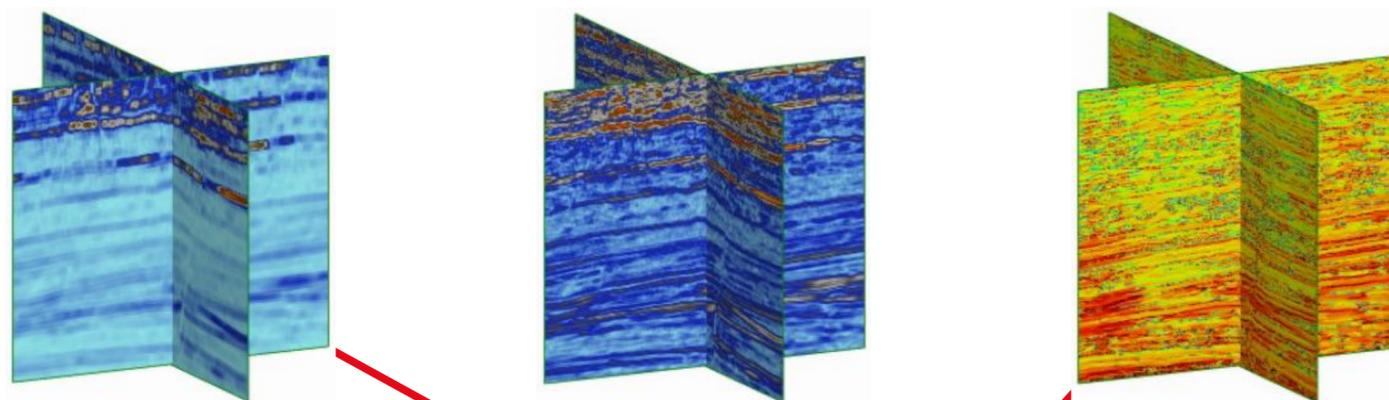
- Сейсмические данные, каротаж по скважинам, 2D-карты и горизонты могут быть визуализированы на вкладке **Кроссплот**
- Рассчитанные уравнения линии тренда могут быть использованы для последующих расчетов в калькуляторе



# Линейная регрессия

- Расчет линейной регрессии между сейсмическими данными, а также между сейсмическими данными и каротажем скважин
- Получение матрицы коэффициентов корреляции между всеми исходными данными
- Использование полученных уравнений в калькуляторе

## Сейсмические атрибуты



Каротажная кривая

		RMS	Sweetness	DFreq	F_PHIE
1	RMS	1.00	0.84	0.35	0.21
2	Sweetness	0.84	1.00	0.60	0.16
3	DFreq	0.35	0.60	1.00	0.06
4	F_PHIE	0.21	0.16	0.06	1.00
5	Linear Combination				0.22

Матрица относительных коэффициентов корреляции

Результирующий коэффициент корреляции

$$F\_PHIE = 0.068381 - 0.000015 * RMS + 0.000010 * Sweetness + 0.000024 * DFreq$$

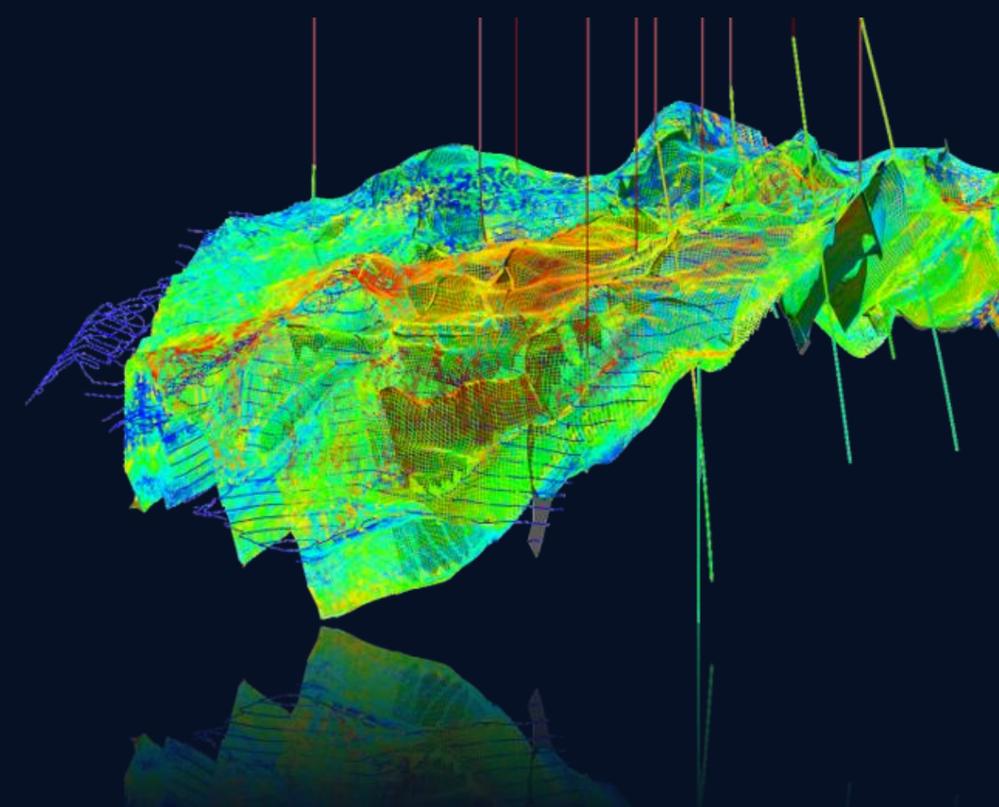
Correlation	RMS	Sweetness	DFreq	F_PHIE
RMS	1	0.840024	0.345617	0.211223
Sweetness	0.840024	1	0.600552	0.155778
DFreq	0.345617	0.600552	1	0.055376
F_PHIE	0.211223	0.155778	0.055376	1

## Сообщение в логе

# Workflows

- Использование workflows для автоматизации работы. Большинство сейсмических расчетов доступны на вкладке **Расчеты и Workflows**
- Используйте интерфейс для создания пользовательских рабочих процессов на python (Пользовательский код)

The screenshot displays the 'Расчеты и Workflows' (Calculations and Workflows) interface. On the left, a search bar is highlighted with a green box and labeled 'Поле для поиска расчетов' (Search field for calculations). Below it, a list of available calculations is shown, including 'Импорт сейсмической съемки 2D из SEG-Y файла' and 'Калькулятор'. In the center, a workflow editor shows a list of steps, with 'Калькулятор' (Calculator) selected and highlighted by a green box, labeled 'Добавление расчетов в workflow' (Adding calculations to workflow). On the right, the 'Калькулятор' (Calculator) configuration panel is visible, containing various input fields for seismic survey parameters such as 'Origin, фут', 'Length, фут', and 'Grid Step, фут'. A green box labeled 'Задайте параметры' (Set parameters) is overlaid on this panel. At the bottom, there are buttons for 'Проверить', 'Отладка Workflow', 'Запустить Workflow на Кластере', and 'Запуск workflow в изолированной среде', along with 'Запустить Workflow' and 'Закрыть' buttons.



# Хотите узнать больше?

Описание функционала, учебные курсы и видеоуроки доступны на сайте:

[irmodel.ru](http://irmodel.ru)

# Остались вопросы?

Обратиться в техническую поддержку:

[tnavigator@irmodel.ru](mailto:tnavigator@irmodel.ru)

