

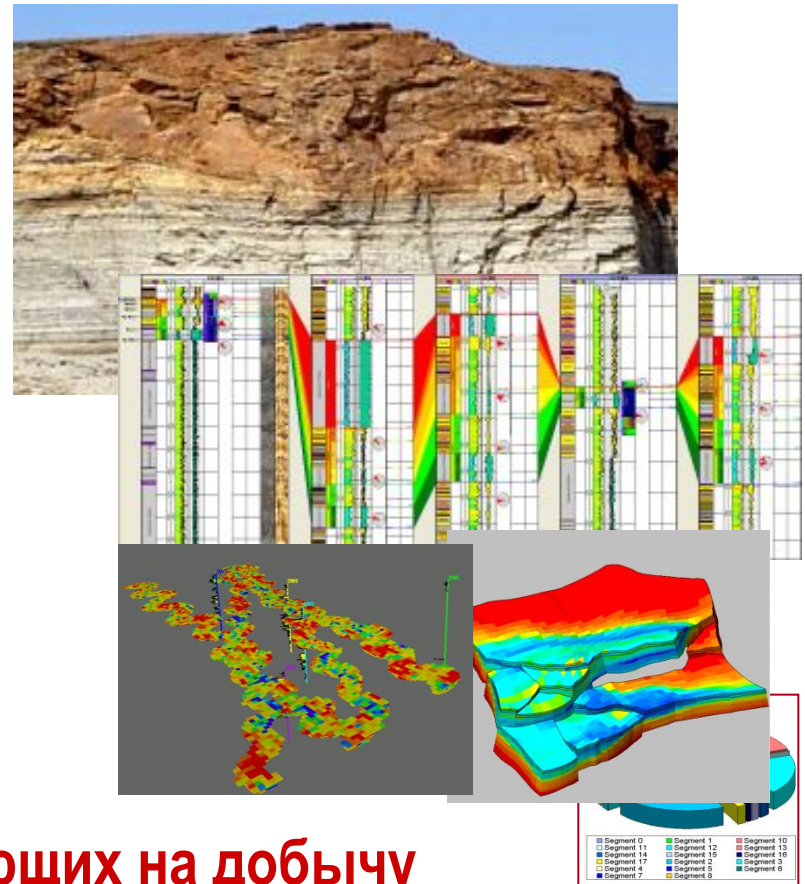
Моделирование фаций

Обзор



Зачем строить фациальную модель?

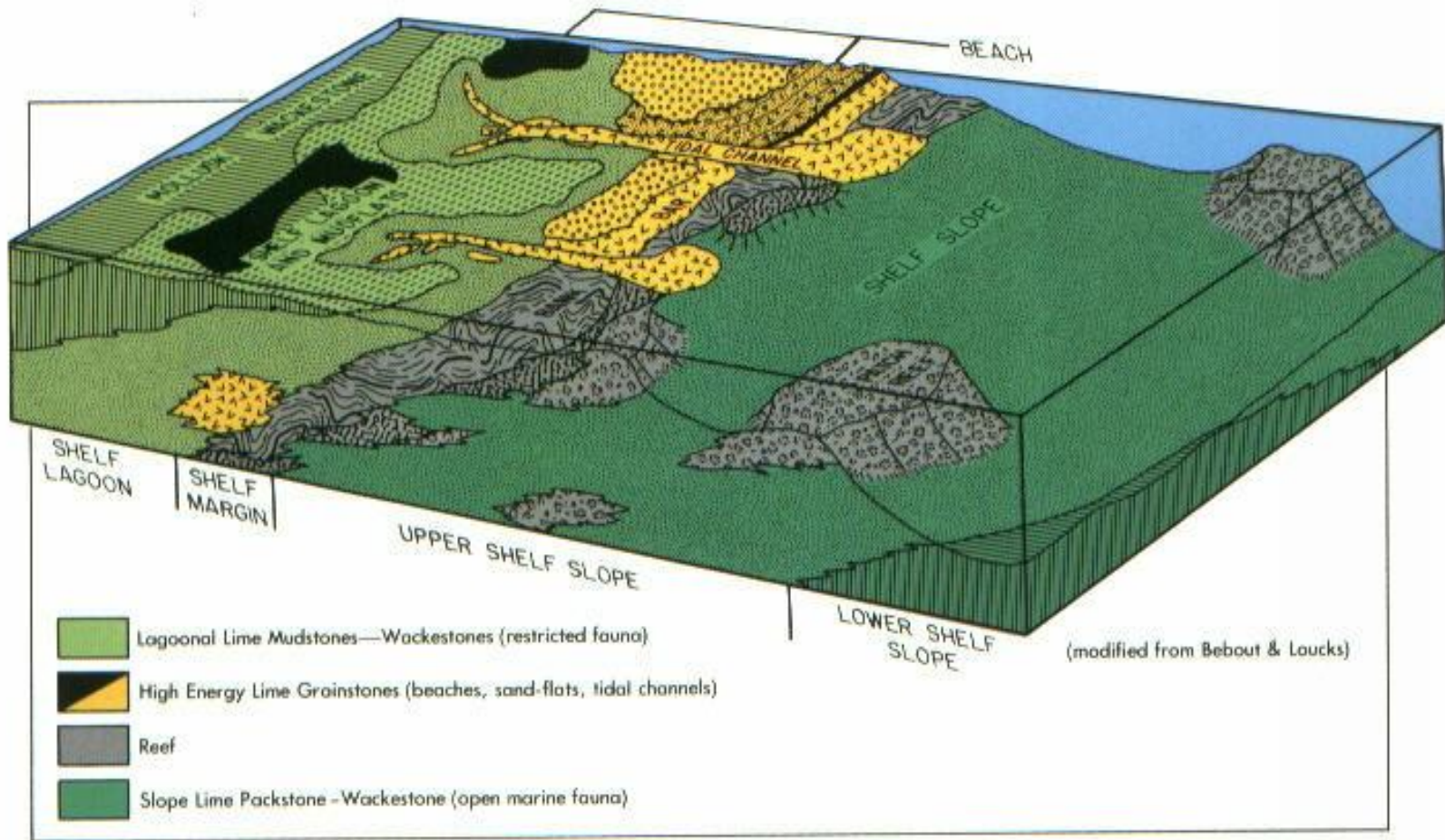
- Понимание геологических процессов
- Отображение строения фаций – связность резервуаров и высокая степень неоднородности
- Опирается на наглядную фациальную информацию: форма, размер, ориентация, пропорции, распределение, статистика...



Определение свойств фаций, влияющих на добычу

Моделирование фаций

Основные типы фаций – Карбонаты

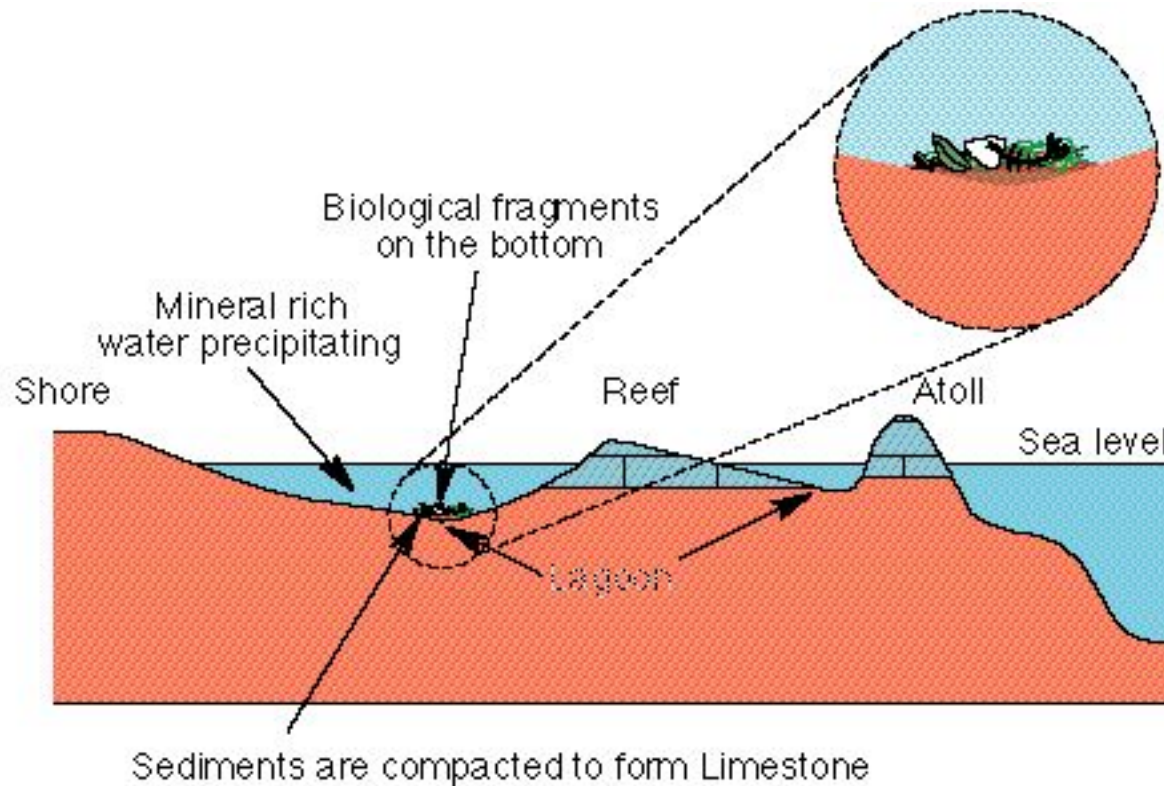


Моделирование фаций

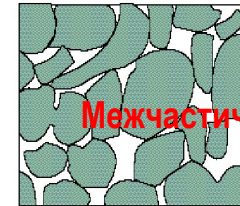
Условия осадконакопления - Карбонаты



Карбонаты формируются в неглубоких морях, содержащих такие особенности как рифы, лагуны, отмели.



Пористость в карбонатах



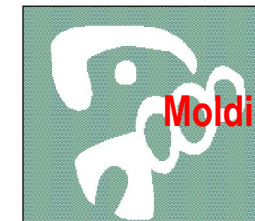
Межчастичная пористость



Межгранулярная пористость



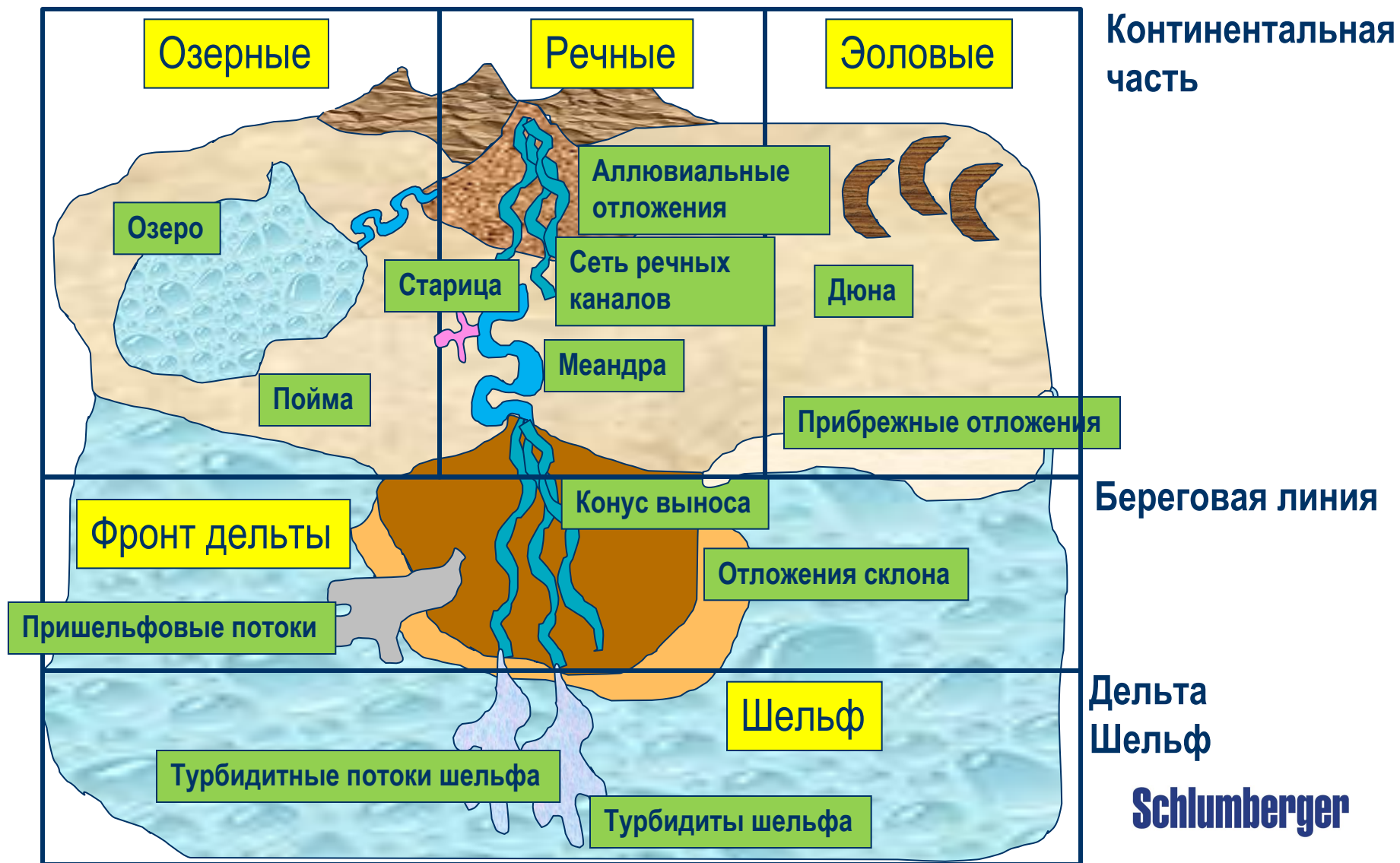
Межкристаллическая пористость



Moldic porosity

Моделирование фаций

Типы фаций – Обломочные породы

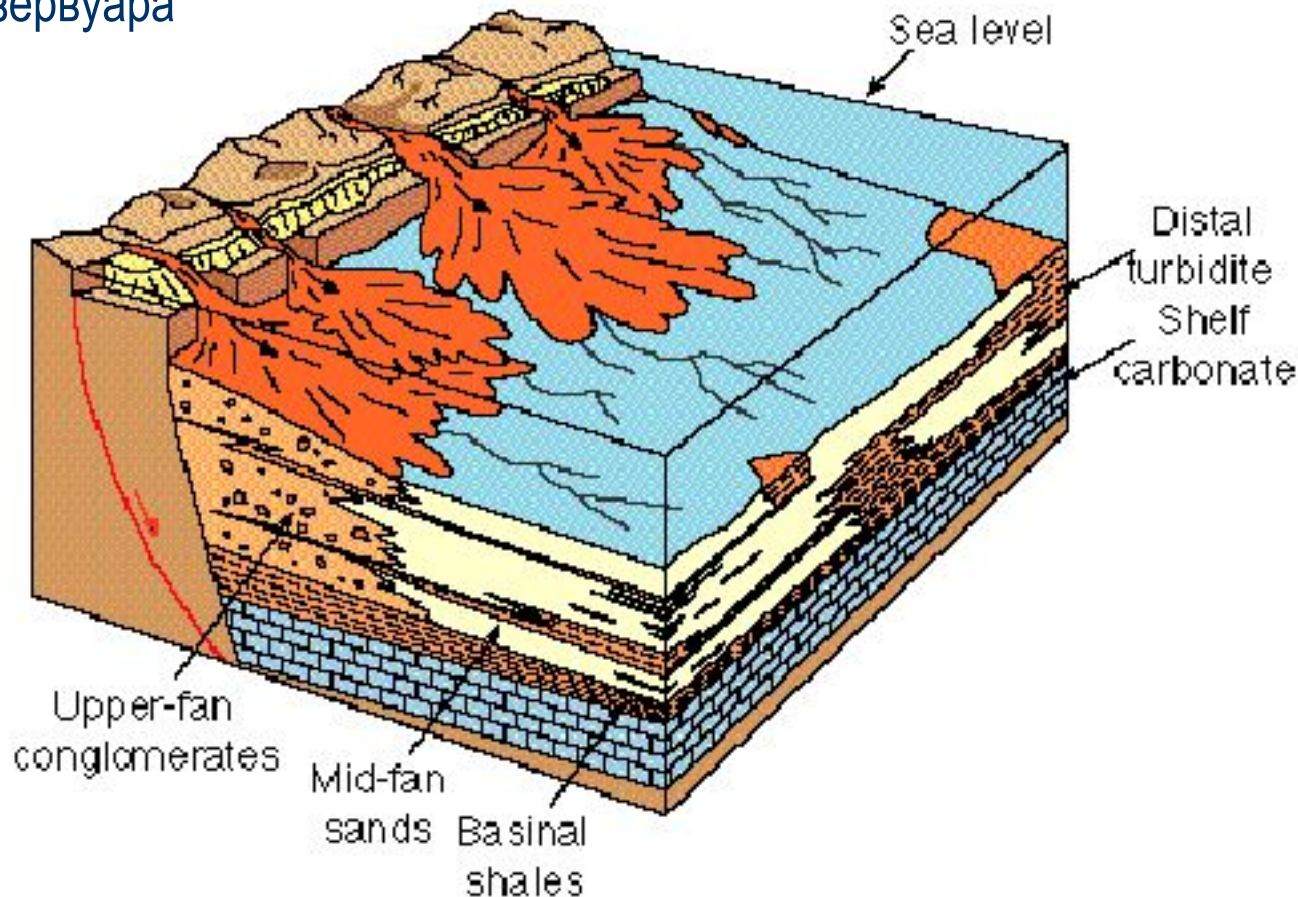


Моделирование фаций

Условия осадконакопления



Среда осадконакопления может быть озерной или континентальной, глубоководной или мелководной. Среда определяет набор характеристик резервуара



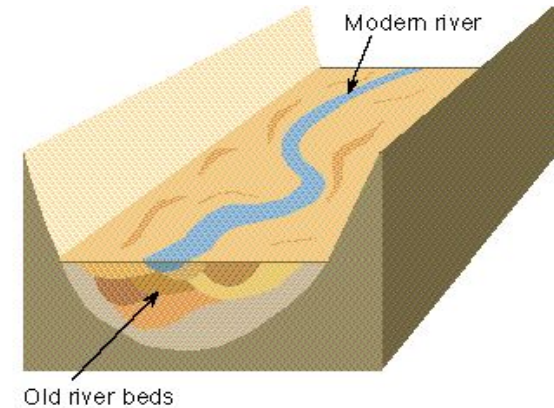
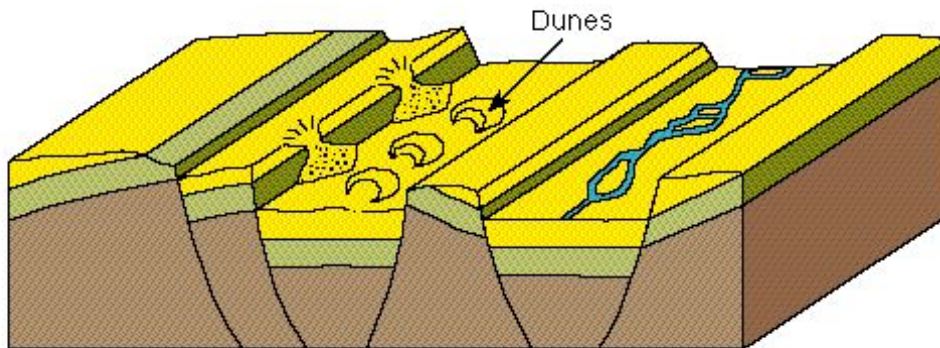
Моделирование фаций

Среда осадконакопления

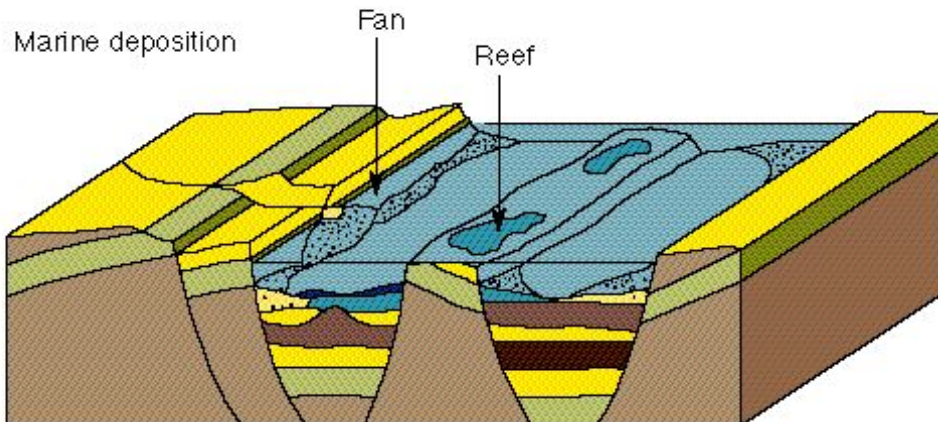


- К континентальным отложениям относятся песчаные дюны, аллювиальные конусы и т. д.
- В мелководных средах присутствует турбулентность, поэтому частицы разного размера. Могут содержать карбонаты и эвапориты.

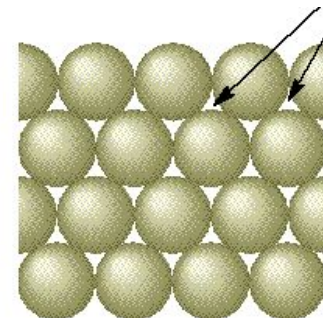
Continental deposition



Marine deposition



Sandstone porosity



Schlumberger

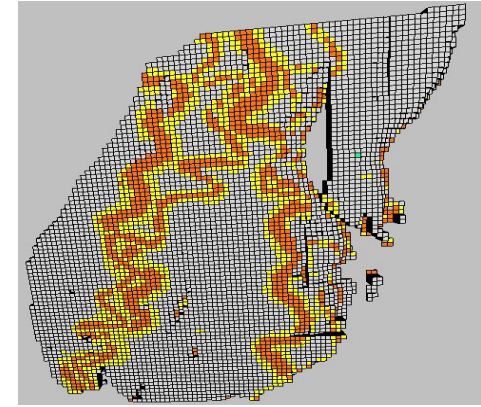
Моделирование фаций



На что обратить внимание при моделировании фаций

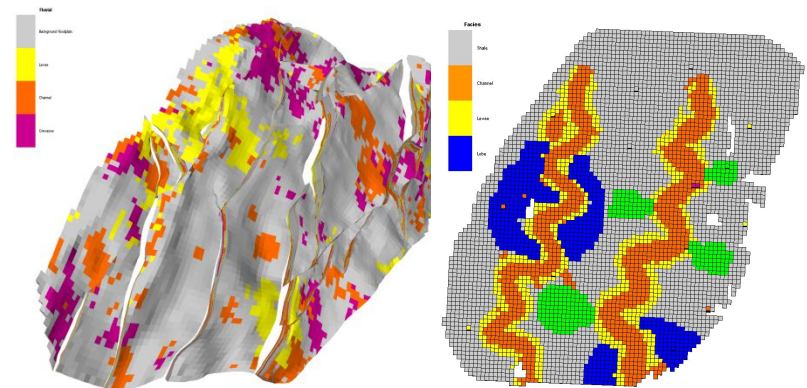
- **Цели:**

- Отображение неоднородности в большой области
- Моделирование структуры фаций (гидравлически связанные элементы и экраны)



- **Методы моделирования:**

- Детерминистический или стохастический
- Стохастический: основанный на объектах или ячейках



Schlumberger

Моделирование фаций



Какой метод нужно использовать в моделировании фаций?

- Если каротажи перемасштабированы, их можно использовать в **детерминистическом и стохастическом** моделировании
- Если нет скважинных данных, то детерминистические алгоритмы (кроме калькулятора, интерактивного рисования и Assign values) применять нельзя. Тогда используются безусловные **стохастические** методы.
- **Детерминистические методы**
 - Обычно применяются при **плотных** входных данных (много скважин, скважины+сейсмика)
 - Дают единственный результат
- **Стохастические методы**
 - Обычно используются, если мало входных данных
 - Могут дать несколько равновероятных реализаций

Моделирование фаций

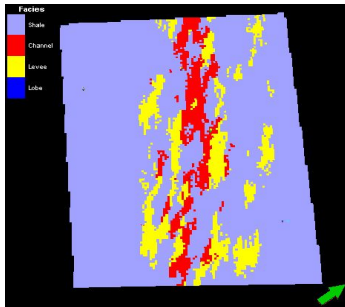
Методы моделирования дискретных свойств в Petrel



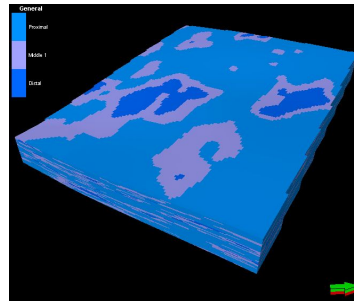
- Стохастические методы

Основанные на ячейках: описываются вариограммами, трендами и т. д.

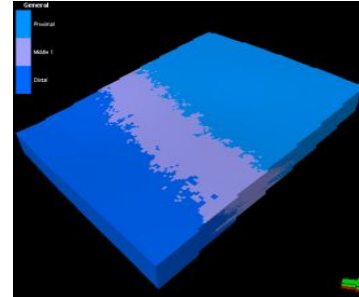
SISIM



TGSIM

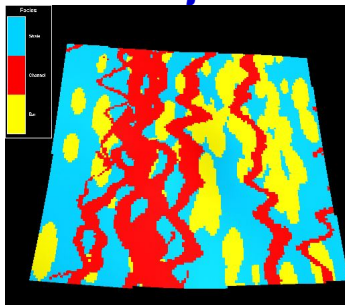


TGSIM with trends

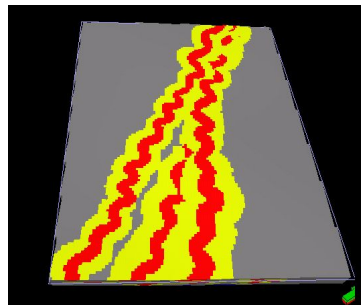


Основанные на объектах: задаются геометрическими объектами

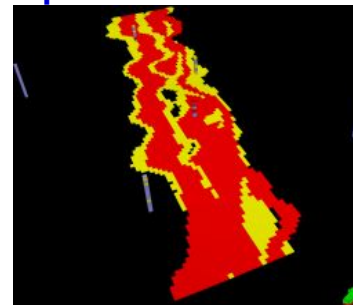
General object



Fluvial

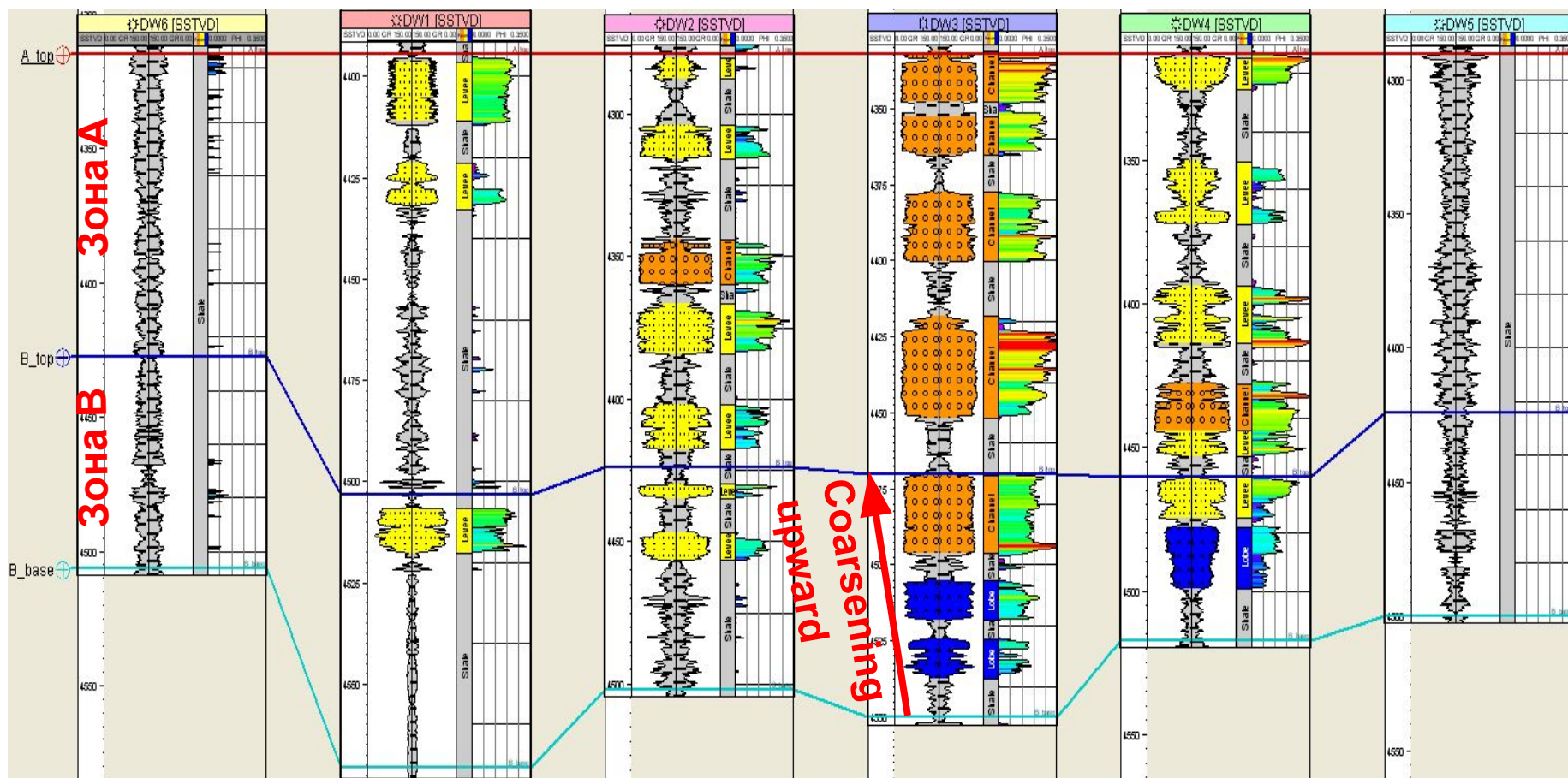


Adaptive Channel



Моделирование фаций

Данные упражнения – корреляция скважин и интерпретация фаций



Off-axial

Осевая часть

Off-axial

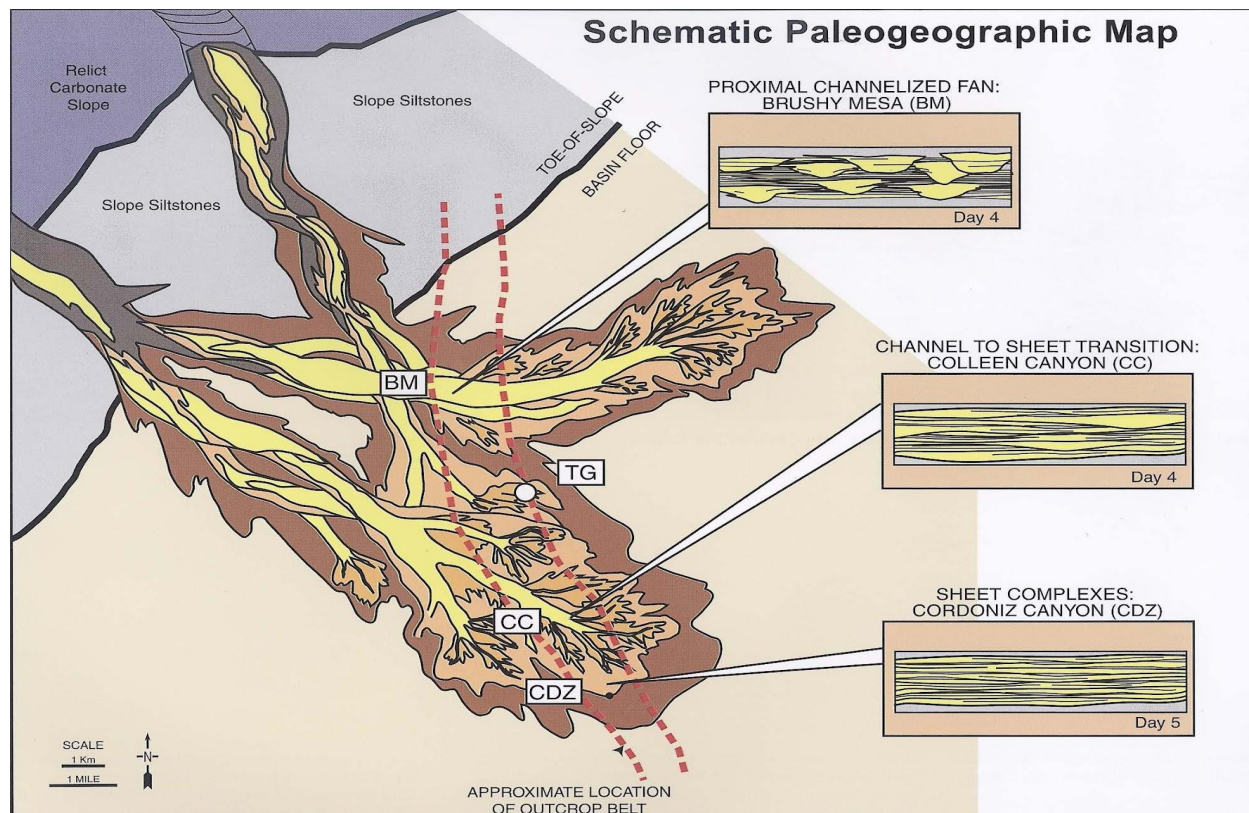
Schlumberger

Моделирование фаций

Данные упражнения – глубоководные турбидитные фации



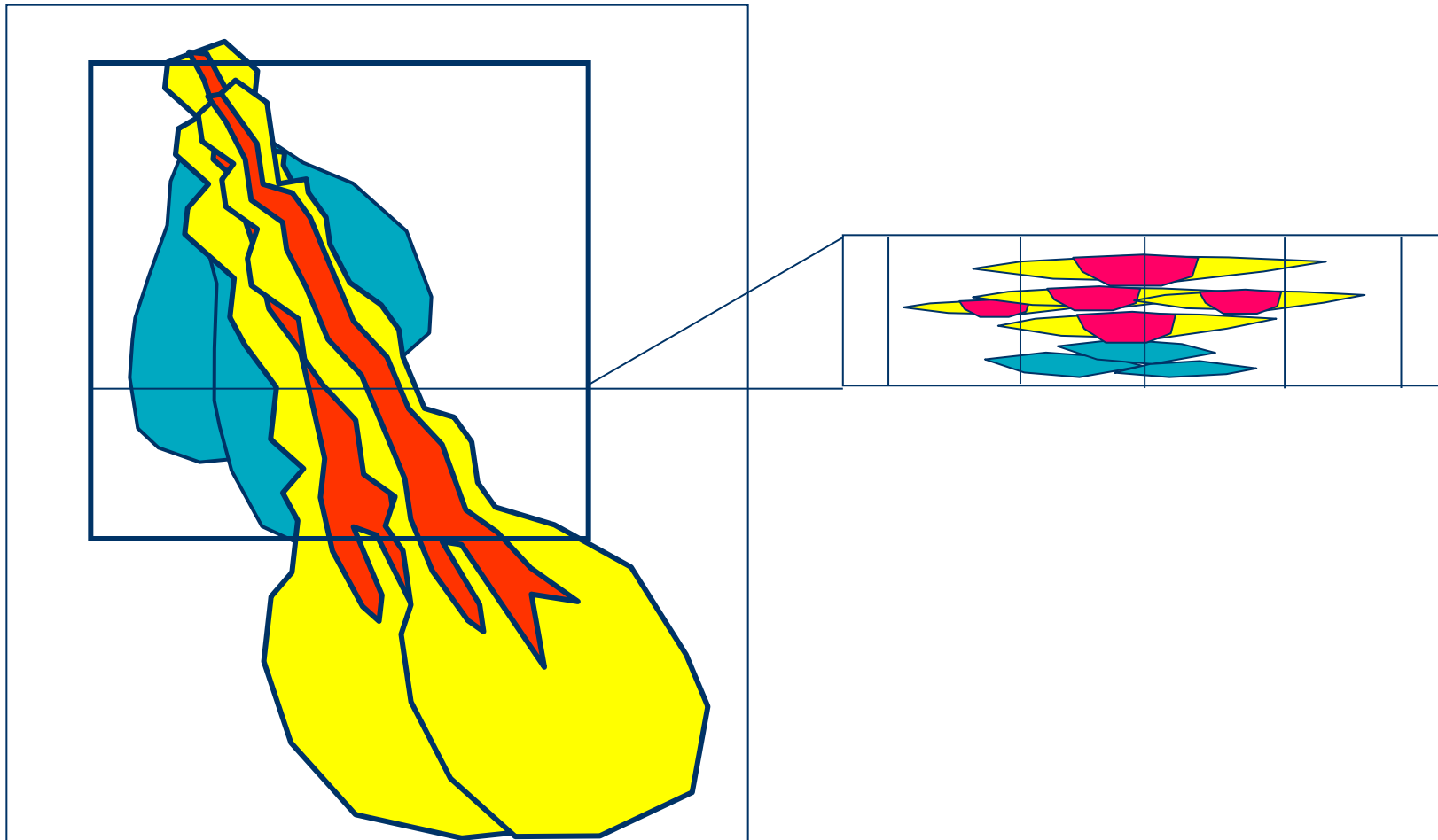
Канал, прирусловой вал и впадины



From Deep-Water Sandstones, Brushy Canyon Formation, West Texas, (Field Guide For AAPG Hedberg Field Research Conference - April 15-20, 1999)

Моделирование фаций

Данные упражнения – абстрактная седиментологическая модель



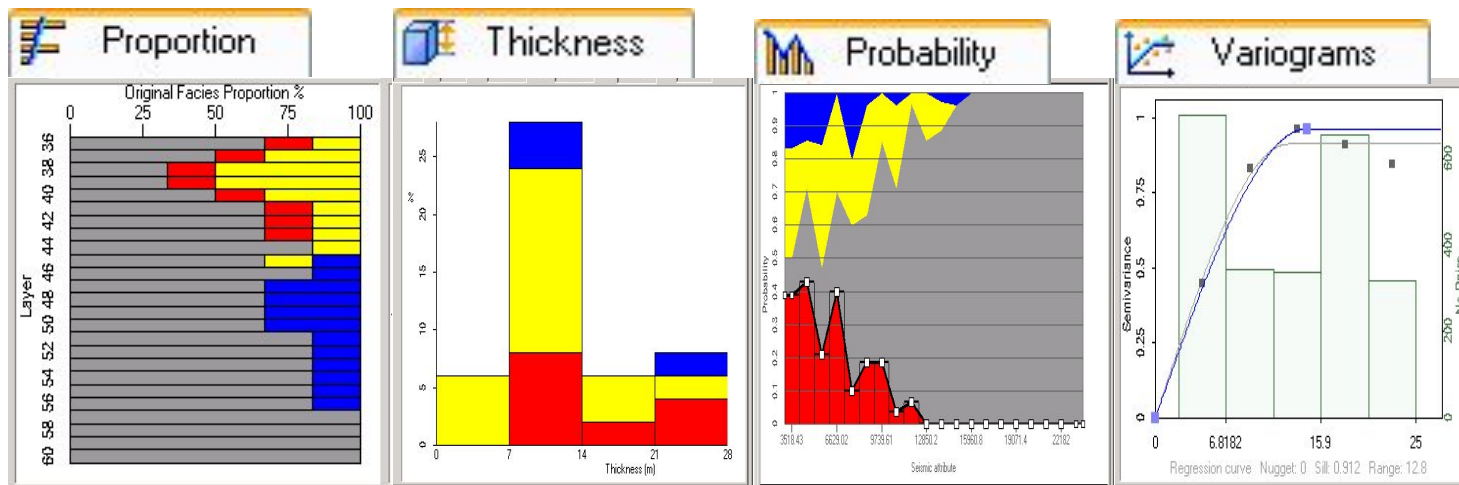
Статистический анализ данных

Анализ фациальных данных



Data analysis – это процесс для проверки качества данных, их анализа и подготовки для процесса Facies modeling.

- **Фациальное соотношение по вертикали:** вертикальное изменение фаций
- **Мощность фаций:** мощность отдельного фациального интервала
- **Фациальная вероятность:** калибровка с сейсмическим атрибутом
- **Дискретная вариограмма:** пространственная протяженность фаций

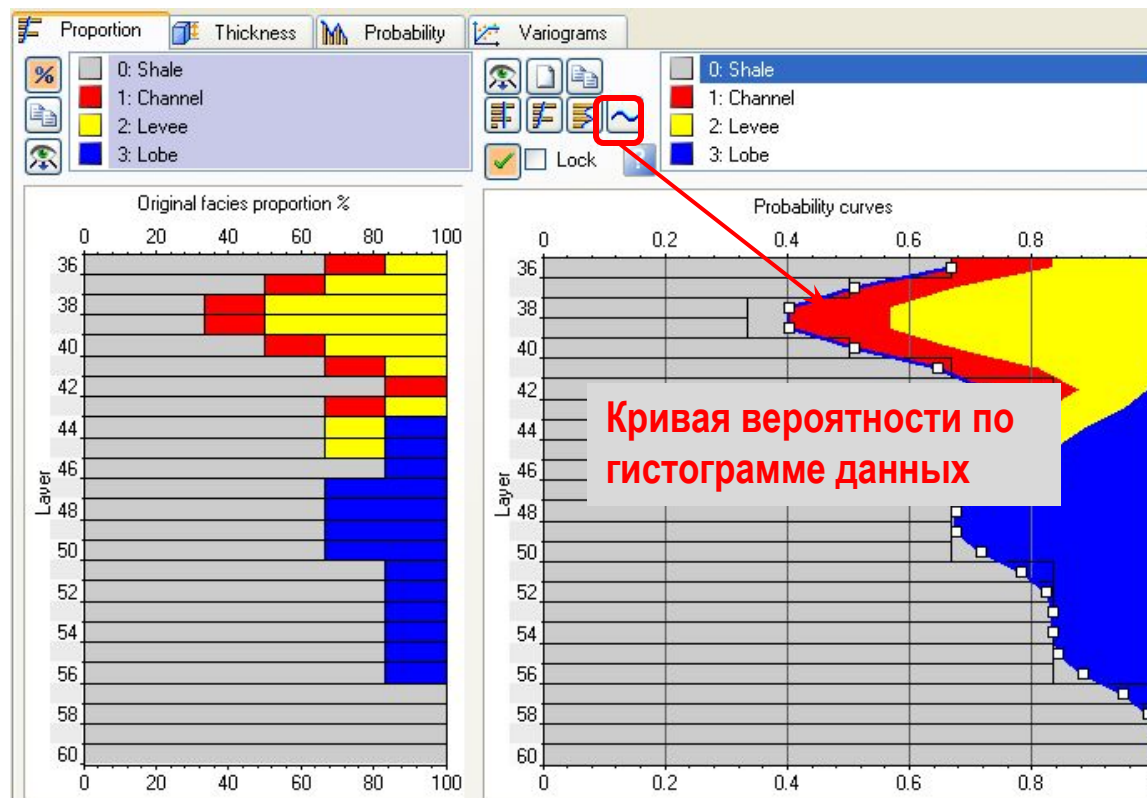


Моделирование фаций



Анализ фациальных данных – Соотношение фаций по вертикали

- Proportion:** Применяется как кривая вертикальной вероятности, построенная по исходному соотношению фаций в каждом К-слое. Кривая вероятности может быть вручную отредактирована.



Фации **русла** и **прируслового вала** представлены в верхней части интервала, тогда как **турбидиты** сконцентрированы в нижней части.

Исходные значения (фиксированы) Вероятностная кривая (возможна редакция)

Schlumberger

Моделирование фаций

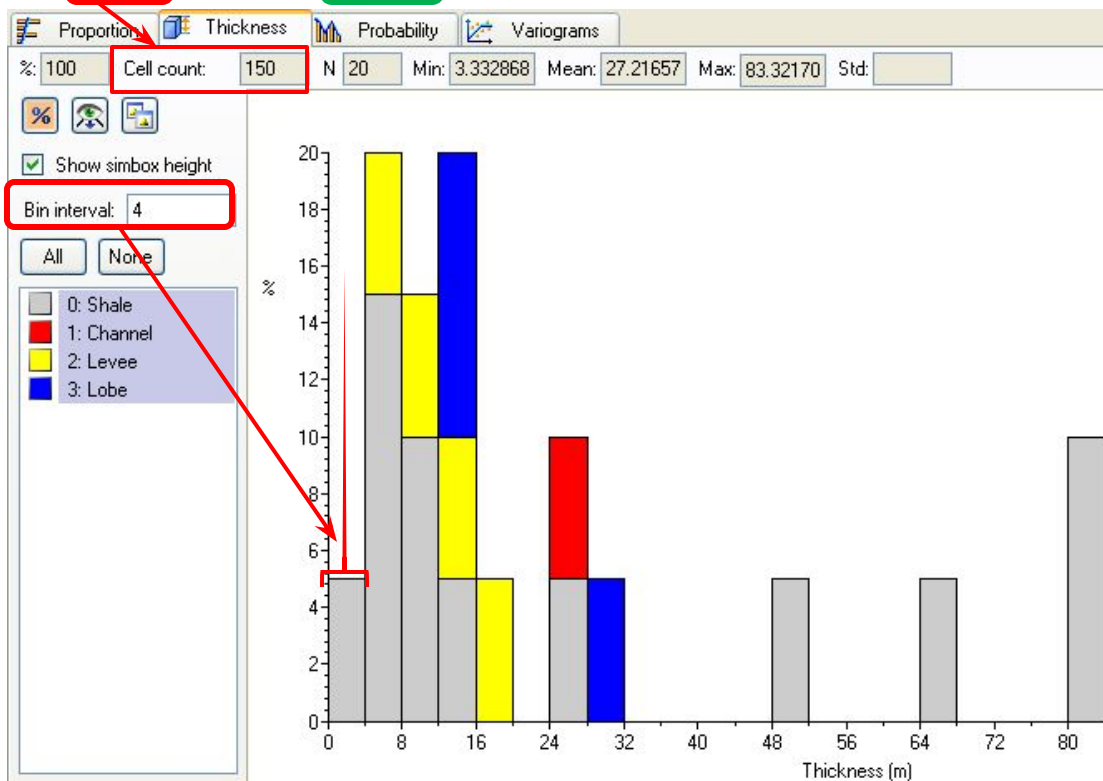


Анализ фациальных данных – Мощность фациального слоя

- Thickness:** Представление в виде гистограммы распределения мощности фаций. Параметр **bin interval** используется для задание разрешения.

Перемасштабированные/исходные каротажи

Добавить/убрать фациальные коды



Bin interval = 4 м:
фации **русла** и
прируслового вала
между 4 и 28 м. Фации
турбидитов от 12 до 32
м.

Моделирование фаций

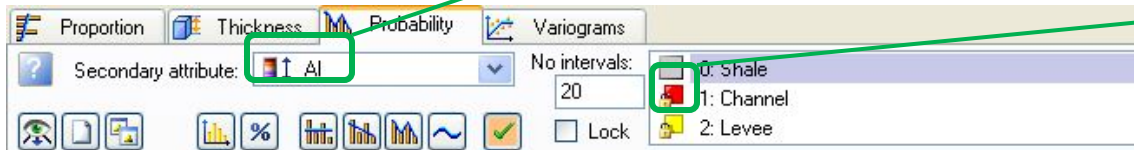
Анализ фациальных данных – Распределение, основанное на вторичных входных данных



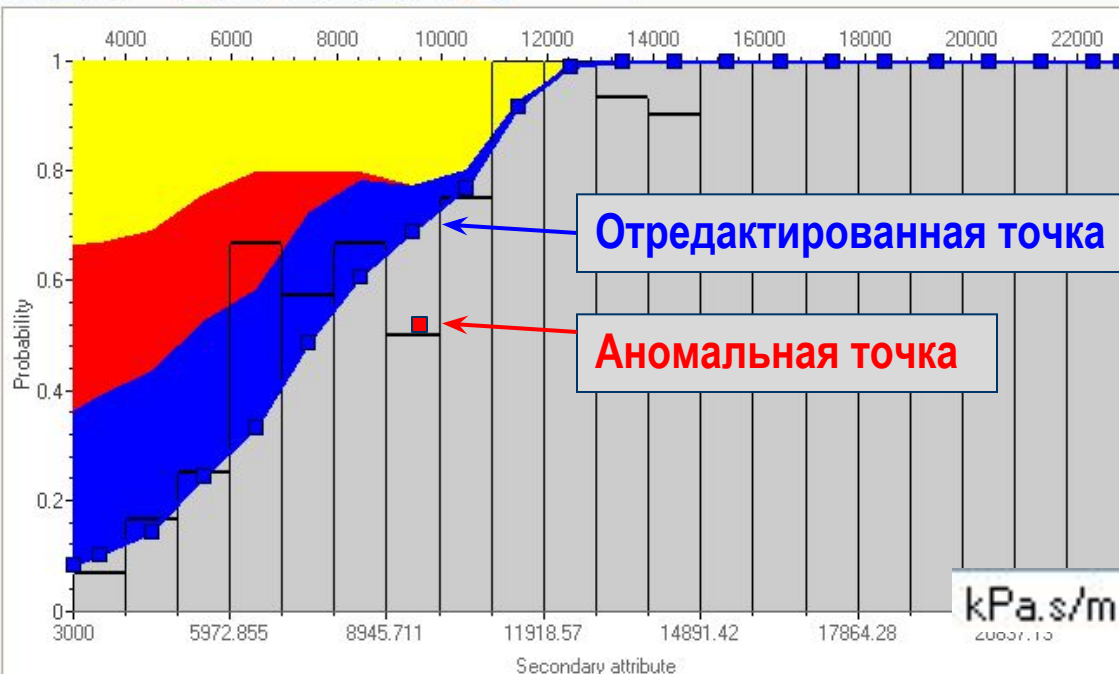
- Probability:** Показывает отношение между исходными перемасштабированными фациями и вторичным атрибутом, который должен существовать во всех ячейках моделирования.



Вторичное свойство (здесь: Акустический импеданс)



Фации, запрещенные для редактирования



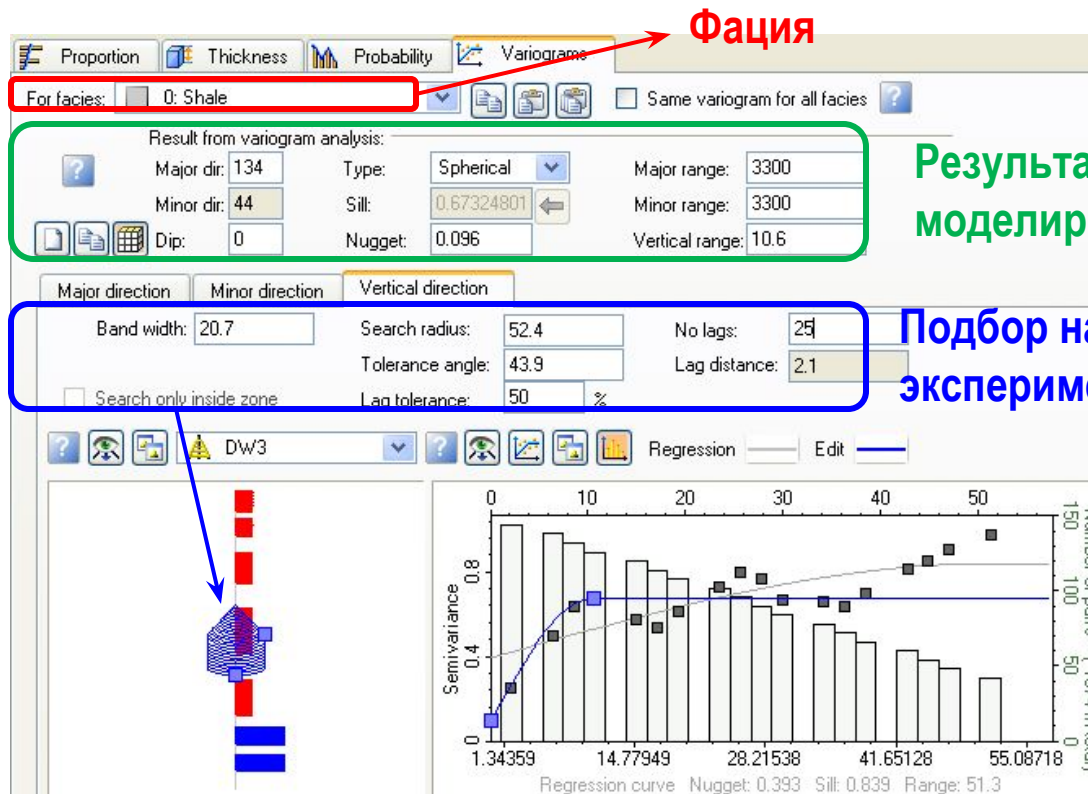
При низком акустическом импедансе фации **русла**, **прируслового вала** и **турбидитов** почти равновероятны. С возрастанием импеданса повышается вероятность появления **глины**.



Моделирование фаций

Анализ фациальных данных – Вариограмма

- **Variogram:** Вариограмма отображает изменение зависимости данных с увеличением расстояния. Должна быть смоделирована для каждой фации.



Результаты будут использованы в моделировании

Подбор настроек для создания экспериментальной вариограммы



Процесс расчета:

1. Дискретные данные трансформируются как **бинарные переменные**. **Facies of interest** преобразуются в '1' а остальные фации в '0'.
2. **Классическая вариограмма** рассчитывается с использованием **бинарных кодов** для создания полудисперсии для каждого лага каждого дискретного значения :

$$\gamma_{(h)} = \frac{1}{2N_h} \sum_{i=1}^{N_h} ((facies_{(i+h)}) - (facies_i))^2$$

3. **Функция распределения (pdf= F(z))** рассчитывается по формуле:

$$F(z_i) = \sum_{j=1}^{i-1} P(z_j)$$

Where : $P(z_j) = \text{facies proportion}$

4. Дисперсия для дискретного свойства рассчитывается исходя из распределения ($\text{Var} = F(z) * (1 - F(z))$).
5. **Классическая вариограмма** нормализуется $\text{Var} = F(z) * (1 - F(z))$:

$$\frac{(\gamma_{(h)})}{[F(z) * (1 - F(z))]}$$

Пример:

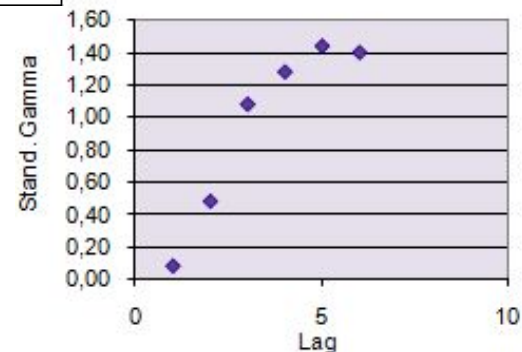
Code	Facies	Proportion	pdf=F(z)	F(z)*(1-F(z))
0	Shale	0,50	0,50	0,250
1	Sand	0,05	0,55	0,248
2	Silt	0,15	0,70	0,210
3	Fine Silt	0,20	0,90	0,090

Индикаторная Вариограмма для **Shale**:

- **Shale** распознается как '1' а остальные фации как '0' для расчета вариограммы (полудисперсия)
- Вариограмма нормализуется фактором pdf

Shale		
Lag	Semivariance	Standardized
Lag1	0,02	0,08
Lag2	0,12	0,48
Lag3	0,27	1,08
Lag4	0,32	1,28
Lag5	0,36	1,44
Lag6	0,35	1,40

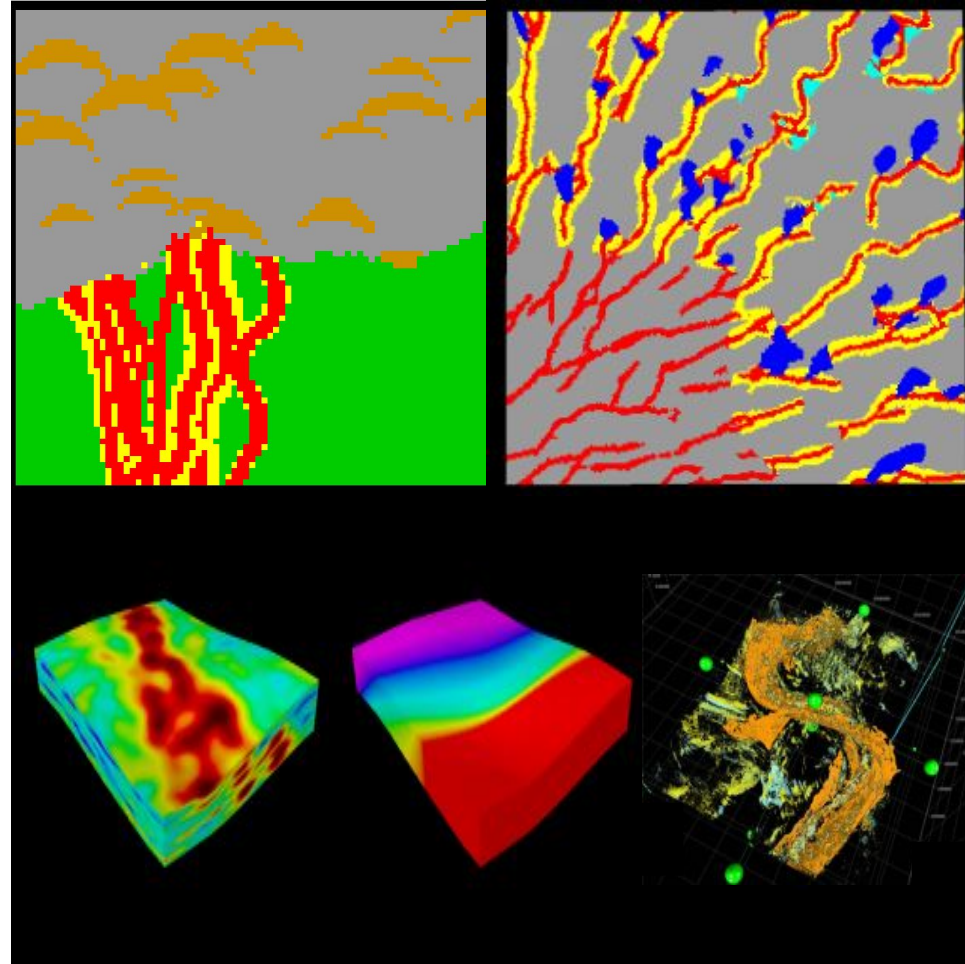
Standardized Indicator Variogram Shale



Курс Advanced Property Modeling (2 дня)



- Теория многоточечной статистики
- Создание шаблонов
- Искусственные нейронные сети
- Geobodies
- Моделирование фаций
 - Многоточечное фациальное моделирование
- Петрофизическое моделирование
 - Анализ данных





УПРАЖНЕНИЕ

Фациальное моделирование