

Подготовка данных к моделированию свойств

Начальный набор данных

Скважинные / Сейсмические данные

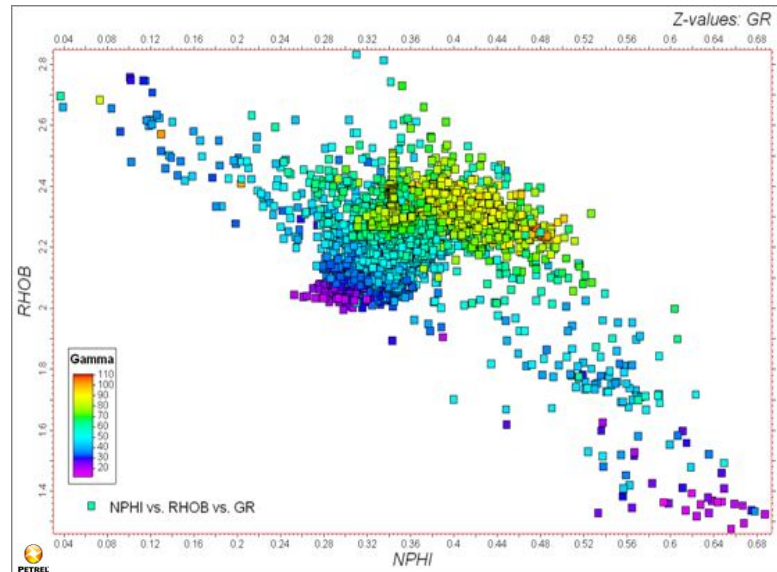
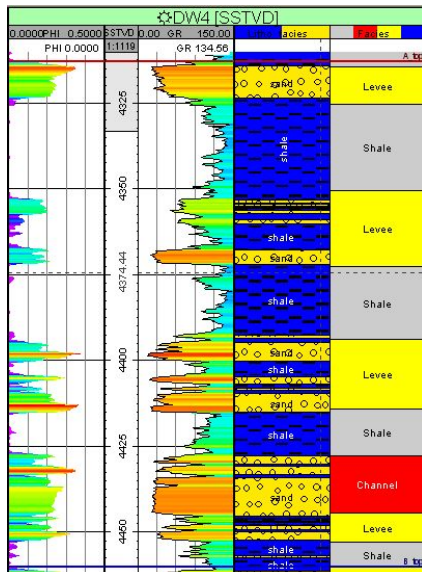
- **Каротаж фаций**
 - литология
 - тип насыщения
 - седиментологические фации и др.
- **Петрофизические каротажи/ керн**
 - минерализация
 - пористость & проницаемость,
 - водонасыщенность, эффективная мощность и пр.
- **Вторичные данные,**
 - Сейсмические атрибуты (относящиеся к фациям или петрофизические)

Подготовка данных к моделированию свойств

Интерпретация фаций / литологии в Petrel

Интерпретация фаций или литологии может быть получена из:

- Кроссплот
- Данные РИГИС
- Известные условия осадконакопления или аналогичное месторождение
- Techlog (программа для петрофизического анализа)

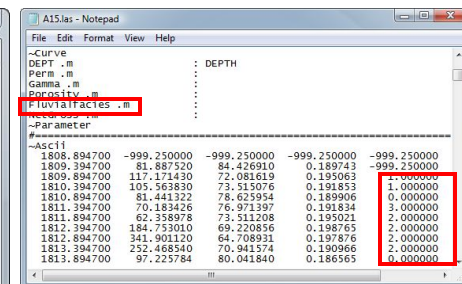
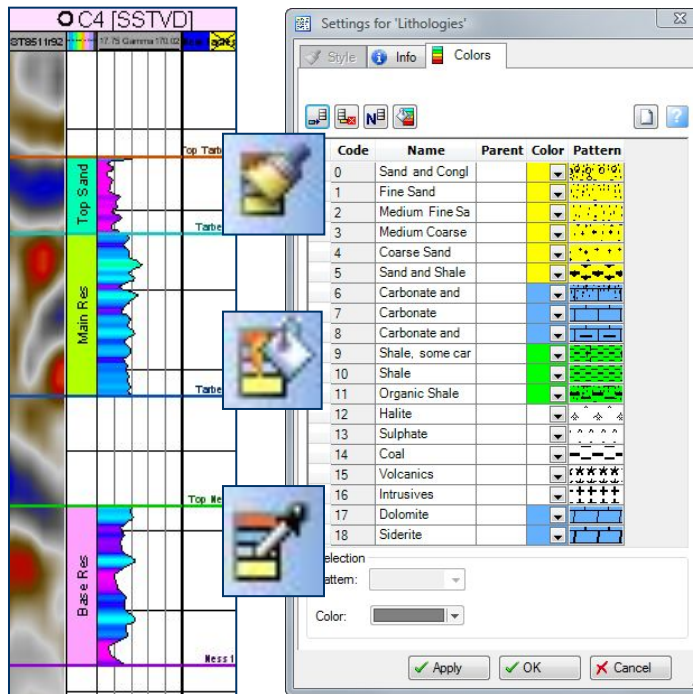
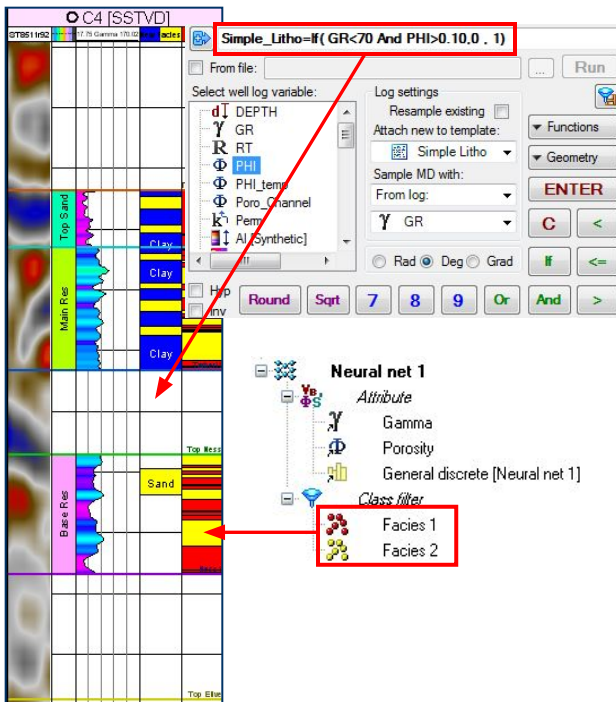


Подготовка данных к моделированию свойств

Интерпретация фаций / литологии в Petrel

Фации/Литология или дискретные свойства могут быть созданы или импортированы из:

- Калькулятор каротажей– создание кондиционных пределов из существующих каротажей
- Интерактивное рисование– используя кисточку в окне Well section
- Искусственные нейронные сети –классифицирует дискретный каротаж на основе различных входных каротажей
- Импорт – с помощью ASCII файлов, через OpenSpirit или IP plugin
- Синтетические каротажи– созданные из 3D модели свойств



Подготовка данных к моделированию свойств

Как создать шаблон фаций

Если импортированы непрерывные карторажи (такие, как GR, SP и др.), то они могут быть использованы для создания фациального / литологического картотажа. Сначала необходимо определить фациальный шаблон:

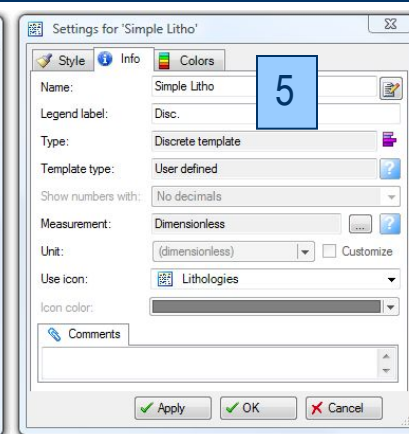
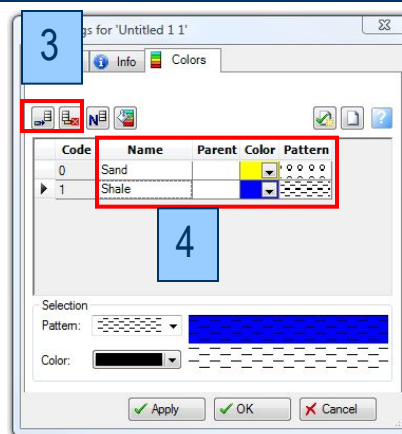
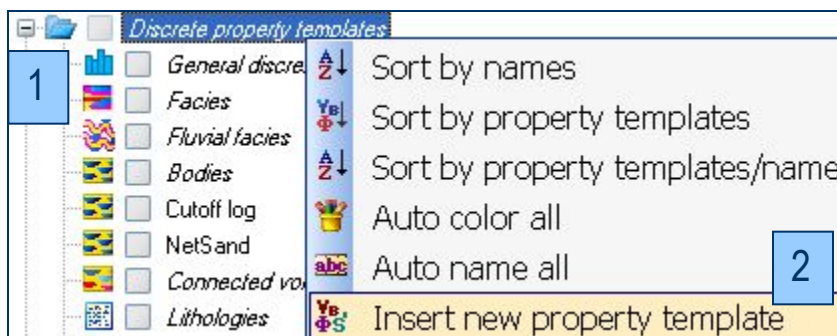
1. На панели **Templates** ПКМ по папке **Discrete property templates**.

2. Выберите **'Insert new property template'**.

3. Откройте новый шаблон **'Untitled 1'** и используйте иконку **remove/add rows**.

4. Наберите **имя фации** и поменяйте цвет и заливку на закладке **Color**.

5. Перейдите на закладку **Info** и переименуйте шаблон.



Property Modeling Data Preparation

Create new Facies log using the Well logs calculator

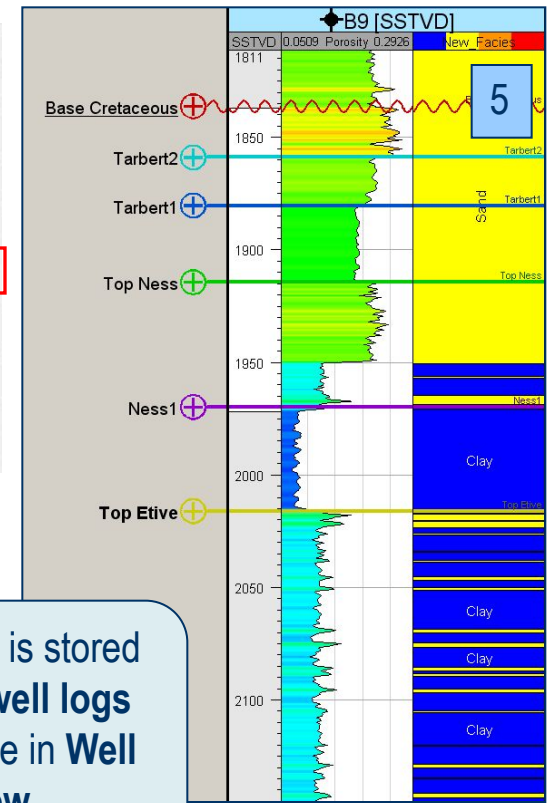
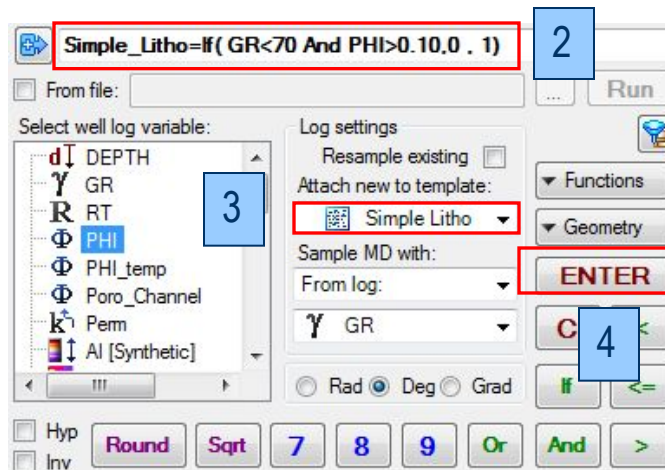
Create a new discrete log that is defined by cut-off values from a continuous log:

1. Use a log **Calculator**:
from Wells folder or
individual wells

2. Type a **new log name**
and the expression

3. Select the **Property**
template you just made

4. Press **ENTER**



5. The new log is stored
in the **Global well logs**
folder. Compare in **Well**
section window

Подготовка данных к моделированию свойств

Создание нового фациального каротажа с помощью калькулятора

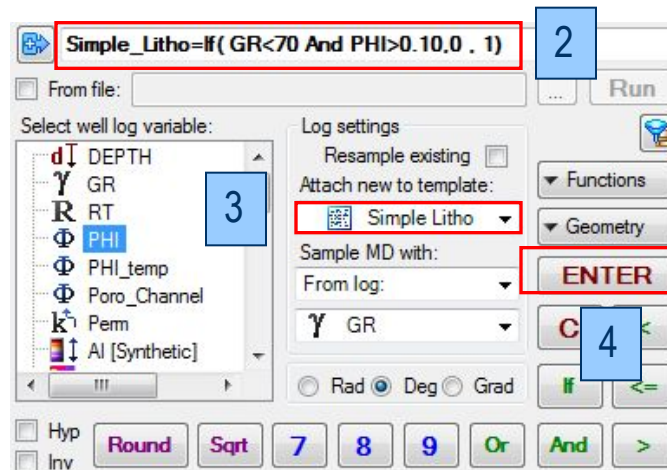
Создание нового дискретного каротажа из непрерывного каротажа с помощью кондиционных пределов:

1. Используйте **Calculator**: из папки Wells или из скважины

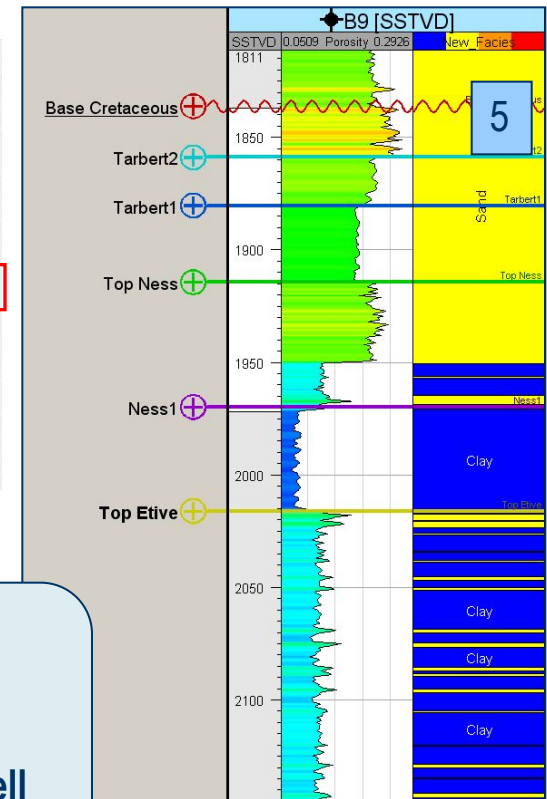
2. Введите новое имя каротажа и выражение

3. Выберите только что созданный шаблон

4. Нажмите **ENTER**



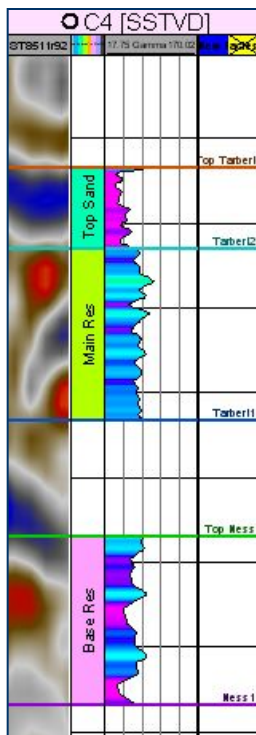
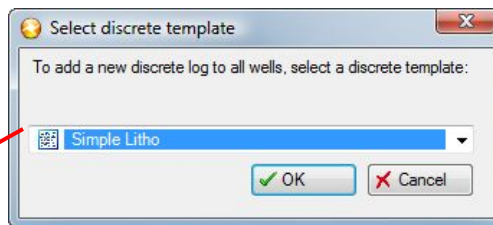
5. Новый каротаж находится в папке **Global well logs**. Сравните в окне **Well section**



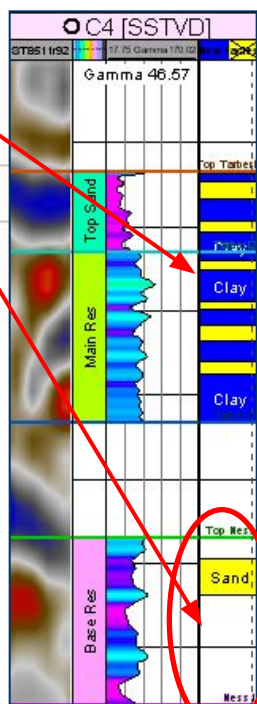
Подготовка данных к моделированию свойств

Интерактивное создание нового фациального каротажа

Создайте новый дискретный каротаж с помощью интерактивных опций:



- Sand [0]
- Shale [1]
- Next page...
- Undefined
- Settings...



Сомнительная область, только 1 интервал песка проинтерпритирован

Создание дискретных кривых



Paint discrete log class



Create new discrete log

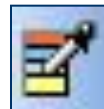
Редактирование дискретных кривых



Paint discrete log class



Flood fill discrete log class



Pick up discrete log class

Подготовка данных к моделированию свойств

Нейронные сети – Методы и входные данные

Цель: Создать новый дискретный каротаж на основе непрерывных каротажей в шаблонных скважинах. Каждый входной каротаж может скоррелирован для создания взаимосвязи.

Выберите тип модели:
Classification для дискретных каротажей и **Estimation** для непрерывных.

Выберите **Тип данных:** каротажи.

Выберите **Скважины** для использования; они должны иметь общие каротажи.

Выберите **Каротажи** в качестве входных данных для обучения.

Нажмите **Correlation analysis**, чтобы просмотреть коэффициенты корреляции каротажей.

Correlation table

	GR	PHI
GR	1.0000	0.7919
PHI	0.7919	1.0000
Total	0.7919	0.7919

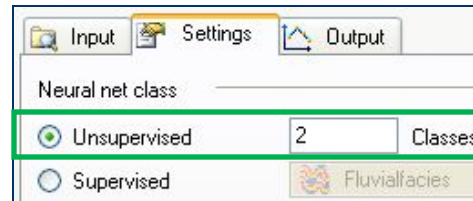
Подготовка данных к моделированию свойств

Нейронные сети – Классификация (создание фациального каротажа)

Если Вы не определились с интерпретацией фаций и хотите просто разделить каротаж на классы, то используйте **unsupervised classification** (без учителя). Если интерпретация уже сделана, то используйте **supervised classification** (с учителем).

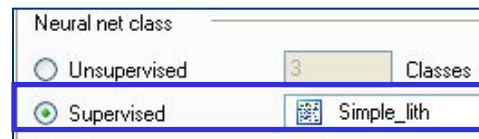
Без учителя

В качестве быстрой оценки используйте обучение **Unsupervised** и определите количество **классов** на выходе



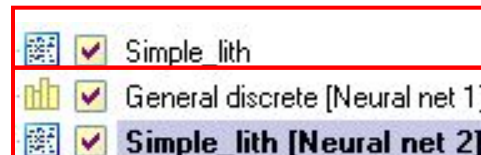
С учителем

Посмотрите каротаж с существующими фациями. Выберите **Supervised** и **дискретный каротаж**.



Результирующий каротаж

1. **Тренировочный каротаж**
2. **Каротаж без учителя** (общий дискретный шаблон)
3. **Каротаж с учителем** (наследует шаблон каротажа)



Подготовка данных к моделированию свойств

Нейронные сети – параметры обучения и выходные данные

Так как NN основаны на правилах обучения, то некоторые **параметры обучения** должны **данные** – это каротаж и нейронная сеть, содержащая входные каротажи (атрибуты) и выходные класса (фильтр по классам).

Параметры обучения

Для первого пробега, оставьте параметры обучения по умолчанию. Они могут быть настроены после, если необходимо.

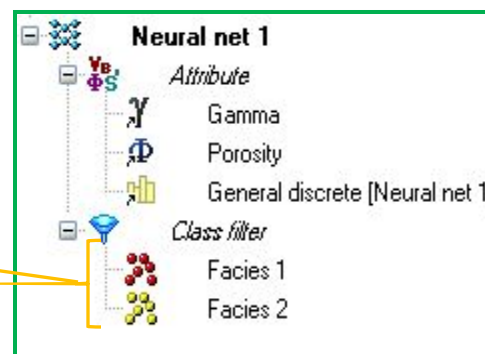
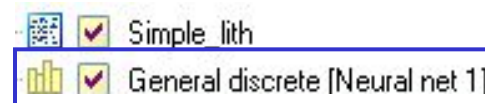
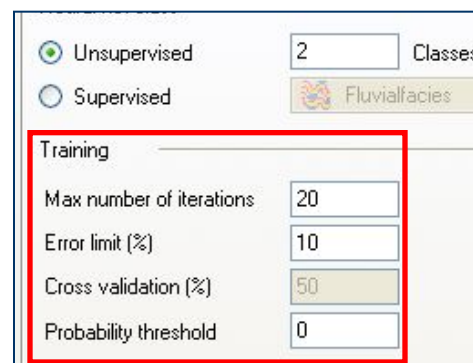
Каротаж

Каротажи берутся из папки **Global well logs**.

Результат обучения

Результат NN будет иметь название **Neural net 1** и храниться на панели Input – он показывает входные атрибуты и выходные класса.

Примечание: Количество классов определяется вручную или из шаблона тренировочного каротажа



Подготовка данных к моделированию свойств

Петрофизические параметры

Общие петрофизические параметры:

Пористость - доля объема, заполненная порами и пустотами

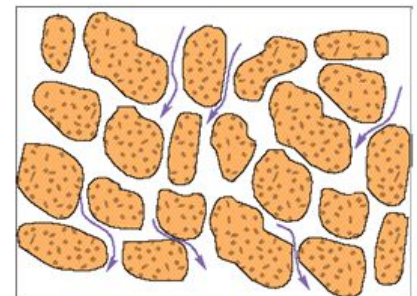
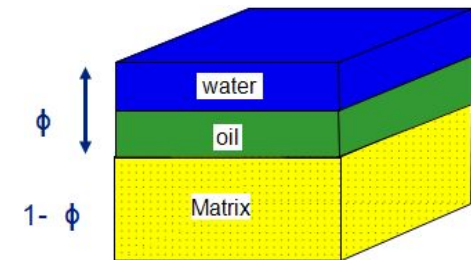
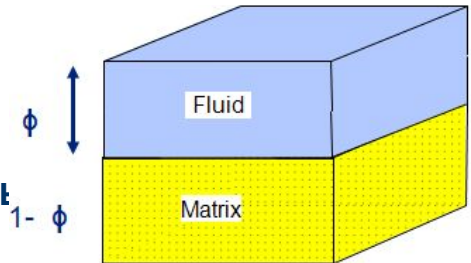
Общая пористость $\phi_t = \text{Общий объем пор} / \text{Общий объем породы}$

Эффективная пористость $\phi_e = \text{Связанный поровый объем} / \text{Общий объем породы}$

Водонасыщенность - доля порового пространства, занятая водой. Начальная SW используется для расчета STOIP.

Водонасыщенность $Sw = Sw_{\text{связанная}} + Sw_{\text{свободная}}$

Проницаемость - динамическое свойство, связанное с движением флюида. Проницаемость иногда напрямую связана с пористостью, но не всегда (карбонаты с низкой пористостью могут иметь высокую проницаемость из-за обширных трещин).



Подготовка данных к моделированию свойств

Петрофизические параметры (продолжение)

Песчанистость – доля потенциального резервуара, как отношение к общему объему

Пример:

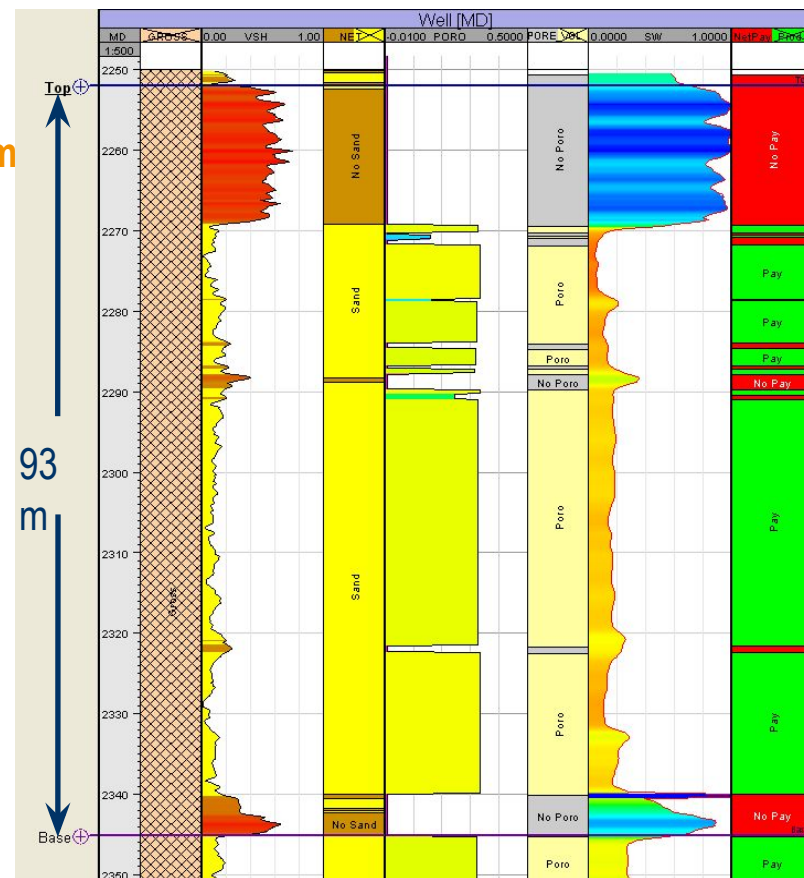
Общая толщина = Общий интервал зоны = $2345 - 2252 = 93 \text{ m}$

Эффективная толщина = Толщина песчаных
пропластков = 72 m

Песчанистость = $\text{Net} / \text{Gross} = 72 / 93 = 0.774$

Поровая толщина = Эфф. толщина * Пористость =
= $72 * 0.32 = 23.04 \text{ m}$

Эффективная поровая толщина = Поровая толщина *
* $(1 - S_w) = 23.04 * (1 - 0.2) = 18.432 \text{ m}$



Подготовка данных к моделированию свойств

Петрофизические каротажи – интерпретация в Petrel

Петрофизические или непрерывные свойства могут быть созданы или импортированы из :

- Калькулятор каротажей– создание кондиционных пределов из существующих каротажей
- Искусственные нейронные сети– рассчитывает непрерывные каротажи на основе различных входных каротажей
- Импорт – с помощью ASCII файлов, через OpenSpirit или IP plugin
- Синтетические каротажи– созданные из 3D модели свойств

The image displays a workflow in OpenSpirit for creating synthetic logs. On the left, a well log plot for 'Well IMD1' shows various logs including GR, RT, PHI, Poro_Channel, Perm, and AI [Synthetic]. A calculator window is open with the formula: $NG = \text{If}(\text{Vsh} < 0.45, \text{If}(\text{Poro} > 0.15, \text{If}(\text{SW_Archie} < 0.8, 1.0), 0), 0)$. A Notepad window shows an ASCII file 'A15.las' with columns for DEPT, Perm, Gamma, Porosity, Fluvialfacies, and NetGross. The 'Make well log' dialog shows 'Edit existing' selected with 'Perm [Neural net 4]' chosen. The 'Settings for DW6' dialog shows 'From property' selected and 'Permeability [U]' checked in the Properties list.

DEPT .m	Perm .m	Gamma .m	Porosity .m	Fluvialfacies .m	NetGross .m
1808.894700	-999.250000	-999.250000			
1809.394700	81.887520	84.426910			
1809.894700	117.171430	72.081619			
1810.394700	105.563830	73.515076			
1810.894700	81.441322	78.625954			
1811.394700	70.183426	76.971397			
1811.894700	62.358978	73.511208			
1812.394700	184.753010	69.220856			
1812.894700	341.901120	64.708931			
1813.394700	252.468540	70.941574			
1813.894700	97.225784	80.041840			
1814.394700	77.739662	81.134705			
1814.894700	94.485733	80.090469			
1815.394700	139.552310	73.719070			
1815.894700	192.177380	65.925911			
1816.394700	143.711240	71.385727			
1816.894700	68.264801	80.382645			
1817.394700	46.182922	83.296455			
1817.894700	38.343559	84.586731			
1818.394700	56.707146	85.261719			



Подготовка данных к моделированию свойств

Калькулятор каротажей- расчет Sw (выражение Арчи)

Выражение Арчи - это основное выражение используемое для каротажей петрофизиками, чтобы определить воду и углеводороды в поровом пространстве коллектора

Калькулятор каротажей
Наберите формулу для расчета нового каротажа SW.

Различные переменные должны быть определены константами или каротажем.

$$S_w = \sqrt[n]{\frac{a R_w}{\phi^m R_t}}$$

Примечание: a, m, и n зависят от литологии.

SW_Archie=sqrt([0.8*0.1]/(Pow(PHI,2)*RT))

from file: ... Run

Select well log variable:

- d↓ DEPTH
- Y GR
- R RT
- Φ PHI
- Φ PHI_temp
- k↑ Perm
- k↑ Perm_orig
- k↑ Perm_temp

Log settings

Resample existing

Attach new to template: **SW** Water satura

Sample MD with: From log: **R** RT

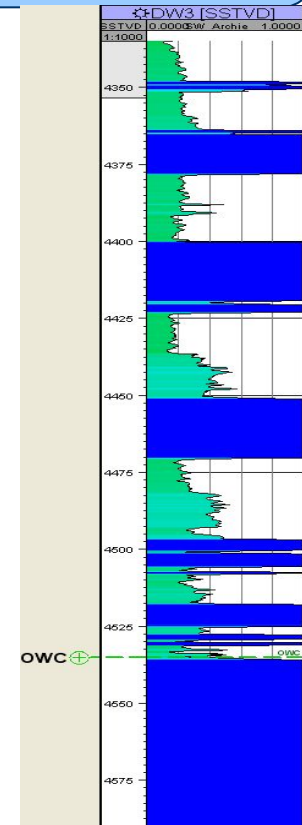
Unit: Rad Deg Grad

Buttons: Round, Sqrt, 7, 8, 9, Or, And, >

Sin, Abs, Int, 4, 5, 6, *, /, >=

Cos, Exp, Ln, 1, 2, 3, -, (, <>

Tan, Pow, Log, 0, U, ., +,), =



Подготовка данных к моделированию свойств

Калькулятор каротажей- расчет Sw (J-функция)

'J- функция' для расчета Sw использует капиллярное давление (Pc), проницаемость (k) и пористость (Φ).

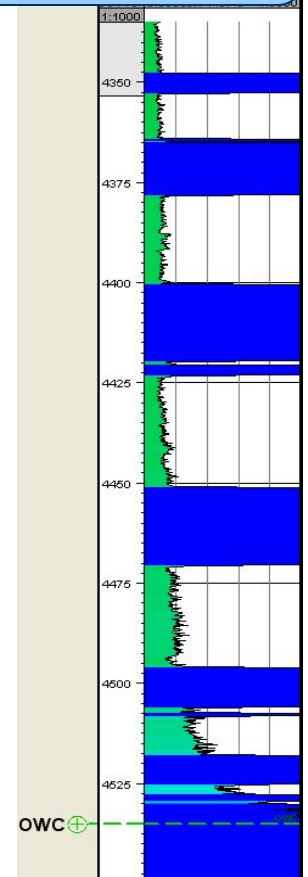
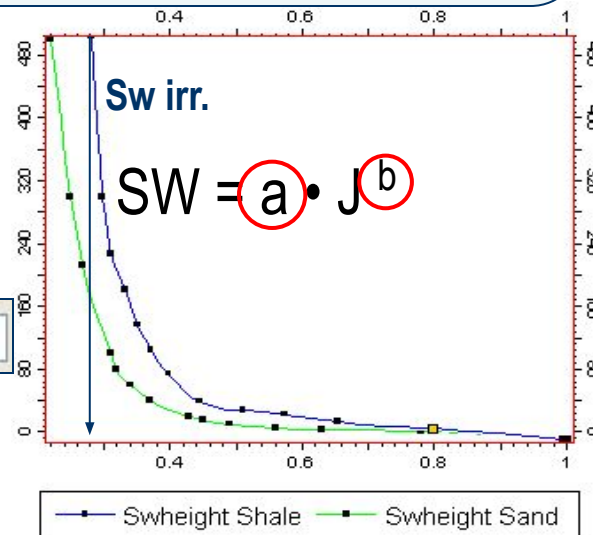
1. Сначала создайте **J-каротаж**, на основе каротажей проницаемости и пористости, используя калькулятор **Global well log**.
2. Проверьте различные кривые **Sw lookup** в окне **Function**; они обычно отличаются для разных типов пород.
3. Используйте **J- каротаж**, **каротаж SW** каротаж.

$$J(S_w) = \frac{P_c}{\sigma} \sqrt{\frac{k}{\phi}}$$

J=Sqrt(KLOG/PHIF)*0.3*3.14*9.81*Above(DWC_Surface(x,y))

J2=J/(30*1*100)

SW_Adv_J=0.348*Pow(J2, -0.485)



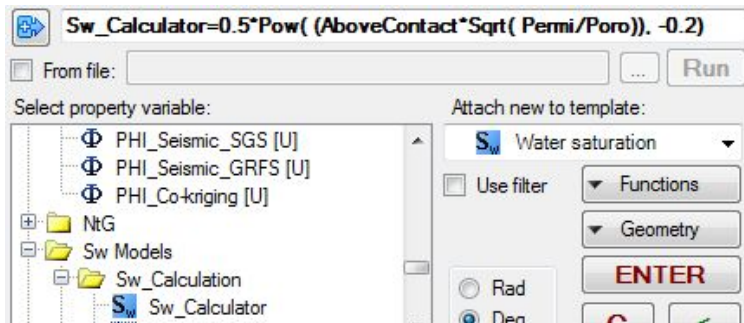
Note: a и b будут влиять на кривую; зависят от литологии.

Подготовка данных к моделированию свойств

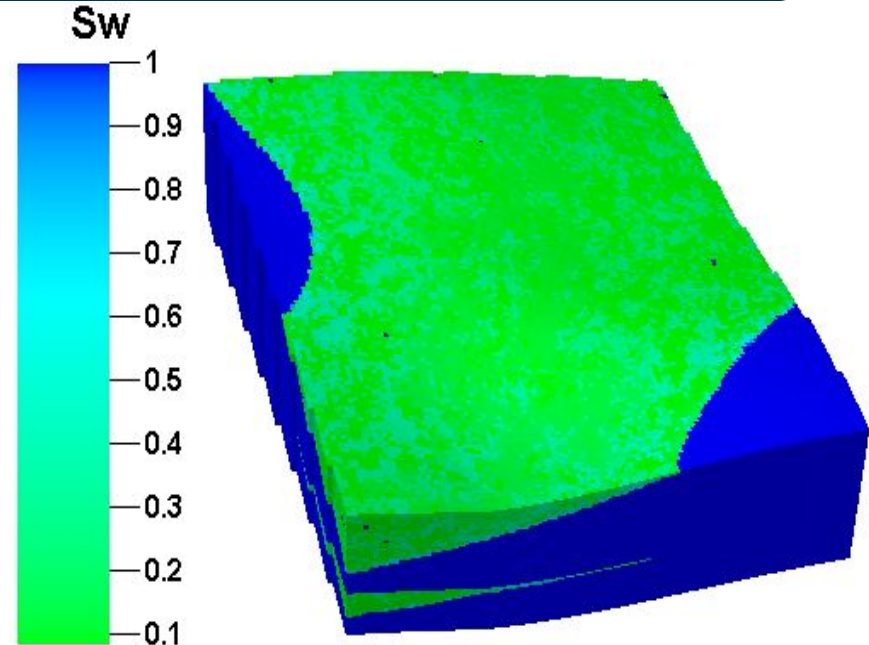
Калькулятор свойств – расчет свойства Sw (из файла)

В этом примере Sw – это функция зависимости от высоты над контактом, проницаемости и пористости.

1. В калькуляторе свойств введите выражение. Необходимо: **свойство над контактом** из Geometrical modeling, и **проницаемость** и **пористость** из Petrophysical modeling



2. Или **загрузите макрос**, где прописано выражение, чтобы упростить расчет (**.mac/.txt file**):
В калькуляторе свойств нажмите **From file**, загрузите файл и нажмите **Run**.



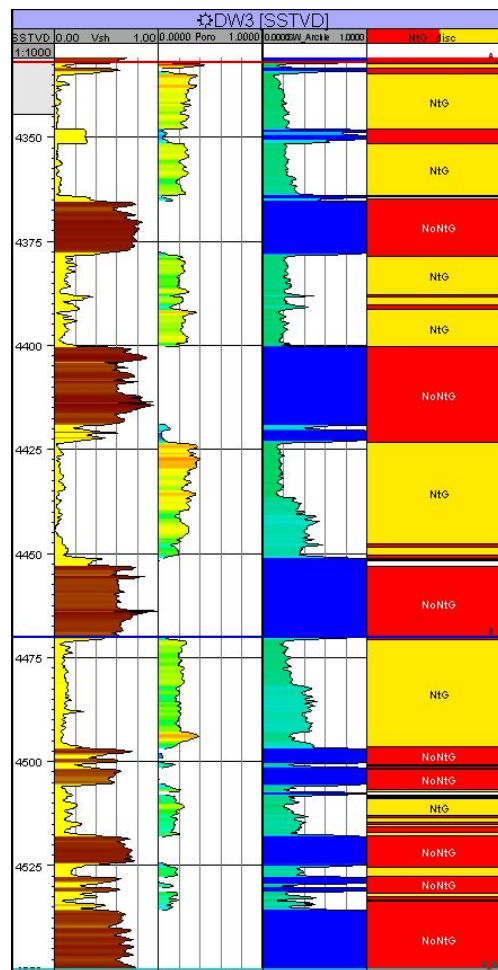
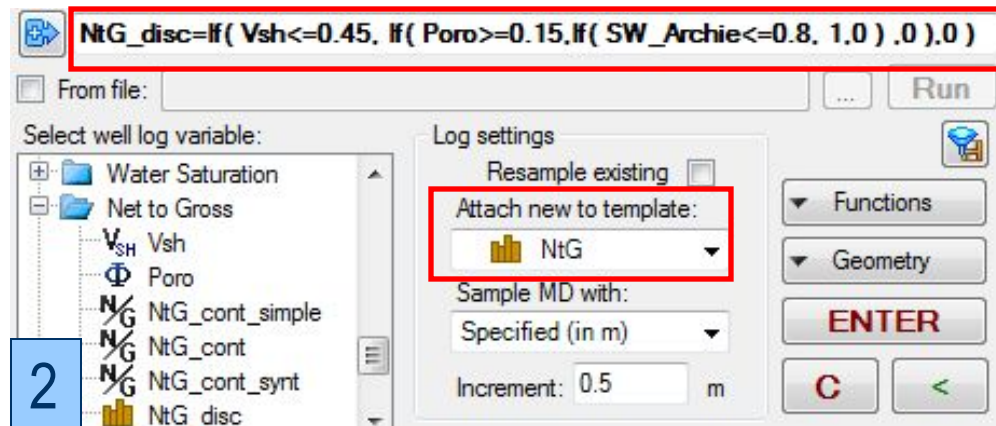
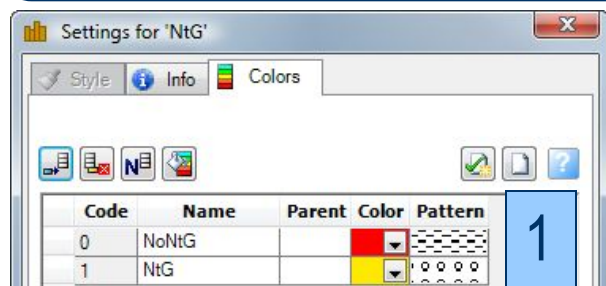
Подготовка данных к моделированию свойств

Калькулятор каротажей– дискретный каротаж песчанистости (NtG)

Рассчитайте дискретный каротаж **Net-to-Gross** на основе глинистости, пористости и **Sw**:

1. Создайте дискретный шаблон каротажа **NtG**.

2. Используйте калькулятор для создания дискретного каротажа **NtG** с критериями **NtG (1)** и **NoNtG (0)**.



Подготовка данных к моделированию свойств

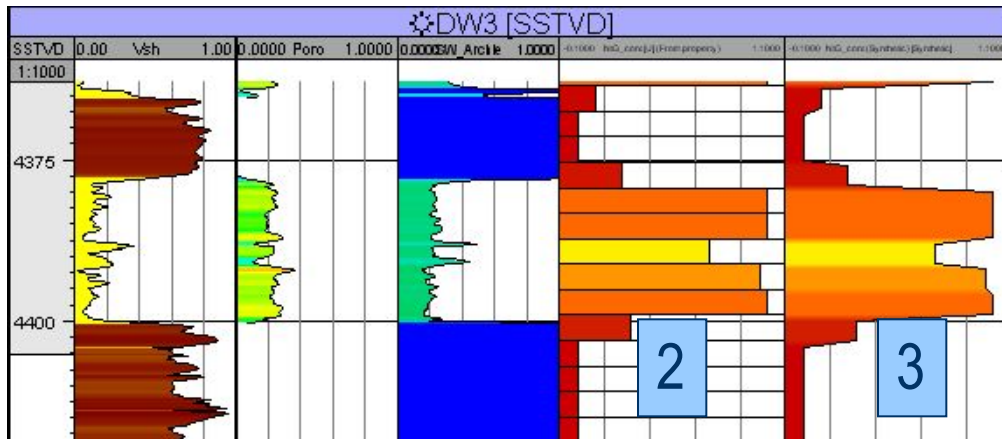
Непрерывный каротаж NtG – Перемасштабирование каротажа в свойство и создание синтетического каротажа

Рассчитайте непрерывный каротаж Net-to-Gross (индикатор) на основе Vsh, пористости и Sw:

1. Используйте калькулятор для создания непрерывного каротажа NtG с критериями отсечки. Используйте шаблон N/G.

2. Откройте процесс Scale up well logs и перемасштабируйте новый непрерывный каротаж NtG, используя метод Arithmetic mean.

3. Перейдите в Wells Settings > закладка Make logs > From property и выберите перемасштабированный непрерывный каротаж NtG и нажмите на кнопку Make logs.



Screenshot of the software interface showing the calculation of NtG_cont. The formula is:
$$NtG_cont = \text{If} (Vsh \leq 0.45, \text{If} (Poro \geq 0.15, \text{If} (SW_Archie \leq 0.8, 1.0) , 0) , 0)$$
 The interface includes a calculator, a list of well log variables, and a 'Make logs' button. A blue box labeled '1' is on the calculator, and a blue box labeled '3' is on the 'Make logs' button.

Подготовка данных к моделированию свойств

Непрерывный каротаж NtG – Перемасштабирование каротажа в свойство и создание синтетического каротажа

Рассчитайте непрерывный каротаж Net-to-Gross (индикатор) на основе Vsh, пористости и Sw:

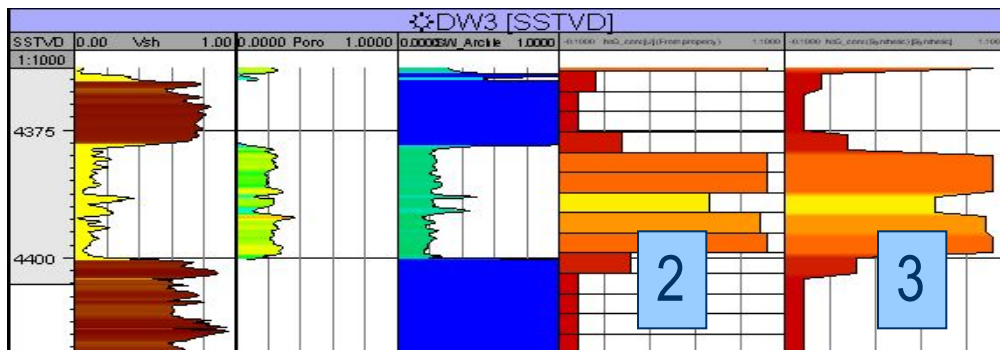
1. Calculate a NtG log by using different cutoff levels for Vsh, Porosity and Sw. The result will be a continuous log that indicates if there is a NtG (1) or not (0) according to the cutoff criteria.

NOTE: The criteria for the cutoff depends on the property values of each reservoir.

2. Scale up the NtG log, the values of the log will be averaged and resampled into the cells penetrated by the well path, giving as a result the NtG value in fraction or percentage for every cell.

NOTE: The sample of the upscaled log depends on the layer thickness.

OPTIONAL: Go to the **NtG continuous log Settings > Operations tab to Resample** (button) the log.



NtG_cont = If (Vsh <= 0.45, If (Poro >= 0.15, If (SW_Archie <= 0.8, 1.0), 0), 0)

Log settings: Attach new to template, NtG Net/Gross

Settings for 'Wells': Operations tab, Resample button

Упражнение