

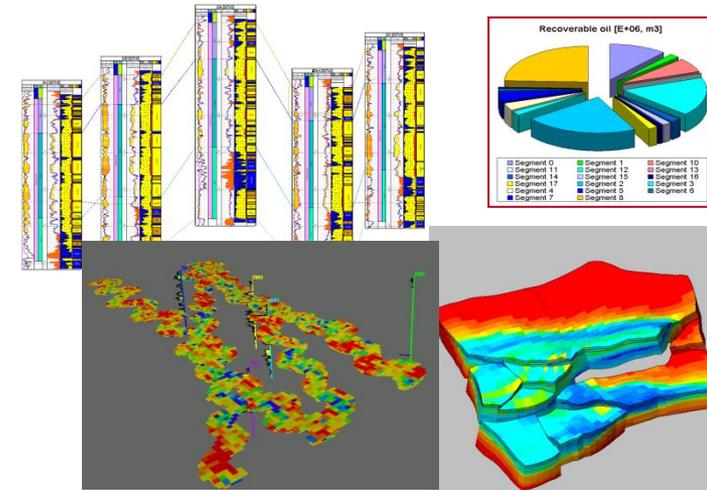
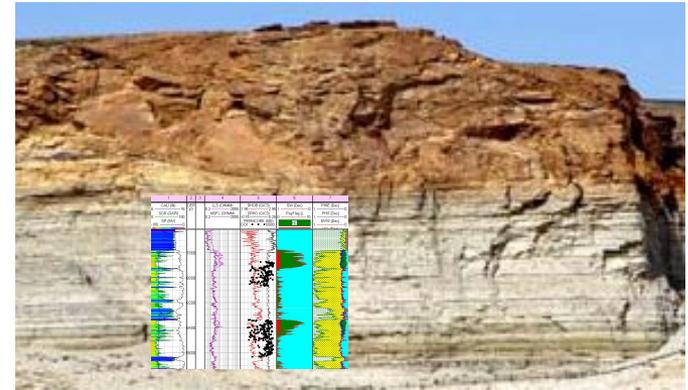
Петрофизическое моделирование

Обзор



Ключевые моменты

- Различные распределения петрофизических свойств в различных фациях
- Различные тренды
- Пространственная вариация для каждого петрофизического параметра
- Корреляция между параметрами



Создайте петрофизические свойства, важные для добычи

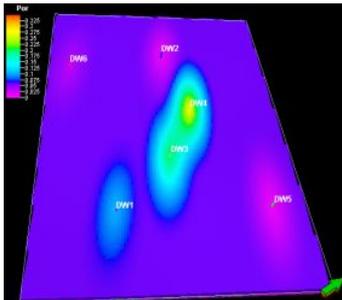
Петрофизическое моделирование

Методы моделирования непрерывных свойств в Petrel

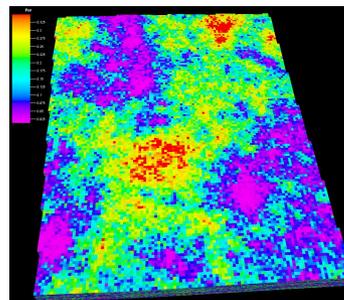
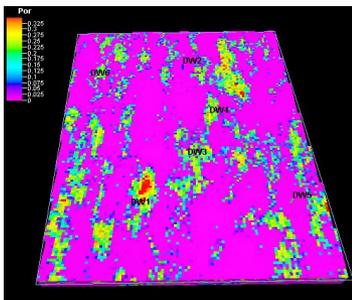


- Методы, рассматриваемые в курсе:

Детерминистические: Единственный результат
Кригинг



Стохастические: Множество равновероятных реализаций
SGS **GRFS**

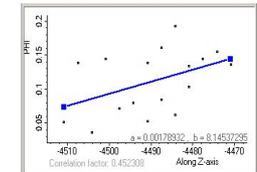
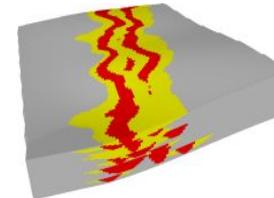
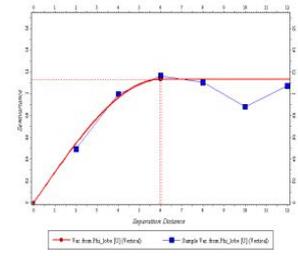
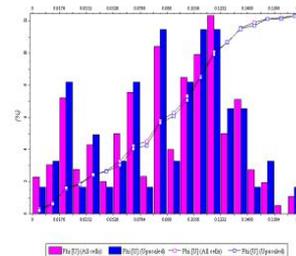
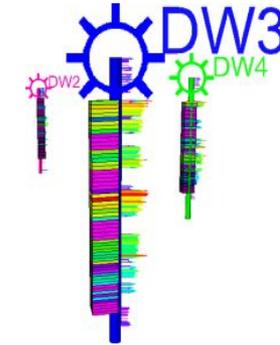


Петрофизическое моделирование

Входные данные для моделирования



- **Скважинные данные:**
перемасштабированные каротажи
- **Распределение:** гистограмма
- **Вариограмма (пространственная модель):**
 - Направление, тип модели, наггет и плато
 - Три ранга вариограммы
- **Фациальная модель**
- **Пространственные тренды:** Из сеймики/аналогичных свойств и т.д.
- **Вторичный параметр**

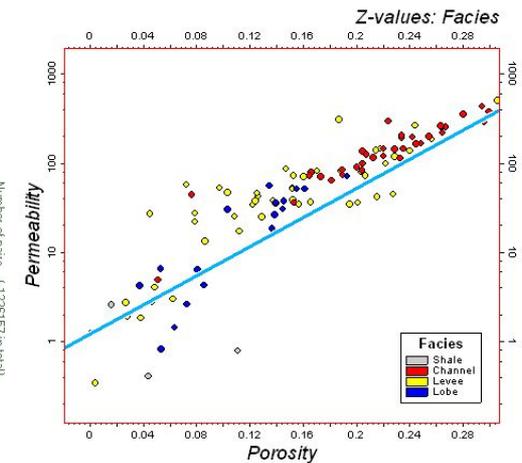
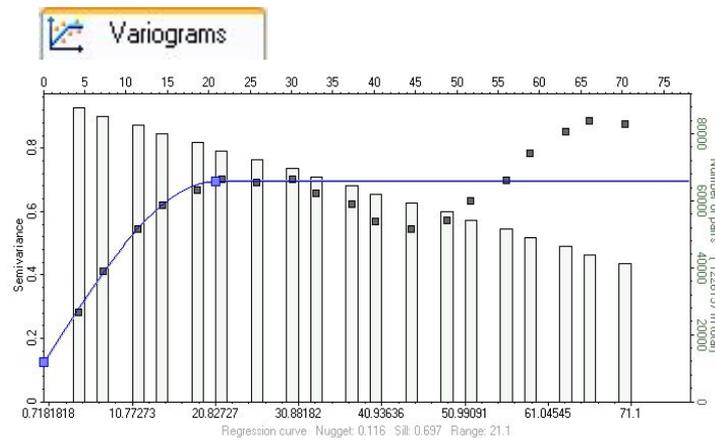
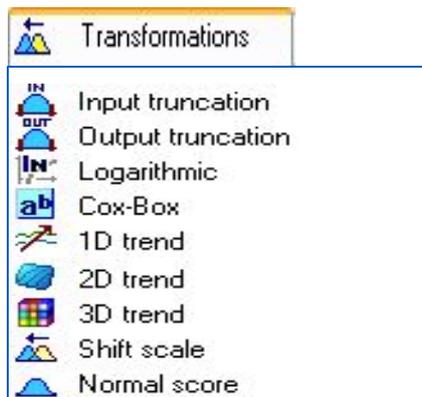


Петрофизическое моделирование

Статистический анализ данных – Непрерывные свойства



- **Преобразование данных:** распределение данных и пространственные тренды
- **Анализ вариограммы:** изменение в пространстве
- **Корреляция:** зависимость между параметрами
- **В интервалах (зонах) и фациях:** сохранение степени похожести и различия



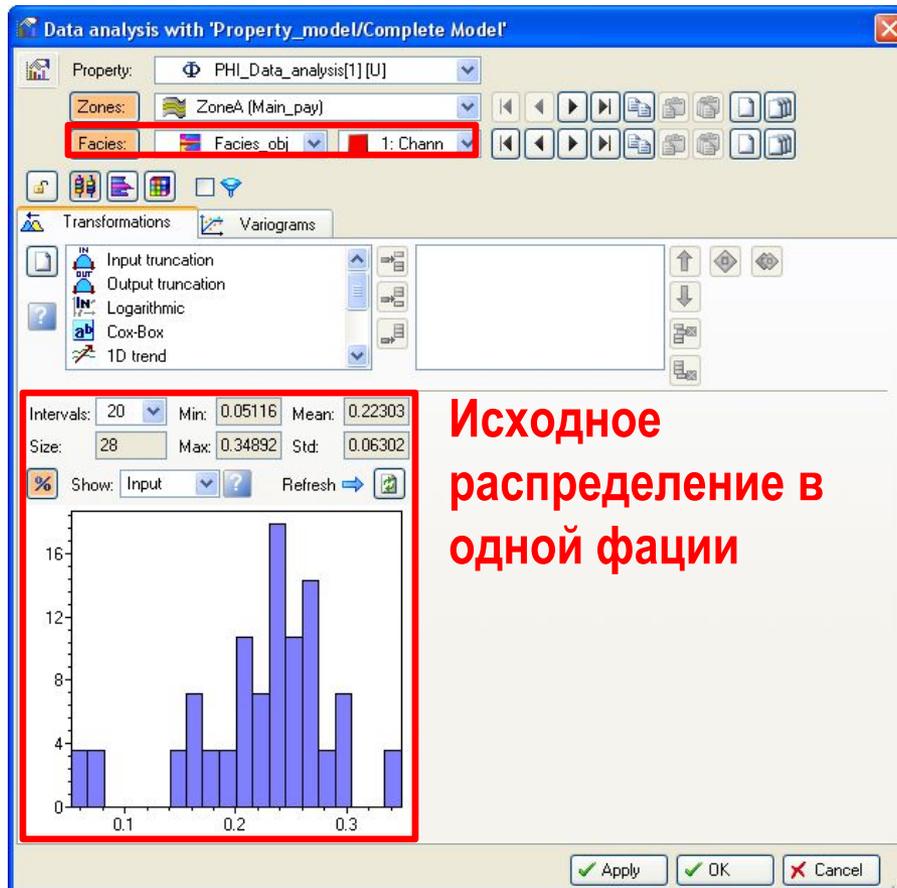
Петрофизическое моделирование



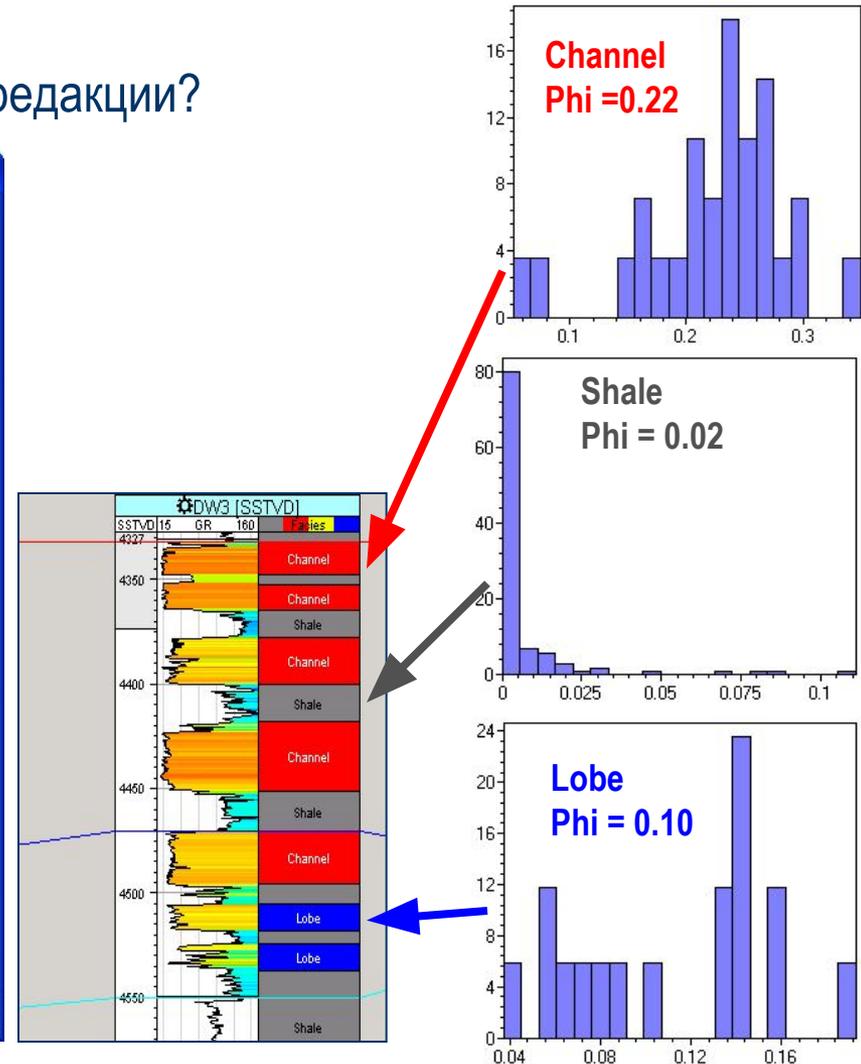
Процесс Data analysis – Распределение (в отдельной фации)

- Гистограмма для разных фаций:

Подходит гистограмма или нуждается в редакции?



**Исходное
распределение в
одной фации**

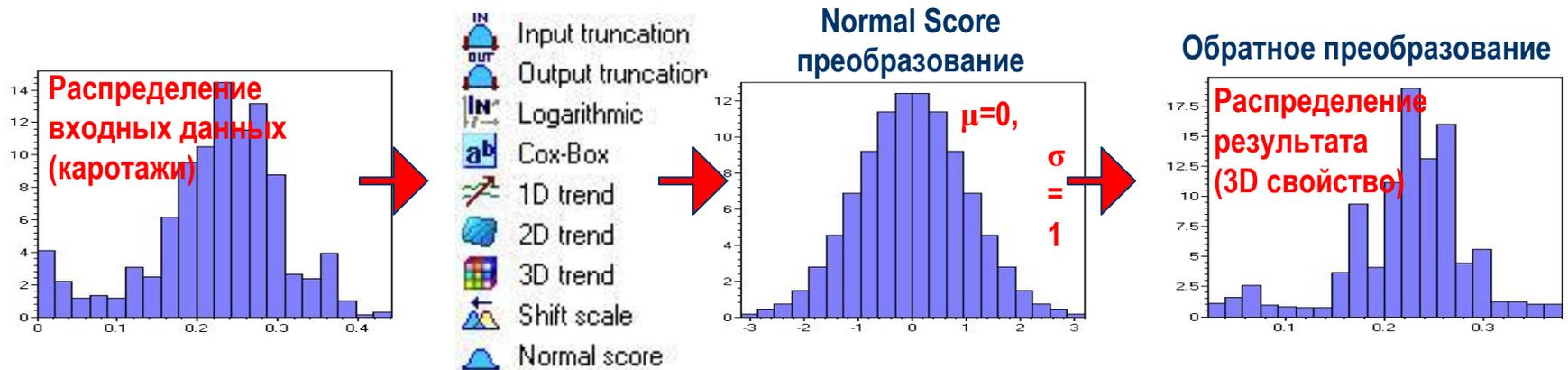


Петрофизическое моделирование

Что такое преобразование данных?



Преобразование данных – это трансформация реальных данных во внутренние. Последовательно могут быть произведены несколько преобразований. До запуска алгоритма моделирования используется преобразование к стандартному нормальному распределению (**Normal Score** Среднее =0, ст. отклонение=1.)



Обратное преобразование будет автоматически произведено в обратном порядке для сохранения пространственного тренда и исходного распределения данных в получившемся свойстве.

Петрофизическое моделирование

Процесс Data analysis – Преобразование (Распределение)



Усечение исходного распределения

Input truncation

Minimum: 0.01
Maximum: 0.35

Force outside values to the nearest bound.
Outside values undefined

Усекает исходное распределение для удаления нехарактерных значений или помещения их в соседний интервал

Show: Input

Аномальное распределение пористости в песке (цементирование)

Show: Output

Output truncation

Minimum: 0
Maximum: 0.35

Усекает получившийся результат при обратном преобразовании данных для получения величин в желаемом интервале

Show: Output

No data available

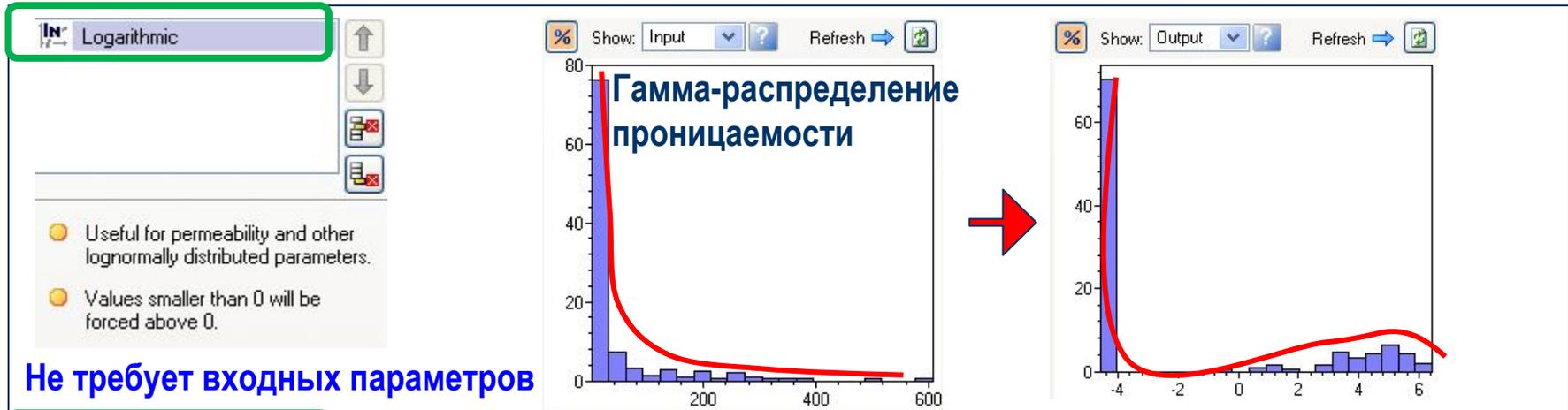
Output truncation не отображается в виде гистограммы, так как применяется уже после моделирования как ограничение функции распределения

Петрофизическое моделирование

Процесс Data analysis – Преобразование (Форма и шкала)



Изменение формы распределения

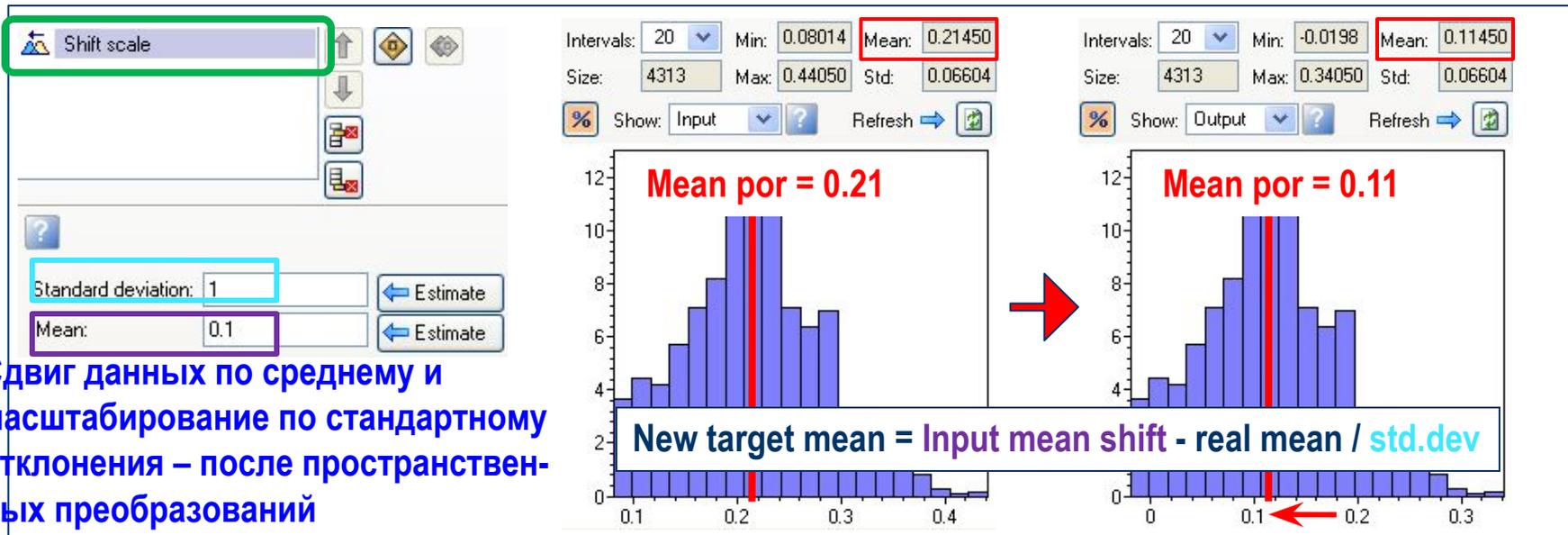


Петрофизическое моделирование

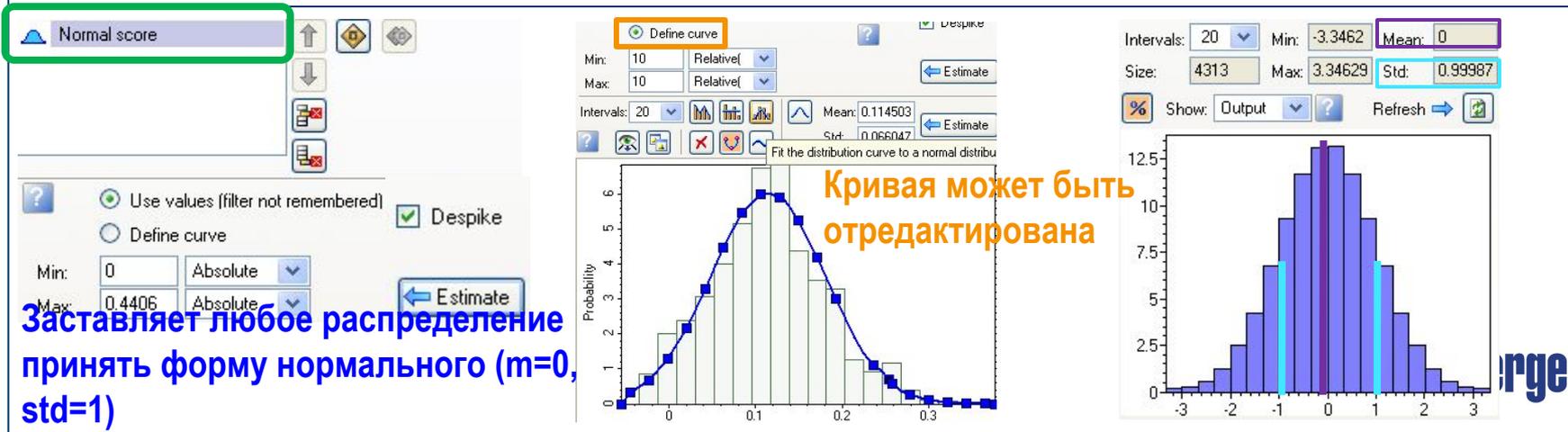
Процесс Data analysis – Преобразование (Сдвиг/Шкала/Форма)



Изменение интервала распределения и шкалы



Сдвиг данных по среднему и масштабирование по стандартному отклонению – после пространственных преобразований



Заставляет любое распределение принять форму нормального (m=0, std=1)

Петрофизическое моделирование

Процесс Data analysis – Преобразование (Тренды)

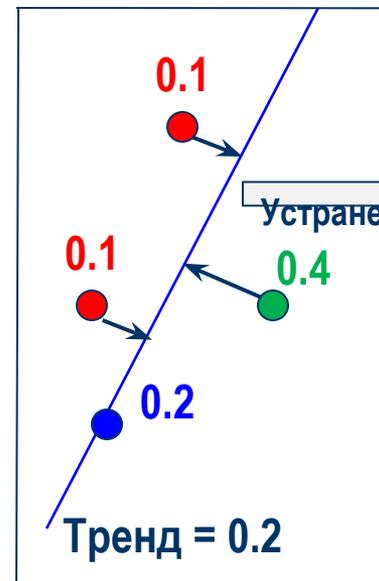


Тренды должны быть убраны из данных для того, чтобы обеспечить их стационарность. Они могут быть **1D** (вертикальные, связанные с влиянием глубины), **2D** (латеральное изменение фаций) или **3D** (другое свойство, коррелирующее с данным).

Последовательность действий:

- Есть ли тренд?
- Если есть, вычтеть его из данных.
- Рассматривается остаточное свойство (исходное минус гладкий тренд).
- Моделируется остаточное свойство.
- Тренд добавляется к смоделированному свойству (во время обратных преобразований).

Пористость - Реальная
Нет стационарности



Пористость - Остаточная
Стационарность



Устранение тренда

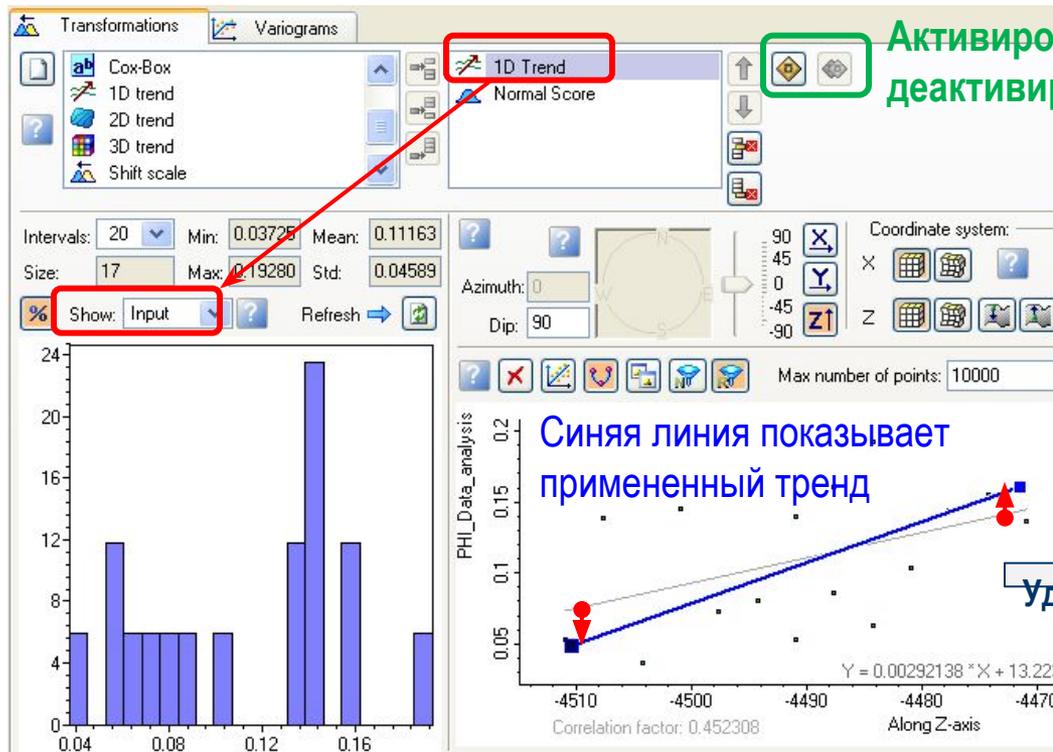
Петрофизическое моделирование

Как происходит 1D Trend преобразование в Petrel

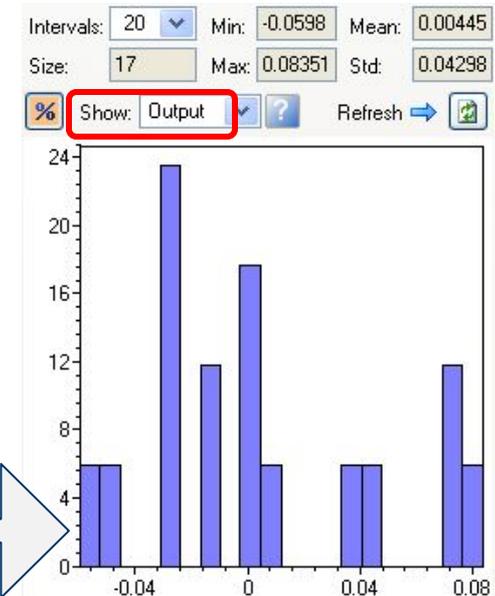


Как использовать 1D Trend in the Data Analysis process:

- Закиньте **1D trend**, используя голубую стрелку и выберите **Show: Input**.
- Выберите в качестве тренда кривую регрессии или любую другую
- Выберите **Show: Output** для отображения распределения в **остаточном свойстве**



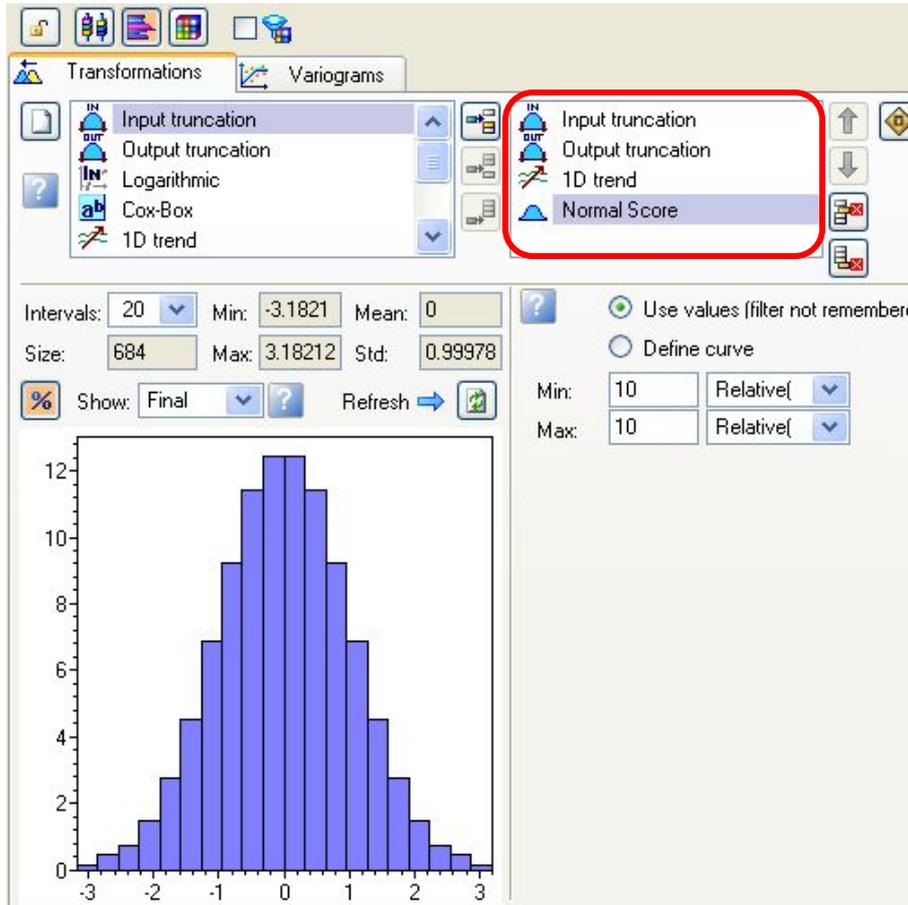
Исходное распределение



Полученное распределение

Петрофизическое моделирование

Пример последовательности преобразований



До моделирования Petrel выполнит следующее преобразование :

1. Усечение входного распределения (т.е. исключение выбросов)
2. Удаление 1D тренда (это необходимо при наличии тренда)
3. Преобразование данных к нормальному распределению (т.е. преобразование набора данных в распределение со средним 0, ст. кв. отклонением 1)

После моделирования: обратное преобразование данных:

1. Отмена преобразования к нормальному распределению
2. Добавление 1D тренда, который был удален
3. Усечение выходного распределения, соответствующее установкам, заданным в преобразовании Output Truncation.

Петрофизическое моделирование

Процесс Data analysis – Анализ вариограммы



Вариограмма рассчитывается на основе **преобразованных данных**. Измеряет изменчивость с расстоянием.

Рассчитывается в 3 направлениях:

- Горизонтальное главное
- Горизонтальное второстепенное
- Вертикальное

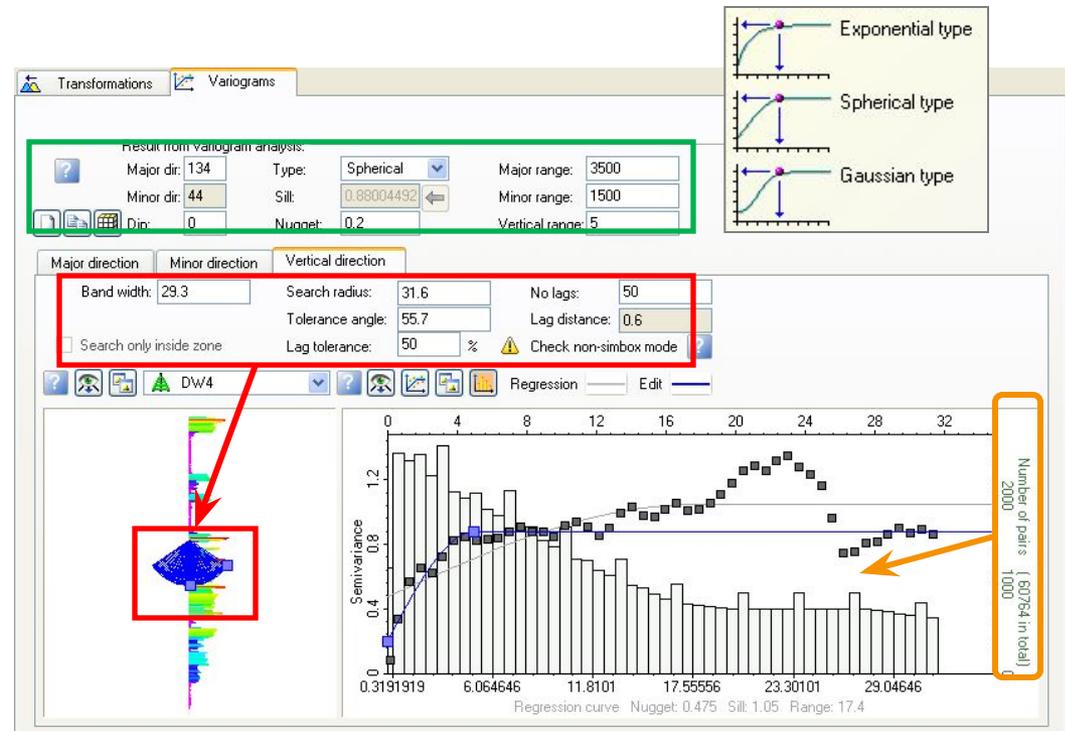
Конус поиска лагами определяет пары точек

Точки = Экспериментальная вариограмма

Линия = Кривая регрессии

Линия = Модельная вариограмма

Гистограмма = Количество пар



$$\gamma(h) = \frac{1}{2N_h} \sum_{i=1}^{N_h} ((\Phi_{(i+h)}) - (\Phi_i))^2$$

Петрофизическое моделирование

Вариограмма – Конус поиска



Major direction	Minor direction	Vertical direction
Band width: 29.3	Search radius: 31.6	No lags: 50
<input type="checkbox"/> Search only inside zone	Tolerance angle: 55.7	Lag distance: 0.6
	Lag tolerance: 50 %	<input type="checkbox"/> Check non-simbox mode

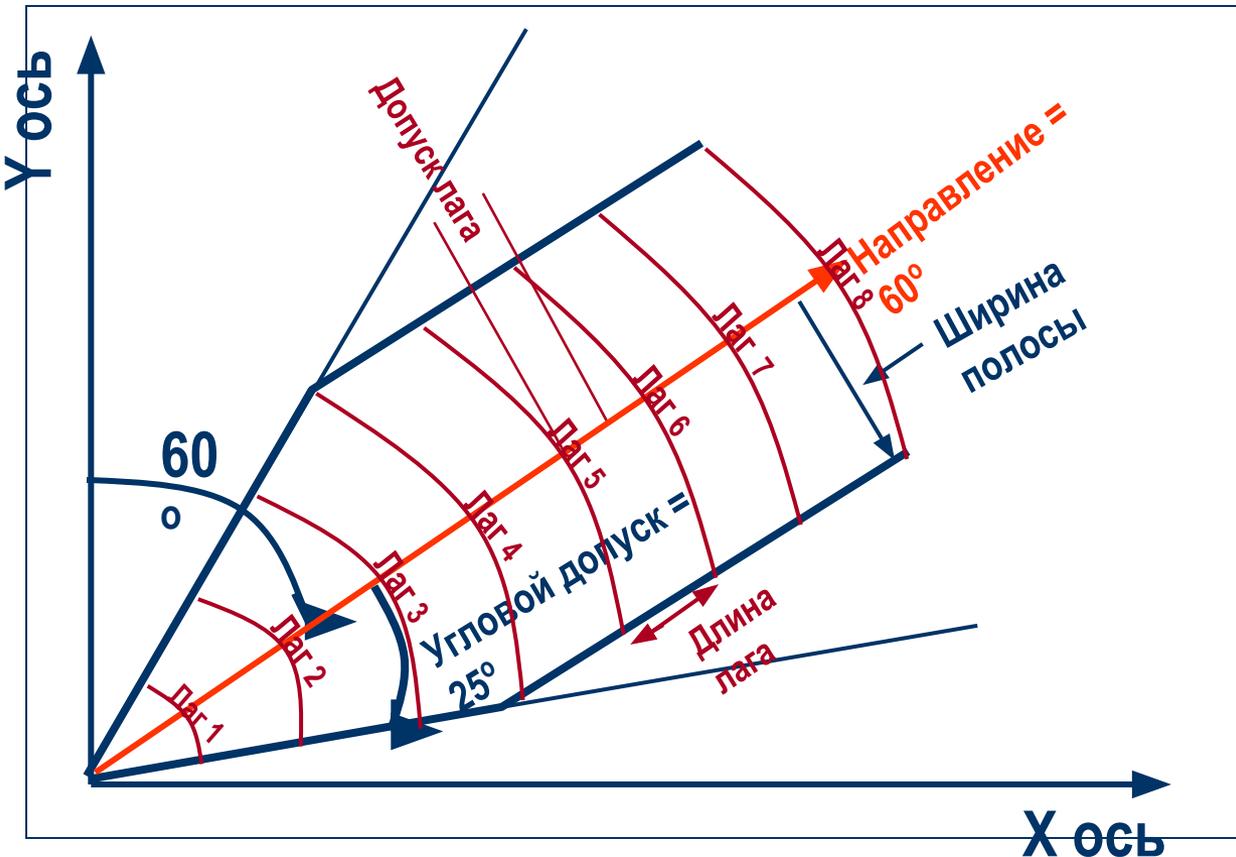
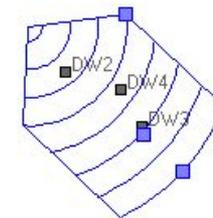
Рекомендуемая длина лага:

Вертикальная



Пространственная

= расстояние между скважинами



Петрофизическое моделирование

Процесс создания вариограммы



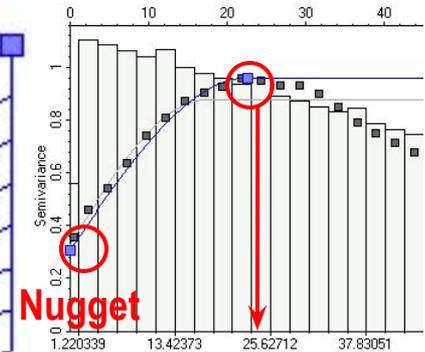
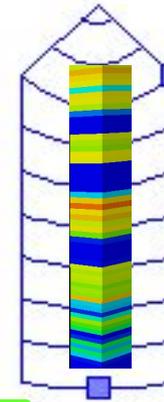
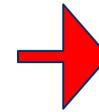
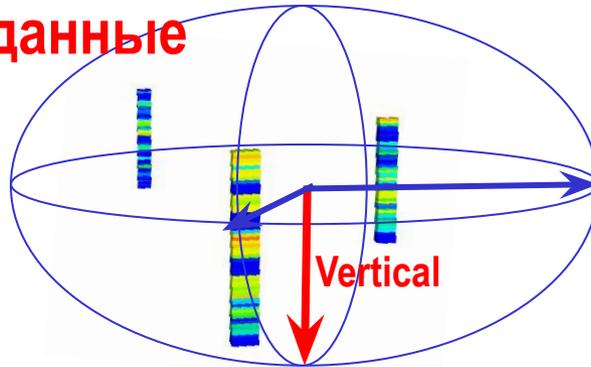
- **Вертикальная вариограмма**
 - большое количество данных
 - легко сделать оценку
- **Соответствие модели экспериментальной вариограмме**
 - сферическая, гауссовская, экспоненциальная
- **Горизонтальная вариограмма**
 - обычно мало данных, тяжело сделать хорошую вариограмму
 - Может быть:
 - основана на геологических знаниях
 - построена на основе коррелирующих данных

Петрофизическое моделирование

Вариограмма – Использование вторичных данных для построения горизонтальной вариограммы



Первичные данные



Vertical range

Major dir: 134

Type: Spherical

Major range: 2100

Minor dir: 44

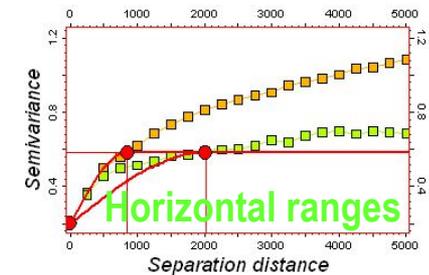
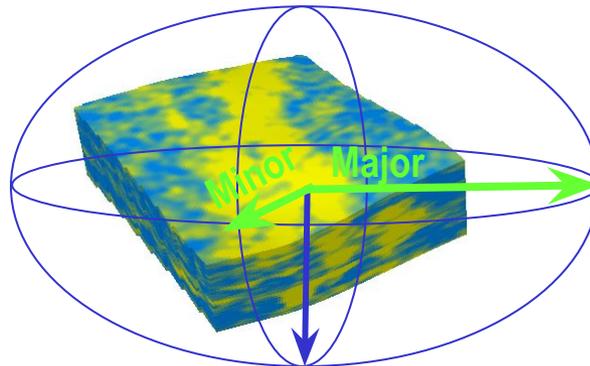
Sill: 1

Minor range: 950

Dip: 0

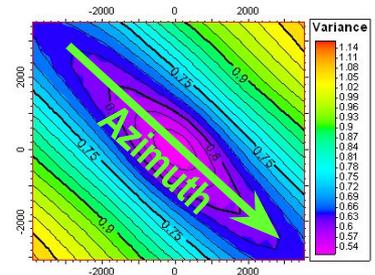
Nugget: 0.3

Vertical range: 24



Horizontal ranges

Вторичные данные





Упражнение