NExT
A Schlumberger Company

Гидродинамическое моделирование с помощью ECLIPSE Blackoil

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

NExT
A Schlumberger Company

Введение в моделирование ECLIPSE

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Что такое гидродинамическое моделирование?

Используемая физика

- Закон Дарси (без гравитационной составляющей)

$$q = -\frac{\mathrm{k}}{\mu}\nabla P$$

- Уравнение материального баланса

ВТЕКАЮЩАЯ МАССА – ВЫТЕКАЮЩАЯ МАССА
=
НАКОПЛЕННАЯ МАССА

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Модель скважины

$$q_{p,j} = \mathrm{T}_{wj}\mathrm{M}_{p,j}(\mathrm{P}_j - \mathrm{P}_w - \mathrm{H}_{wj})$$

Приток фаза, соединение

Узловое давление$_{\textbf{соединение}}$ **– BHP –** $\mathrm{H}_{\text{от соед до опорной глуб}}$

Проводимость$_{\textbf{соединение}}$

$$\mathrm{T}_{wj} = \frac{\mathrm{cKh}}{\ln(\mathrm{r_o}/\mathrm{r}_w) + \mathrm{S}}$$

Подвижность$_{\textbf{фаза,соединение}}$

$$\mathrm{M}_{o,j} = \frac{k_{o,j}}{\beta_{o,j} \cdot \mu_{o,j}} + R_v \frac{k_{g,j}}{\beta_{g,j} \cdot \mu_{g,j}}$$

$$\mathrm{M}_{g,j} = \frac{k_{g,j}}{\beta_{g,j} \cdot \mu_{g,j}} + R_s \frac{k_{o,j}}{\beta_{o,j} \cdot \mu_{o,j}}$$

ECL ECLIPSE

Schlumberger

Модели нелетучей нефти и композиционная

Симуляторы для модели нелетучей нефти (ECLIPSE Blackoil)

- Нефтяная и газовая фазы представлены ‘одним компонентом’
- Предполагается, что состав компонентов не изменяется во времени и от давления

Симуляторы для композиционной модели (ECLIPSE Compositional)

- Нефтяная и газовая фазы представляются как многокомпонентные смеси
- Предполагается, что свойства пластовых флюидов при всех температурах, давлениях, составах и времени могут быть представлены уравнением состояния

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Базисные шаги гидродинамического моделирования

- Пласт представляется в виде ячеек
- Для каждой ячейки вносятся необходимые данные
- Скважины располагаются внутри ячеек
- Задаются дебиты скважин как функции от времени
- Для определения давления и насыщенностей для каждой ячейки, а также добычи для каждой скважины по каждой фазе, для каждого момента времени решается система дифференциальных уравнений

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Потоки в модели

- Поток из одной ячейки в другую
- Поток из ячейки в скважину
- Поток внутри скважин (и наземные сети)

Поток = Проводимость • Подвижность • Депрессия

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Результаты зависят от **качества** входных данных

- Недостаток данных
  - большое количество экстраполяций
- Погрешности измерений
- Сложность пласта
  - неоднородность
- Пригодность
  - непрерывная система представляется дискретной численной аппроксимацией

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Решаемые задачи

Оценка объектов:

- Аккуратное определение извлекаемых запасов

Управление объектом:

- Выбор самого экономичного способа перфорации, схемы размещения скважин, числа пробуриваемых скважин и объемов нагнетания

Управление неопределенностями:

- Оценка эффектов раннего прорыва воды или конусообразования

Почему ECLIPSE?

- Стандартный симулятор для модели нелетучей нефти
- Может моделировать практически все варианты разработки месторождения
- Надежный, аккуратный, легкий в использовании
- Постоянное развитие продукта
- Интегрирован с большинством геологических пакетов
- Техническая поддержка

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

ECLIPSE Blackoil Основные Опции

Мультиплатформенная поддержка

PC (Windows & Linux), IBM, Sun, SGI

Геометрические опции

- Угловой точки, блочно-центрированная геометрия и PEBI
- Измельчение сетки

Опции течения флюида

- Масштабирование концевых точек
- Дренирование и пропитка, гистерезис

Характеристики скважины

- Автоматический ремонт и бурение скважин
- Установление очередности
- Задание ограничений по месторождению
- Экономические ограничения
- Изменение работы скважин по условиям

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

ECLIPSE Blackoil Дополнительные Лицензии

- Оптимизация газлифта
- Опция распараллеливания
- Граничные условия
- Многосегментные скважины
- Наземное оборудование (сети)
- Множественные реализация
- Угольный метан
- Псевдо-композиционное моделирование
- Соединение моделей
- Индикаторы
- Пена, растворители, полимеры и ПАВ
- Хранение CO_2

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

ECLIPSE Model: *.DATA

RUNSPEC	Основные характеристики модели
GRID	Геометрия сетки и основные свойства породы
EDIT	Модификация данных геометрии сетки секции GRID (опциональная секция)
PROPS	PVT и SCAL свойства
REGIONS	Разделение месторождения на регионы (опциональная секция)
SOLUTION	Инициализация модели
SUMMARY	Запрос выходных данных (опциональная секция)
SCHEDULE	Данные по скважинам, заканчиваниям, наземному оборудованию, дебитам

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Как работает ECLIPSE

- Каждая секция файла данных прочитывается, обрабатывается, выполняется проверка на соответствие, требуемая информация записывается в различные файлы вывода (например, *PRT)

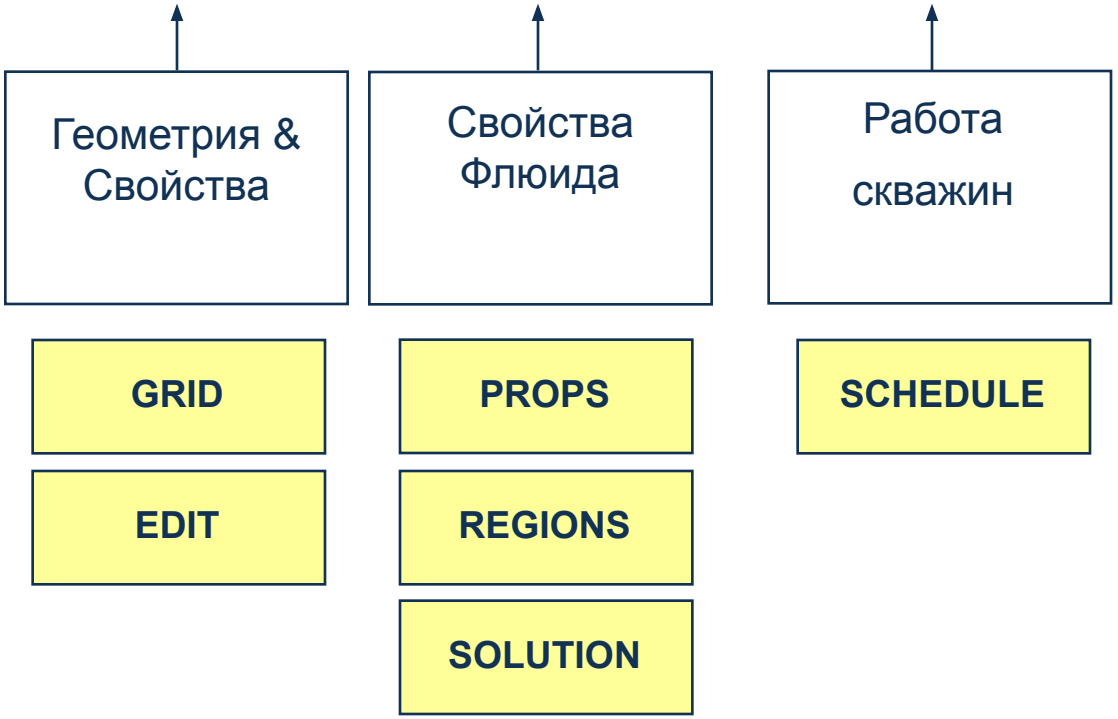
  – RUNSPEC: используется для распределения динамической памяти
  – SCHEDULE: Данные зависящие от времени читаются и обрабатываются для каждого временного шага

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Каким образом секции ECLIPSE связаны с уравнением

Поток = Проводимость • Подвижность • Депрессия



ECL
ECLIPSE

Schlumberger

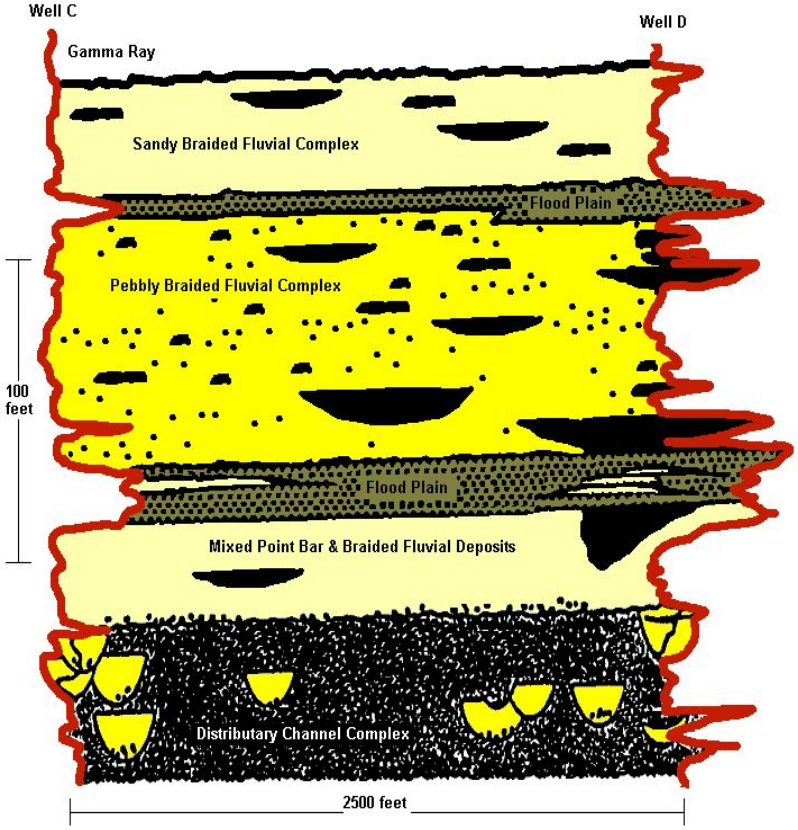
Example of a Data File

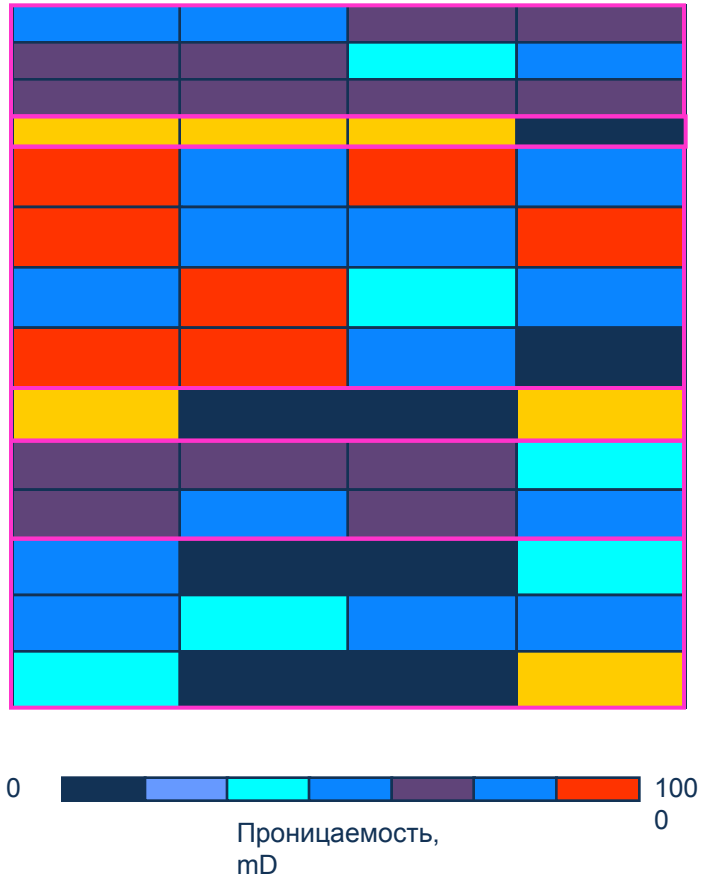
DATA File

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Статическое описание пласта





ECL
ECLIPSE

Schlumberger

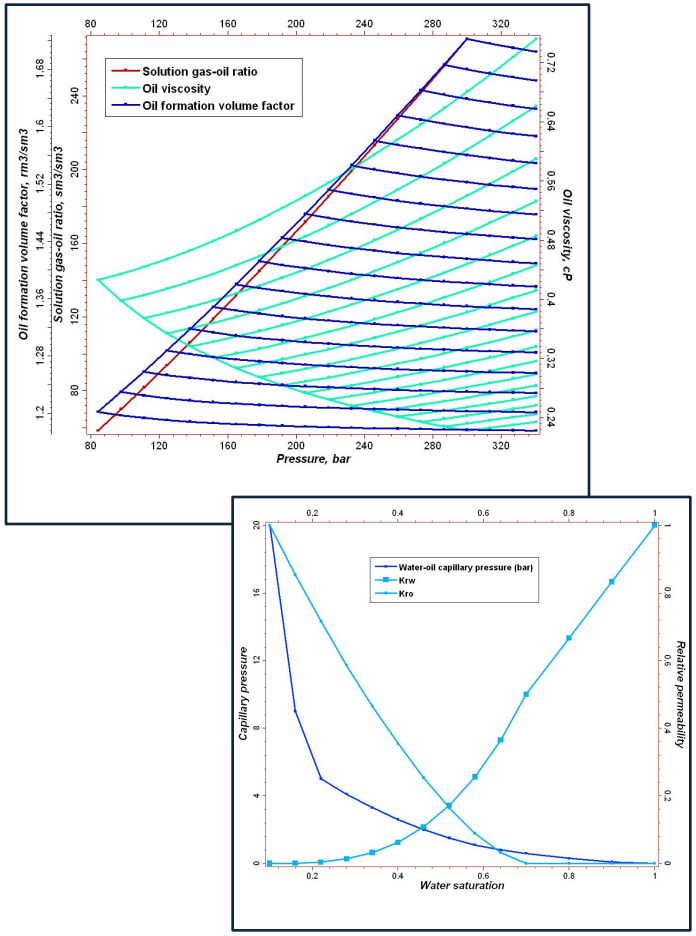
Физ-хим свойства и свойства породы

PVT: Физ-хим свойства флюида

- Описание поведения фаз пластовых флюидов при различных давлениях

SCAL: Свойства породы

- Описание поведения движения пластовых флюидов
- Описание переходной зоны



ECL
ECLIPSE

Schlumberger

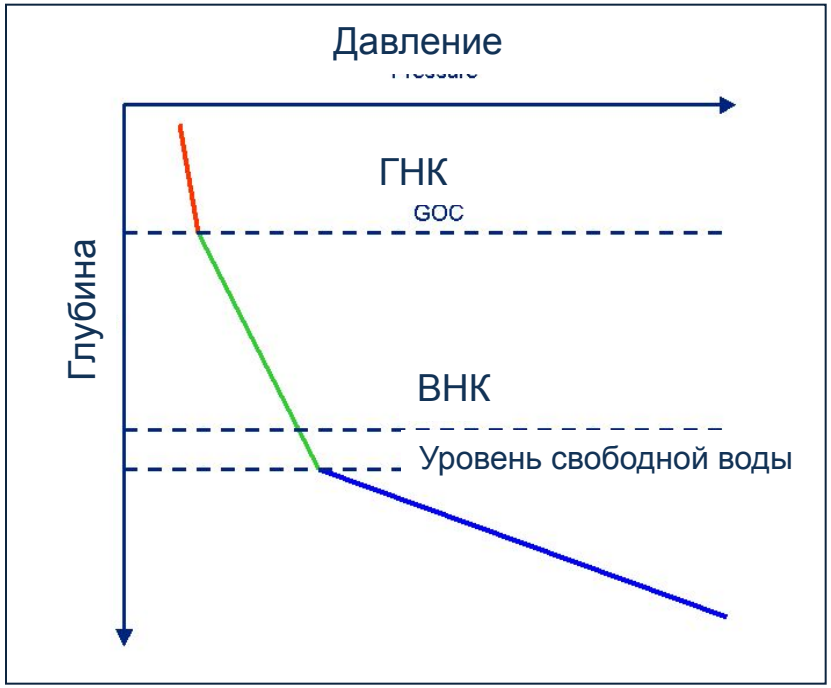
Данные для инициализации

Балансировка

- Определить начальную насыщенность каждой фазы и градиенты давлений на основании глубин контактов
- ECLIPSE рассчитывает насыщенность и давления в предположении равновесия

Перечисление

- Явное задание начальных насыщенности и давления в каждой ячейке

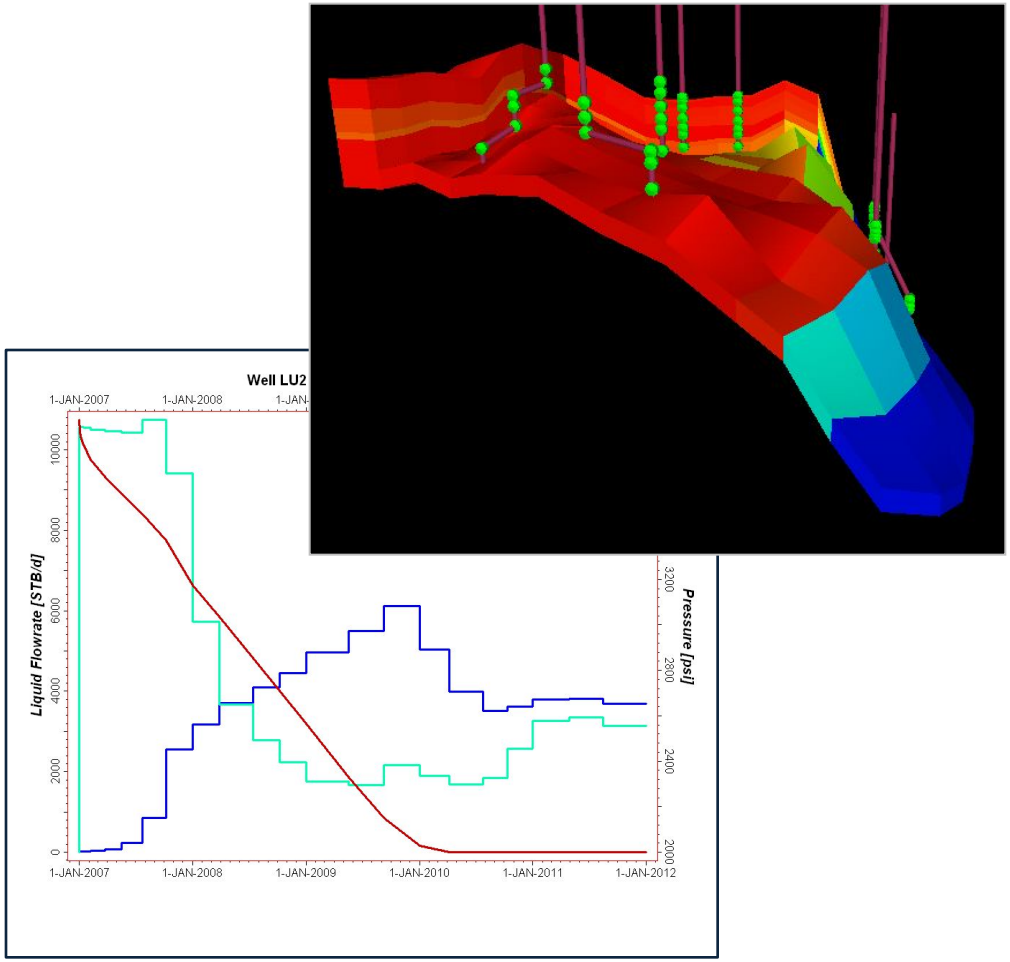


ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Данные по скважинам

- Расположение скважин
- Данные по заканчиванию скважин
- Исторические дебиты добычи/закачки
- Ограничения по дебитам скважин или групп
- Новые скважины
- Очередность бурения



ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Гидродинамическое моделирование с помощью ECLIPSE

1. Постановка четкой цели ← **Очень важно**
2. Сбор и проверка данных
3. Построение моделей — ***Старайтесь делать модель проще***
4. Задание скважин
5. Задание исторических дебитов скважин
6. Настройка модели на историю разработки
   a. Подбор давлений
   b. Подбор дебитов
7. Анализ чувствительности возможен на любой стадии
8. Прогнозирование добычи при различных сценариях разработки

Создавайте небольшие модели, чтобы понять процессы, происходящие в пласте → 3.

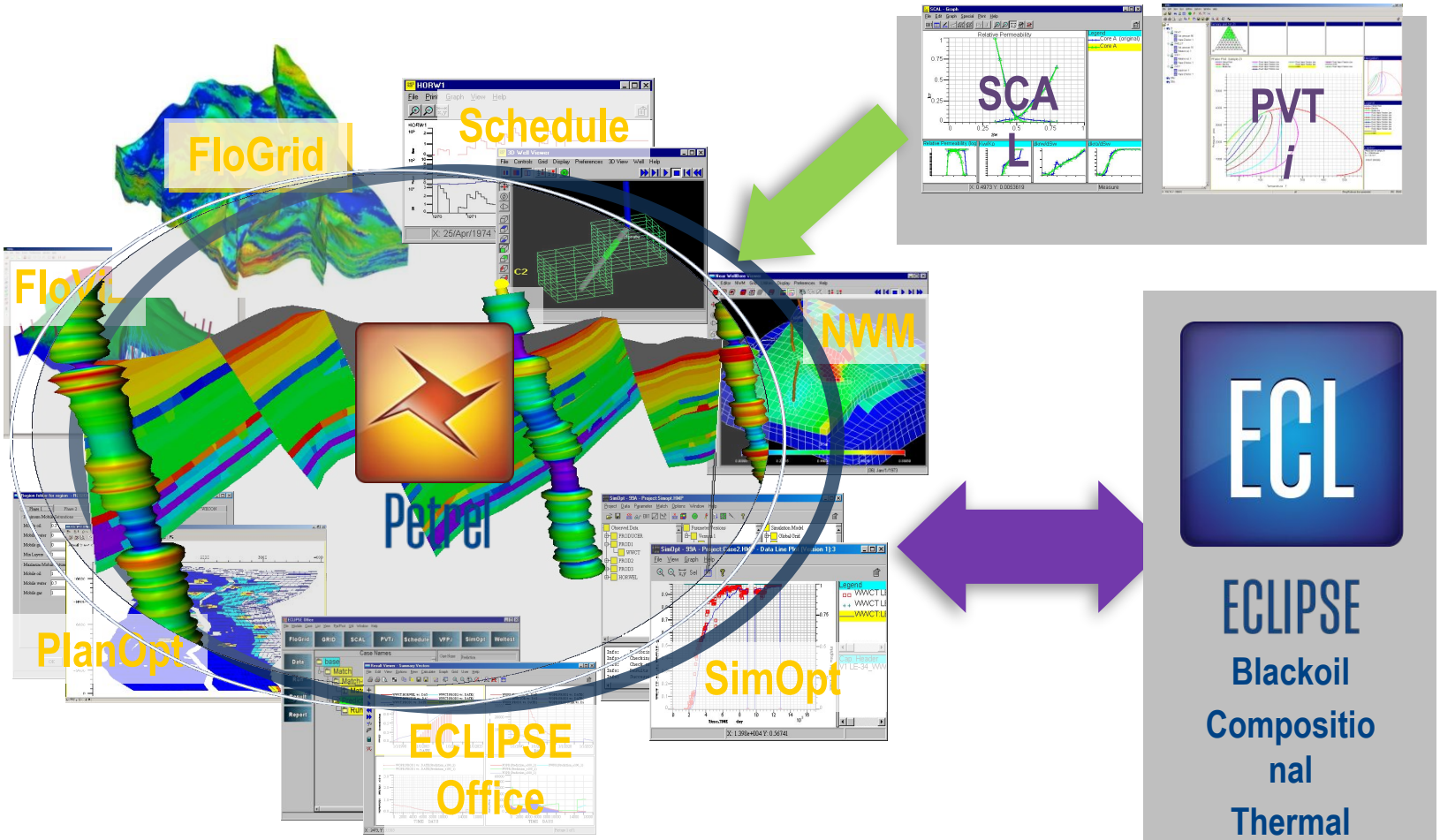
Предположения должны быть физически правомерны → 6.

Настроенная модель не является единственной верно настроенной

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Семейство продуктов ECLIPSE



ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Типы выходных файлов

		Ключевое слово	Расширение	Преимущества	Недостатки
Тип файла	Форматированный: текстовый формат	FMTOUT	*FEGRID	Можно просмотреть в текстовом редакторе	Большой размер
	Неформатированный: бинарный формат	(по умолчанию)	***EGRID**	Мал в размере	Необходимо использовать макрос @convert, чтобы открыть в текстовом редакторе
Тип содержимого	Унифицированный: единственный, но объединяющий все временные шаги	UNIFOUT	*UNRST	Неограниченное число отчетов При сбое последний отчёт не сохраняется	Нельзя удалить ненужные отчеты
	Неунифицированный файл: отдельный файл для каждого временного шага	(по умолчанию)	***X0001,** ***X0002** **и тд**	Ненужные файлы могут быть удалены При сбое последний файл отчёта не записывается	Максимально может быть записано только 9999 отчетов

ECL ECLIPSE

Schlumberger

Выходные файлы (1 of 2)

*** часто используемые**

Тип файла	Назначение	Основные задающие ключевые слова	По умолч (Неформатир неунифицир)	FMTOUT UNIFOUT (форматир унифицир)	UNIFOUT (неформатир унифицир)	FMTOUT (форматир неунифицир)
Лог-файл	Оперативная информация о запуске (ошибки, сообщения и тп)	Нет (управляется ключами исполняемого файла Eclipse)	*LOG			
Отладочный файл	Специальная информация, используемая разработчиками и службой поддержки	DEBUG, DEBUG3, EPSDEBUG, VEDEBUG, WELDEBUG, RPTISOL	*DBG			
Файл основного вывода	Основной текстовый вывод, содержит сообщения, предупреждения, ошибки и информацию, запрошенную пользователем	MESSAGES, RPTGRID(L), RPTPROPS, RPTREGS, RPTSUM, RPTSOL, RPTSCHED	*PRT			
Файл геометрии	Структурная геометрия сетки, используется для визуализации (GRID – старый формат, EGRID – расширенный)	GRIDFILE	*EGRID *GRID	*FEGRID *FGRID	*EGRID *GRID	*FEGRID *FGRID
Файл инициализации	Свойства сетки на начальный момент времени, регионы и таблицы свойств флюидов и пород (пористость, проницаемость, поровый объём, проводимость) Используется для визуализации	INIT	*INIT	*FINIT	*INIT	*FINIT
Файл потоков	Потоки и давления на границах FLUX-регионов	DUMPFLUX	*FLUX	*FFLUX	*FLUX	*FFLUX

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Выходные файлы (продолжение)

*** часто используемые**

Тип файла	Назначение	Основные задающие ключевые слова	По умолч (неформ неунифиц)	FMTOUT UNIFOUT (форматунифиц)	UNIFOUT (неформатуни фицир)	FMTOUT (формат неунифиц)
Спецификация summary-файлов	**Содержание векторов в summary-файлах**	**–**	***SMSPEC**	***FSMSPEC**	***SMSPEC**	***FSMSPEC**
Summary-файлы	**Используются для отображения графиков, содержат изменение величин по месторождению, группе, скважине, перфорации во времени**	**Мнемоники секции SUMMARY (см ECLIPSE Reference Manual)**	***Snnnn**	***FUNSMRY**	***UNSMRY**	***Annnn**
Текстовый табличный *summary*-файл (*run summary*)	**То же, что summary-файлы, только данные содержатся в текстовом табулированном формате**	**RUNSUM, EXCEL, LOTUS, NARROW, SEPARATE**	***RSM**			
Файл RFT-данных	**Содержит смоделированные RFT-данные, перенесённые с ячеек на соединения скважин**	**WRFT, WRFTPLT**	***RFT**	***FRFT**	***RFT**	***FRFT**
Restart-файлы	**Используются в перезапусках (restart'ax) и для видуализации, содержат полное описание месторождения на определённые пользователем отчётные моменты времени**	**RPTRST, RPTSCHED, RPTSOL**	***Xnnnn**	***FUNRST**	***UNRST**	***Fnnnn**

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Полезные макросы ECLIPSE

На ПК:

- **$convert**: используется для преобразования Formatted/Unformatted, Unified/Multiple

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

ECLIPSE Data File Format

Комментарии помечаются --

Ограничение: 132 символа

```
--********************** RUNSPEC SECTION**********************
RUNSPEC
TITLE
E100 COURSE EXAMPLE
--Test Porosity Multiplier 2x near P1A

DIMENS
   20    5   10  /

OIL

WATER

WELLDIMS
    4   20    1    4 /

AQUDIMS
   4*   1   250 /

REGDIMS
--NTFIP    NMFIPR
  10        10  /

START
   1 'JAN' 1994  /

--******************GRID SECTION************************
GRID

INCLUDE
BC.GRDECL /

EQUALS
'PORO ' 0.250 /
'PERMX' 2000 /
'PERMX'  10   1 20 1 5 1 1 /  Upper Mn
'PERMX'   5   1 20 1 5 2 2 /  Middle Mn
'PERMX' 100   1 20 1 5 3 3 /
'PERMX' 200   1 20 1 5 5 5 /
'PERMX'  50   1 20 1 5 10 10 /
/
```

132

Следующие 4 параметра принимаются по умолчанию

После завершающего '/' любой неустановленный параметр принимается по умолчанию

Ключевые слова начинаются с первой позиции

Комментарии могут находится после завершающего '/'

ECL ECLIPSE

Schlumberger

Полезные ключевые слова «для любой секции»

- **INCLUDE** — Подсоединить внешний файл к файлу данных ECLIPSE
- **ECHO** — Запросить вывод списка ключевых слов в PRT
- **NOECHO** — Не выводить ключевые слова в PRT файл
- **EXTRAPMS** — Вывод сообщения об экстраполяции VFP или PVT таблиц

ECL ECLIPSE

Schlumberger

Секция RUNSPEC

Назначение секции RUNSPEC

- Установить дату начала моделирования
- Задать основные параметры модели
- Выделить память (RAM) для:
  - Сетки моделирования
  - Скважин
  - Табличных данных и т.д.

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Пример секции RUNSPEC

Размерность модели: NX, NY иNZ

Единицы измерения могут быть METRIC или LAB

Количество таблиц PVT, SCAL водоносных пластов, скважин, соединений, сегментов

Дата начала моделирования

```
RUNSPEC
TITLE
   ECLIPSE Course Example
DIMENS
  20  5  10 /
FIELD

OIL

WATER

WELLDIMS
  4  20  1  4 /
AQUDIMS
  4*  1  250 /
TABDIMS
  2  2  50  50 /
START
  1 JAN 1994  /
```

Возможные фазы:

OIL – нефть

WATER – вода

GAS – газ

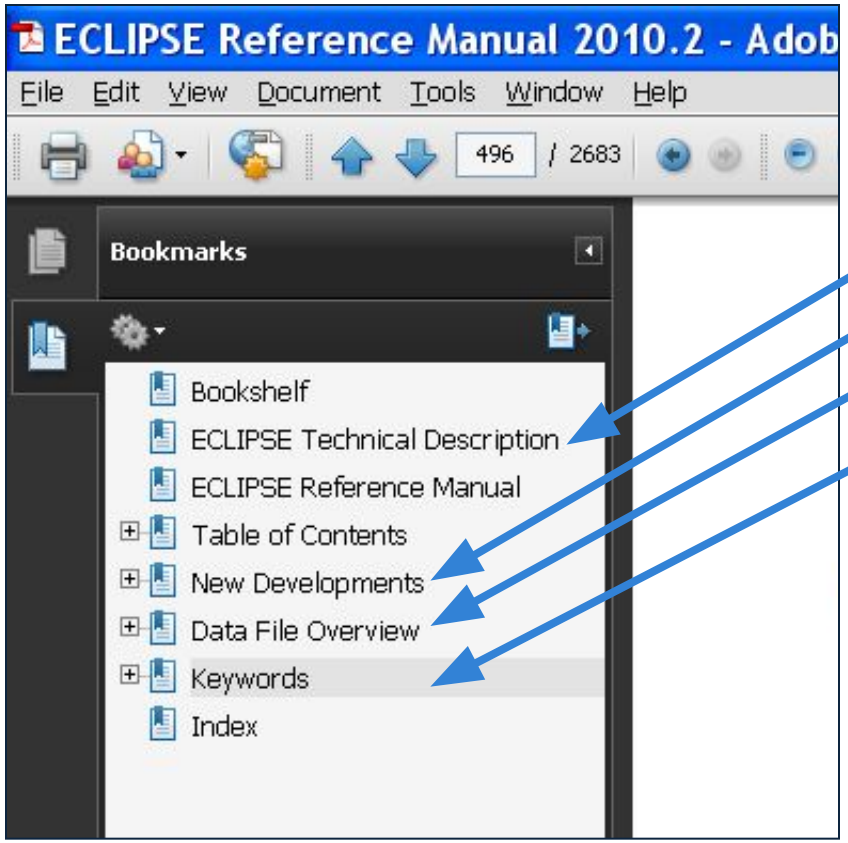
DISGAS – растворенный газ

VAPOIL – конденсат

ECL ECLIPSE

Schlumberger

Как использовать справочники



Кнопка ***Manuals*** доступна на панели запуска Eclipse или @pdf на unix

- Технические описания по темам
- Новые опции
- Обзор файла с данными
- Список ключевых слов по алфавиту

Возможен Поиск!

Примеры файлов с данными включены в инсталляционный пакет

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

ECLIPSE Parallel

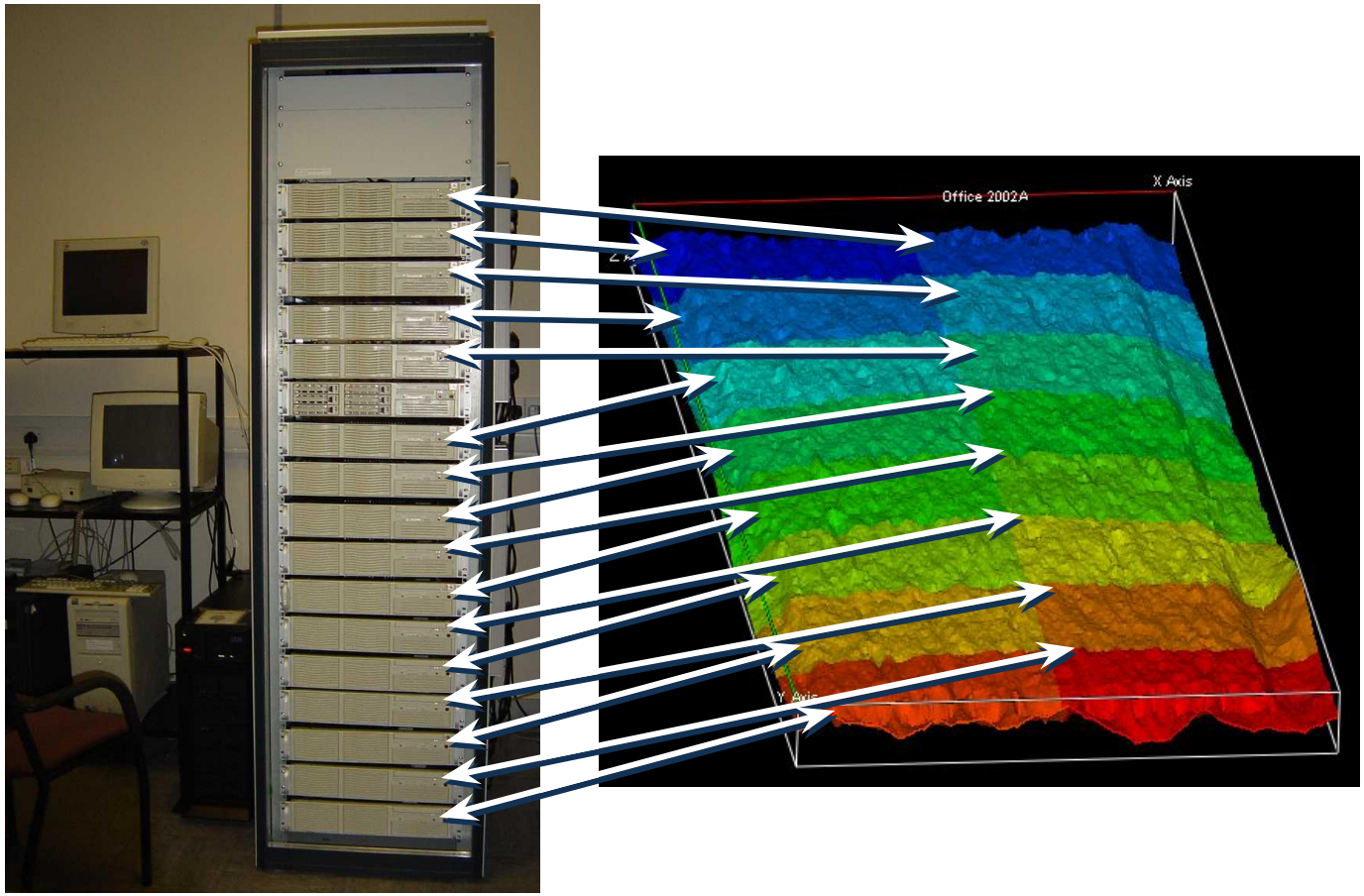
- Позволяет разделить моделирование одного набора данных на несколько процессоров/ядер
- Моделирование выполняется за меньшее время
- Для каждого процессора требуется меньше памяти

```
PARALLEL
--#Procs
  4 /
```

ECLIPSE

Schlumberger

Как работает опция Parallel



ECL
ECLIPSE

Schlumberger

GRID секция

Цель секции GRID

- Секция GRID содержит свойства, используемые для расчета порового объема и проводимостей

$$PV = V_{cell} \cdot \phi \cdot NTG \qquad T_{(x,y,z)} = \frac{K_{(x,y,z)} \cdot A_{(x,y,z)} \cdot NTG}{L_{(x,y,z)}}$$

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Необходимые свойства для ячеек

Геометрия

- Размеры ячеек и глубины

Свойства

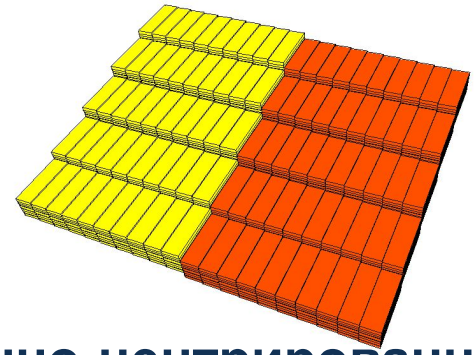
- Пористость
- Проницаемость

Песчанистость – NTG – по умолчанию равно 1

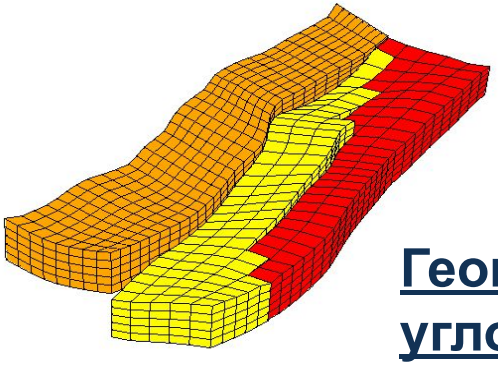
ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Типы сеток

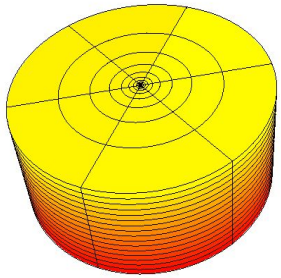


Блочно-центрированная



Декартовые сетки

Геометрия угловой точки



Радиальная

Неструктуриро-ванные (PEBI)

ECL ECLIPSE

Schlumberger

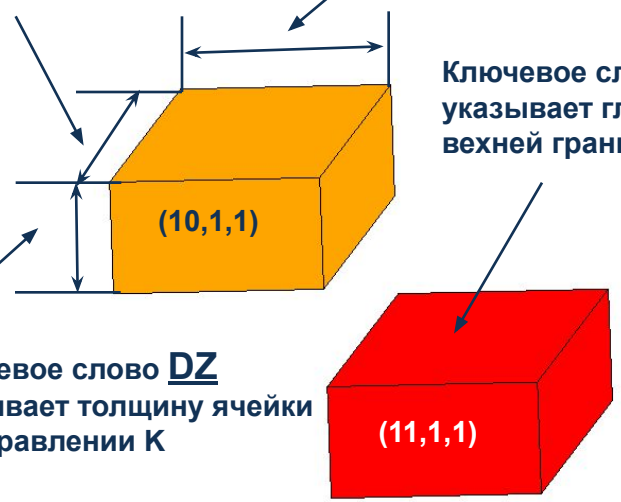
Блочно-центрированная и Угловой точки:

Блочно-центрированная

Ключевое слово **DX** указывает толщину ячейки в направлении I

Ключевое слово **DY** указывает толщину ячейки в направлении J

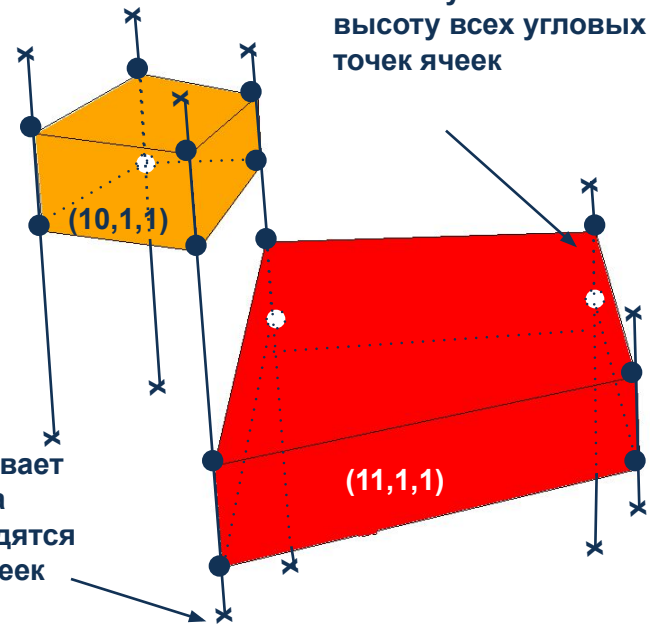
Ключевое слово TOPS указывает глубину вехней грани



Ключевое слово **DZ** указывает толщину ячейки в направлении K

Геометрия уловой точки

ZCORN указывает высоту всех угловых точек ячеек



COORD указывает X,Y,Z линий,на которых находятся углы точки ячеек

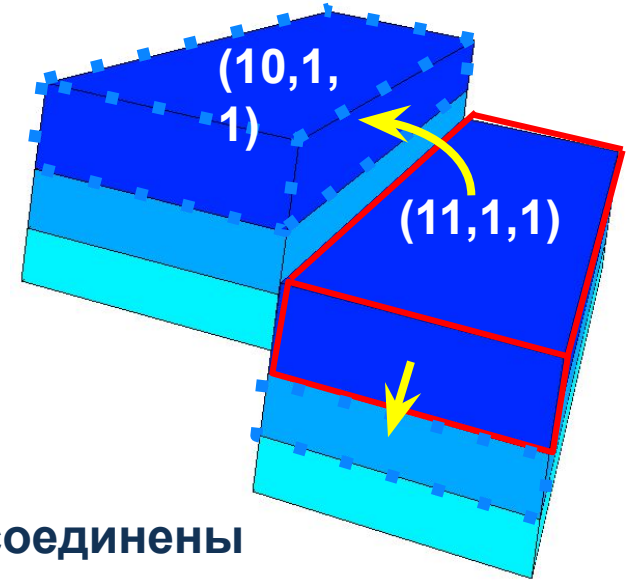
ECL ECLIPSE

Schlumberger

Блочно-центрированная и Угловая точка

Поток из ячейки в ячейку

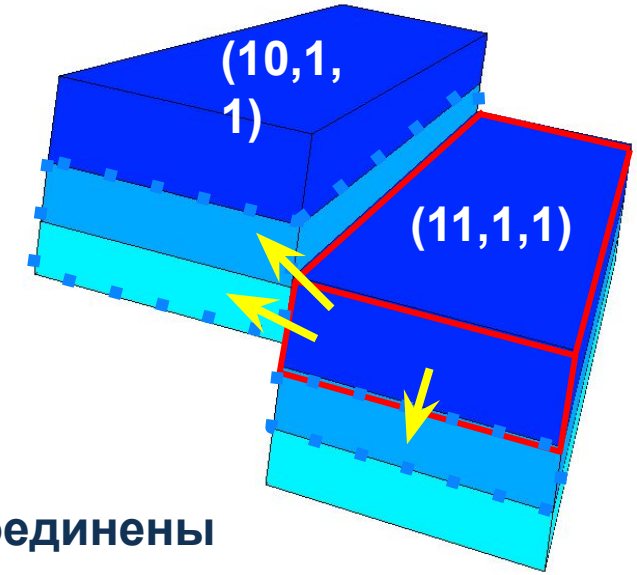
Блочно-центрированная



Ячейки соединены логически:

(11,1,1) □ (11,1,2) & (10,1,1)

Угловая точка



Ячейки соединены геометрически :

(11,1,1) □ (11,1,2), $(10,1,2)_{part}$ & (10,1,3)

ECLIPSE

Schlumberger

Блочно-центрированная и Угловая точка

Блочно-центрированная:

- Простое описание ячеек
- Препроцессор не требуется
- Объем геометрических данных невелик
- Геологические структуры моделируются упрощенно
- Сложно смоделировать разломы и выклинивания
- Устанавливает некорректное соединение ячеек вблизи разлома (требует ручной модификации)

Геометрия угловой точки:

- Описание ячеек может быть сложным
- Необходим предпроцессор
- Большой объем геометрических данных
- Геологические структуры моделируются точно
- Разломы и выклинивания моделируются точно
- Слои, прилегающие к разлому, моделируются точно

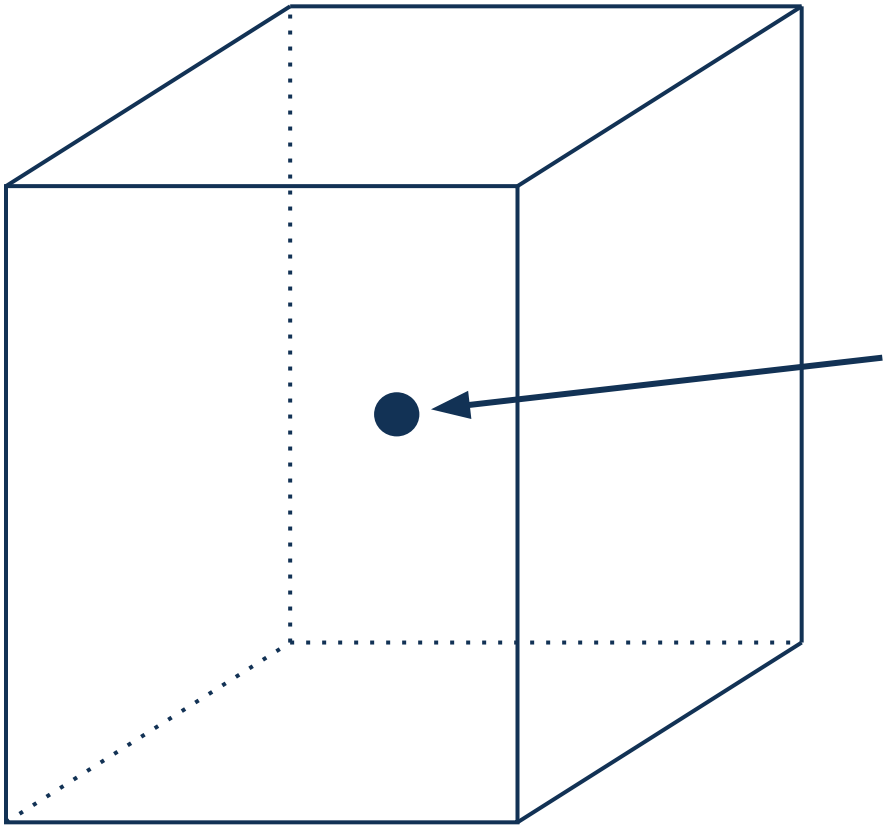
Сравнение радиальной и декартовой сеток

Блочно-центрированная		Угловая точка
Декартова	**Радиальная**	**Декартова**
NX, NY, NZ	NR, NTHETA, NZ	NX, NY, NZ
DX, DY, DZ	DR (INRAD & OUTRAD), DTHETA, DZ	COORD, ZCORN
PERMX, -Y, -Z	PERMR, -THT, -Z	PERMX, -Y, -Z
MULTX, и др…	MULTR, и др…	MULTX, и др…

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Определение свойства ячейки сетки



Свойства ячейки определяются как средние в центре ячейки:

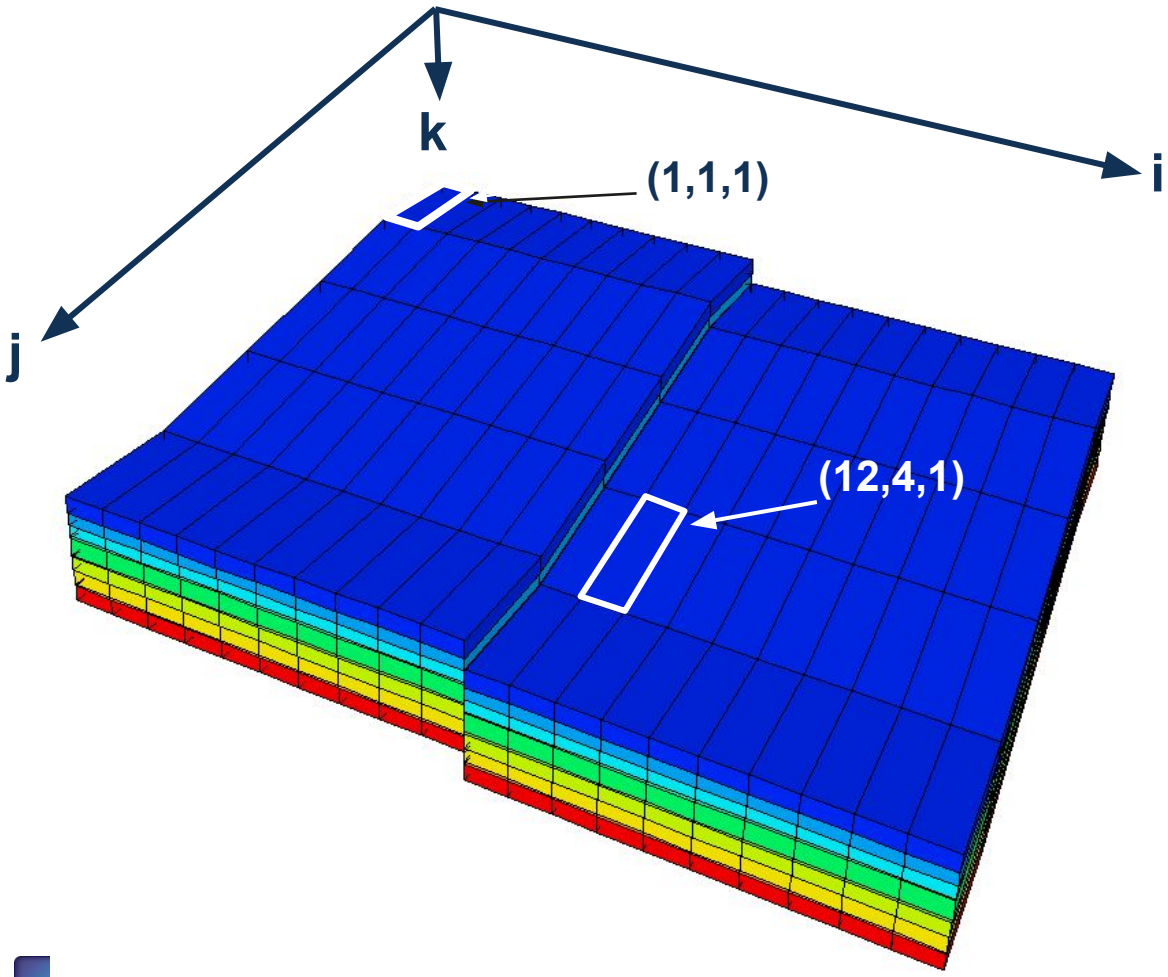
- PORO
- PERMX, PERMY, PERMZ

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Соглашение о считывании данных

Декартовы сетки



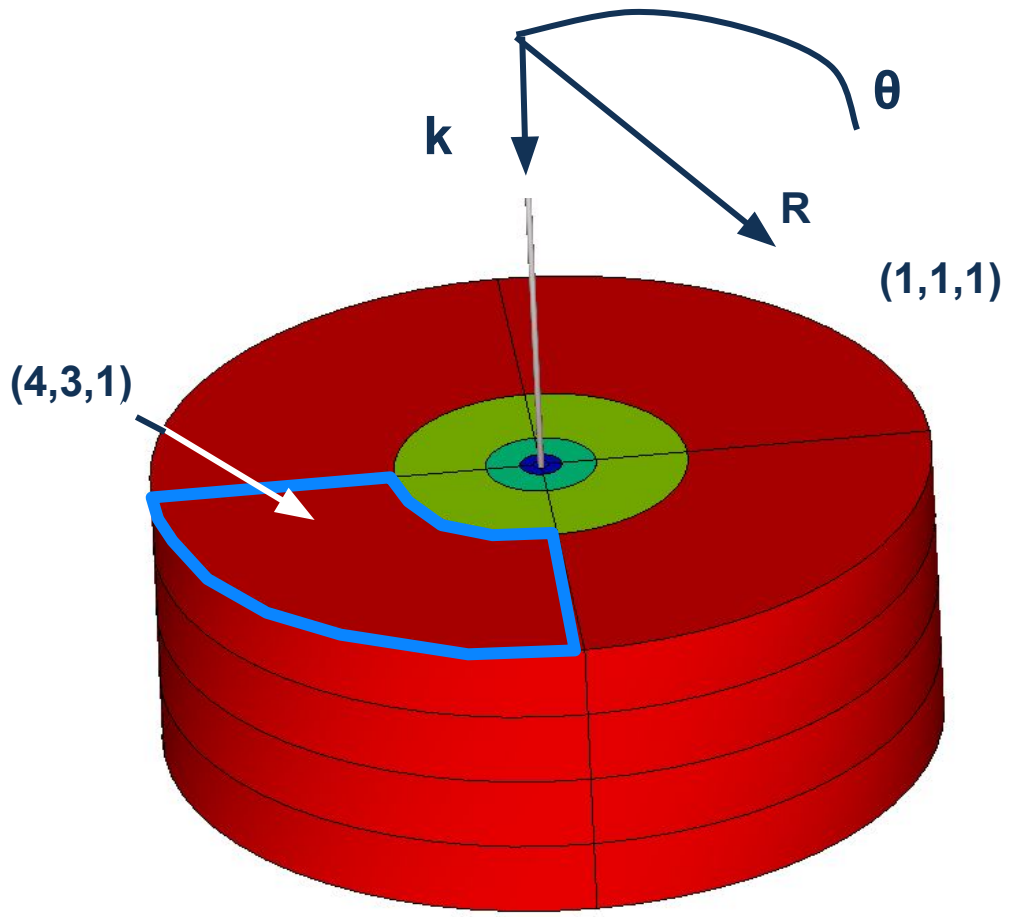
Данные по ячейкам прочитываются:

Сначала по оси I, затем J, затем K

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Соглашение о считывании данных



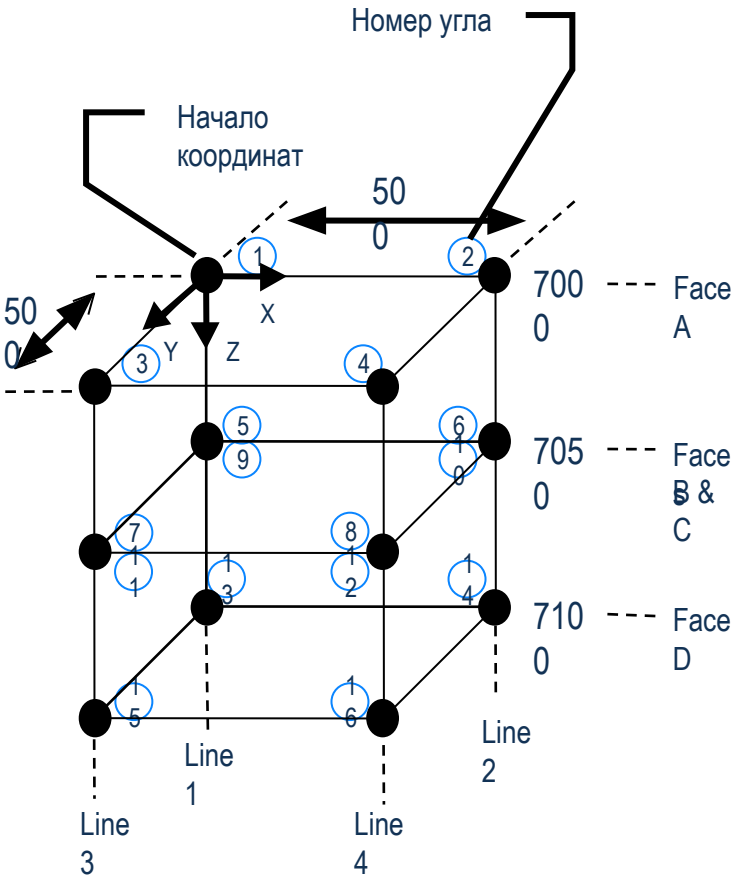
Радиальные сетки

Данные в ячейках считываются по R, затем θ ,затем Z

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Задание сетки




```
COORD
--4 coordinate lines
--xtop ytop ztop  xbot ybot zbot
    0    0  7000    0    0  7100 -- line 1
  500    0  7000  500    0  7100 -- line 2
    0  500  7000    0  500  7100 -- line 3
  500  500  7000  500  500  7100 -- line 4
/

ZCORN
--depths of 16 corners
  7000 7000 7000 7000 -- 4 corners on face A
  7050 7050 7050 7050 -- 4 corners on face B
  7050 7050 7050 7050 -- 4 corners on face C
  7100 7100 7100 7100 -- 4 corners on face D
/
```

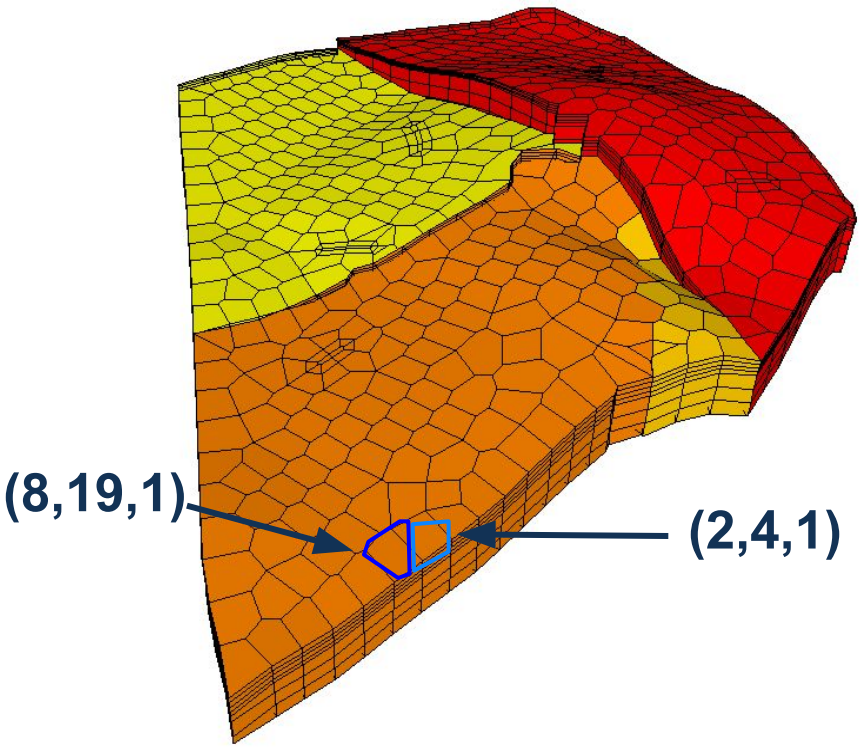
ECL ECLIPSE

Schlumberger

Соглашение о считывании данных

Неструктурированные сетки

- Неструктурированные сетки не имеют организацию строка-столбец



Используйте пост-процессор для модификации сетки PEBI!

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Неактивные ячейки

- Избежать расчета потока в «ячейках, которые не важны»
- ACTNUM – явно устанавливает активность каждой ячейки:
  - **0** – ячейка неактивна
  - **1** – ячейка активна
- **MINPV** устанавливает мин. поровый объем для активной ячейки
- **PINCH** устанавливает соединение через неактивные ячейки
- **ECLIPSE** сделает ячейку неактивной, если поровый объем 0

Примечание: *FloViz и FloGrid обычно по умолчанию отображают только активные ячейки*

*(**Scene > Grid > Show > Inactive cells**)*

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Правила определения свойств в ячейке

Одно свойство для одной ячейки (всего - NX · NY · NZ)

- Значения также должны быть определены для неактивных ячеек
- Только явные значения
- Petrel имеет калькулятор свойств

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Примеры ввода (1)

```
--NX = 5, NY = 3, NZ = 4

NTG
1.00  1.00  1.00  1.00  1.00
1.00  1.00  1.00  1.00  1.00
1.00  1.00  1.00  1.00  1.00
```

Указать каждое значение

```
15*0.40
15*0.95
15*0.85 /
```

Указать одинаковые значения с *

Пример EQUALS

```
EQUALS
'PORO ' 0.250 /
'PERMX' 45 /
```

Ко всей сетке

```
'PERMX' 10   1 5 1 3 2 2 /
'PERMX' 588   1 5 1 3 3 3 /
/
```

К указанным ячейкам

ECL ECLIPSE

Schlumberger

Примеры ввода(2)

BOX Пример

```
BOX
1  3  1  3  1  1 /
```

Происходит перезапись PORO and PERMX заданных ранее

```
PORO
9*0.28 /

PERMX
100  80  85  83  99  110  92
91  84 /

ENDBOX
```

COPY Пример

```
COPY
'PERMX' 'PERMY' /
'PERMX' 'PERMZ' /
/
```

MULTIPLY Пример

```
MULTIPLY
'PERMZ' 0.05 /
/
```

ECL ECLIPSE

Schlumberger

Определение свойств ячеек в Petrel

- Свойства приписываются каждой ячейке и экспортируются в файл
- Ключевое слово INCLUDE используется для загрузки свойств из Petrel

INCLUDE

props.grdecl /

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Local Grid Refinement

NEXT
A Schlumberger Company

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Кто на картинке

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Мона Лиза

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Есть различие???

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Локальное измельчение сетки (LGR)

Позволяет применять более плотную сетку в выбранных областях модели

Типичное применение:

- Изменение давления около скважины
- Конусообразование и образование языков обводнения
- Выпадение конденсата
- Высокая плотность скважин

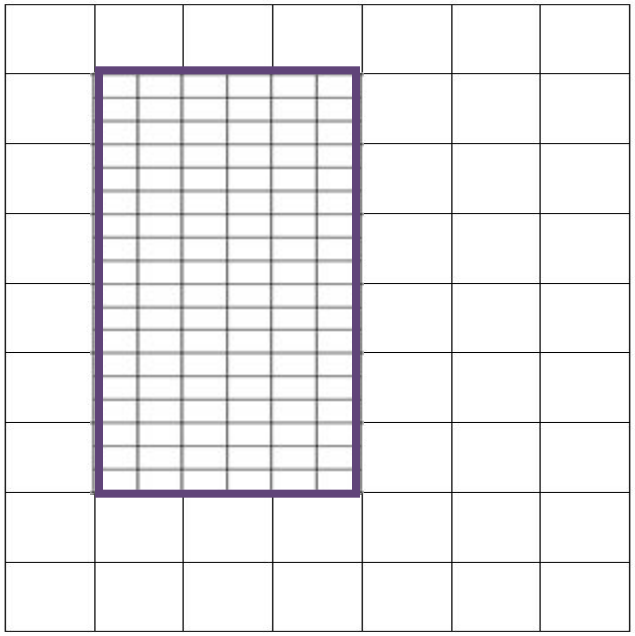
ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Создание декартового локального измельчения

```
CARFIN
--Name   I1  I2  J1  J2  K1  K2   NX  NY  NZ  Wells
 LGR1    2   4   2   7   1   1    6   18  1   1    /
```

1. Вставить CARFIN, обновить LGR в RUNSPEC
2. Выбор ячеек глобальной модели для измельчения
3. Выбор размерности измельченной сетки



ECL ECLIPSE

Schlumberger

Создание локального измельчения радиального типа

1. Выбор диапазона ячеек глобальной модели
   - Один вертикальный столбец – RADFIN
     ИЛИ
   - Столбец 2x2 (только E100) – RADFIN4
2. Выбор размерности измельчения
   - Внутренний и внешний радиус (опционально)
   - Ограничения на NTHETA:
     - Один столбец -> 1 или 4
     - 2 x 2 столбец -> 4 или 8
3. Вставить RADFIN (или RADFIN4), INRAD, OUTRAD (опционально) и обновить LGR в RUNSPEC

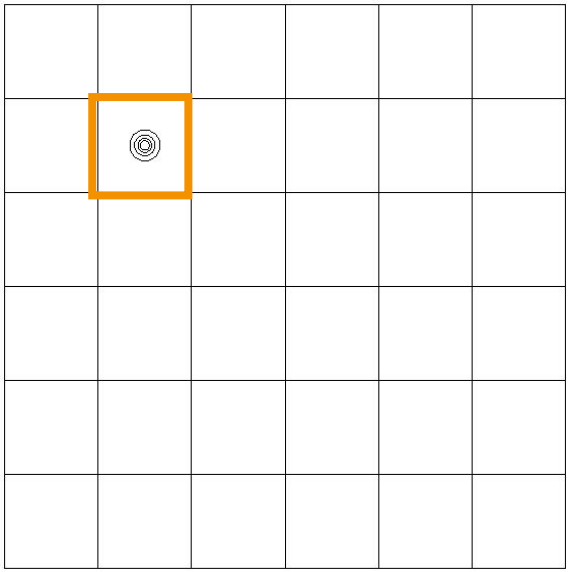
ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Пример LGR радиального типа(1)

Один столбец ячеек

```
RADFIN
--Name  I   J   K1   K2   NR   NTHETA   NZ   Wells
  RAD1  2   2   1    1    4    1        1    1     /

INRAD
  0.507   /
```



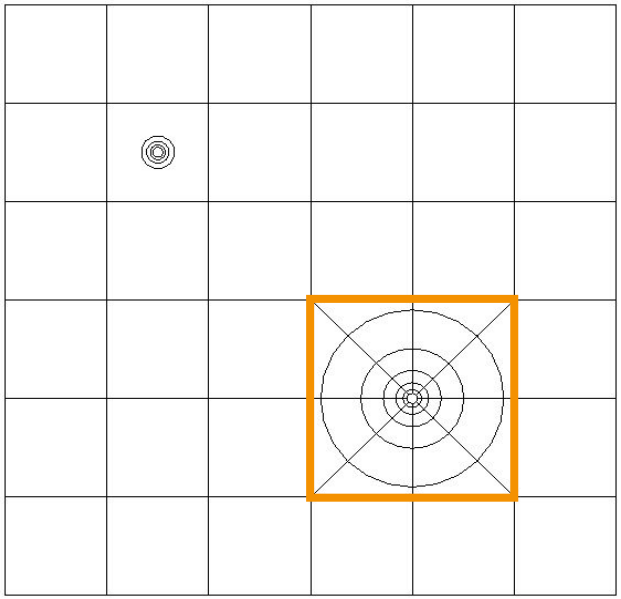
ECL ECLIPSE

Schlumberger

Пример LGR радиального типа(2)

2 x 2 столбцы ячеек (только E100)

```
RADFIN4
--Name  I1   I2   J1   J2   K1   K2   NR   NTHETA   NZ   Wells
  RAD4  4    5    4    5    1    1    6      8      1     1     /

INRAD
  0.507   /

OUTRAD
   9.0   /
```



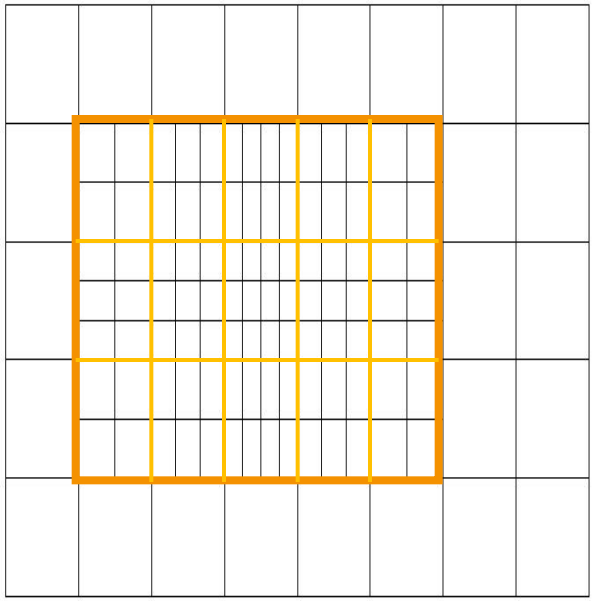
ECL ECLIPSE

Schlumberger

Корректировка размеров ячеек LGR

Для корректировки размеров измельченных ячеек по умолчанию:

1. Установить число измельченных ячеек в каждой глобальной ячейке
2. Определить относительные размеры измельченных ячеек
3. Закончить корректировку (если не изменяются свойства)



```
CARFIN
--Name   I1   I2   J1   J2   K1   K2   NX   NY   NZ   Wells
 ALGR    2    6    2    4    1    1   14    7    1     1    /

NXFIN
  2   3   4   3   2   /
NYFIN
  2   3   2   /

HXFIN
  6   5   2 1 2   1   1   1 1   2   1   2   5   6   /

ENDFIN
```

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Изменение свойств

- Локальные ячейки автоматически наследуют свойства от соответствующих ячеек глобальной сетки
- Ключевые слова секции GRID
- Должны быть указаны после ключевых слов для измельчения сетки (CARFIN, RADFIN or RADFIN4) и до ENDFIN или последующего измельчения

```
CARFIN
--Name   I1   I2   J1   J2   K1   K2   NX   NY   NZ   Wells
  LGR1    2    4    2    7    1    1    6   18    1      1    /
EQUALS
  PORO   0.18 /
  PERMX  150 /
/
ENDFIN
```

ECL ECLIPSE

Schlumberger

Несоседние соединения (NNCs)

NNC разрешает поток между ячейками с несоседними IJK индексами

- Выклинивание (PINCH и/или MINPV)
- Разломы
- Водоносные пласты
- Локальное измельчение (LGRs)
- Заданные пользователем NNCs

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

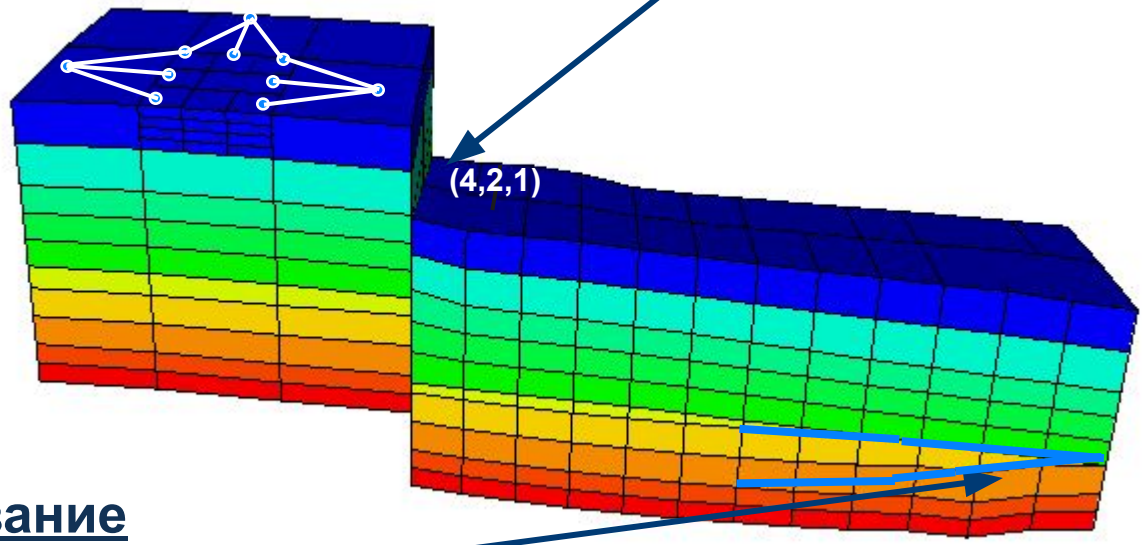
Источники NNCs

Локальное измельчение

Глоб ячейка (1,2,1) имеет NNC с ячейками LGR (1,1,1), (1,2,1) и (1,3,1)

Разлом

(4,2,1) имеет NNCs с (3,2,3) и (3,2,4)



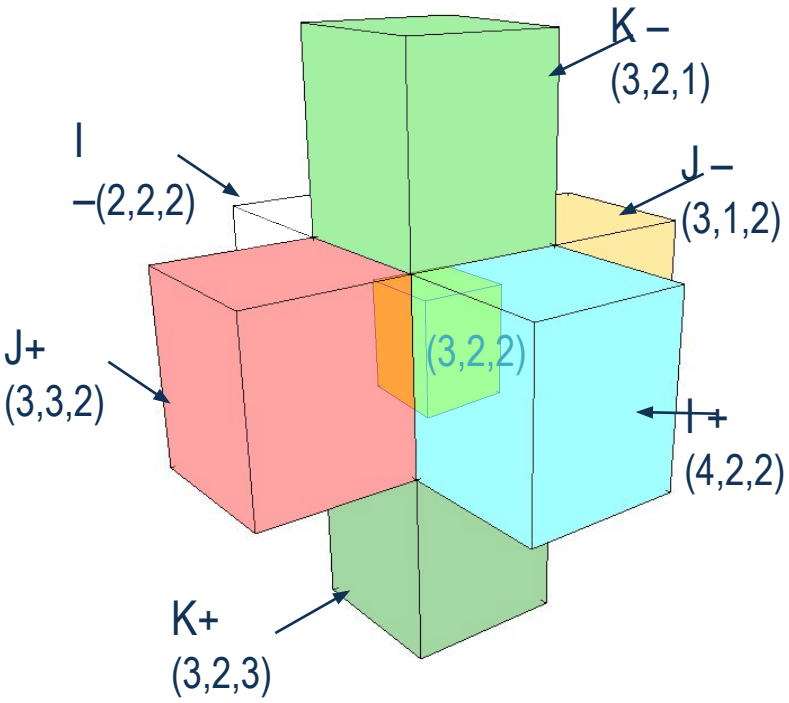
Выклинивание

(12,2,5) имеет NNC с (12,2,7)
PINCH или MINPV должны быть использованы

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Соглашение об индексации



ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Опции для расчета проводимостей в ECLIPSE

- **OLDTRAN**:
  - По умолчанию для блочно-центрированных сеток
- **NEWTRAN**:
  - По умолчанию для угловой точки

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

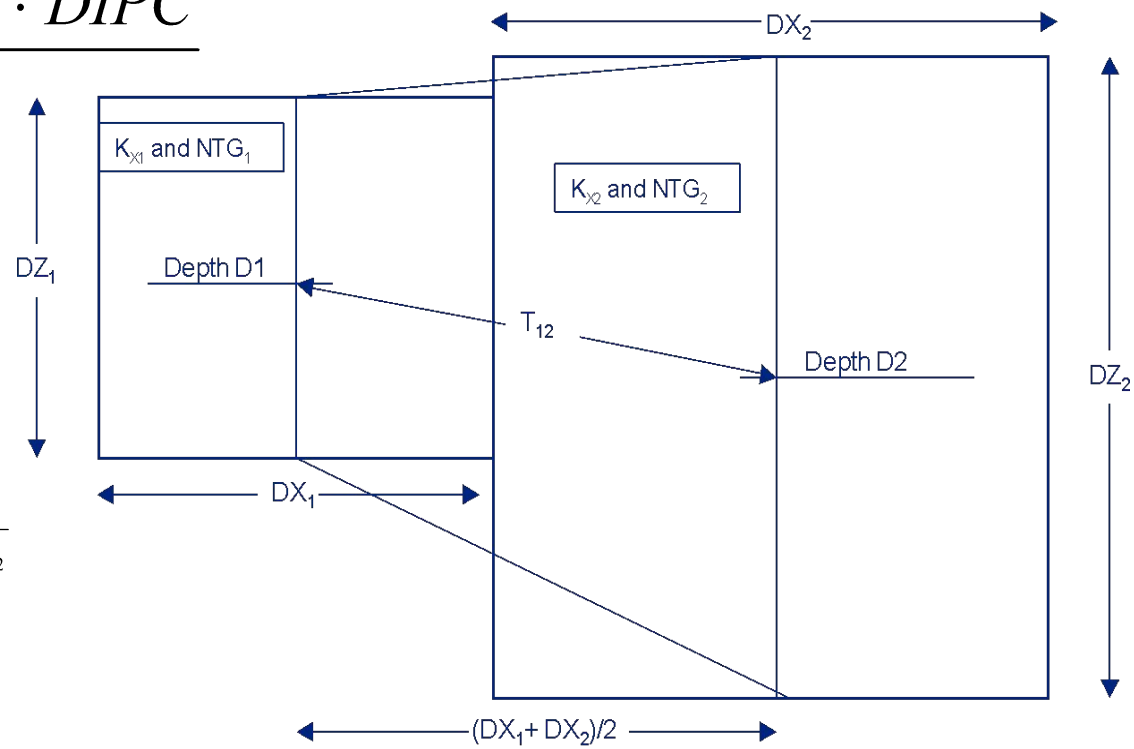
OLDTRAN определение

$$T_x = \frac{c \cdot \mathrm{MULTX} \cdot A \cdot DIPC}{B}$$

$$A = \frac{DX_2 DY_1 DZ_1 NTG_1 + DX_1 DY_2 DZ_2 NTG_2}{(DX_1 + DX_2)}$$

$$B = \frac{\left(\frac{DX_1}{Kx_1} + \frac{DX_2}{Kx_2}\right)}{2}$$

$$DIPC = \frac{\left(\frac{DX_1 + DX_2}{2}\right)^2}{\left(\frac{DX_1 + DX_2}{2}\right)^2 + (Depth_1 - Depth_2)^2}$$



По умолчанию для <u>блочно-центрированной</u> геометрии

ECL ECLIPSE

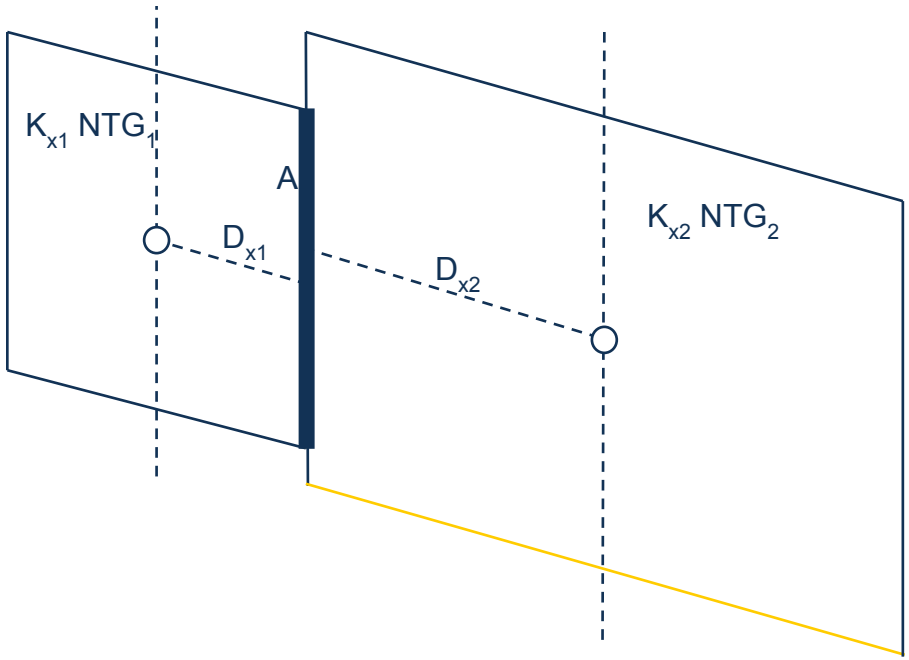
Schlumberger

NEWTRAN определение

$$T_x = \frac{c \cdot MULTX_i}{\dfrac{1}{Kx_1 \cdot NTG_1\left(\dfrac{A \cdot D_1}{D_1 \cdot D_1}\right)} + \dfrac{1}{Kx_2 \cdot NTG_2\left(\dfrac{A \cdot D_2}{D_2 \cdot D_2}\right)}}$$

$$(A \cdot D_i) = A_X \cdot D_{iX} + A_Y \cdot D_{iY} + A_Z \cdot D_{iZ}$$

$$(D_i \cdot D_i) = D_{iX}^2 + D_{iY}^2 + D_{iZ}^2$$



По умолчанию для геометрии <u>угловой точки</u>

ECL ECLIPSE

Schlumberger

Правила изменения проводимости секции GRID

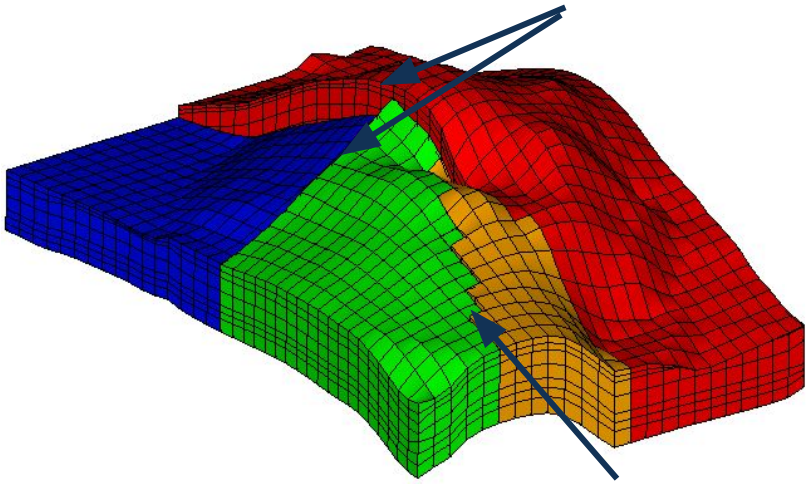
- Множители на проводимость (ключ. слова “MULT” и ”MULT-”)

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Изменения проводимости разлома

Прямые разломы (ID1 и ID2)



Зигзагообразный разлом (ID3)

```
FAULTS
--      IX1   IX2   IY1   IY2   IZ1   IZ2   FACE
ID3     6     6     1     1     1     7     X+    /
ID3     7     7     1     1     1     7     Y+    /
ID3     7     7     2     4     1     7     X+    /
ID3     8     8     4     4     1     7     Y+    /
ID3     8     8     5     7     1     7     X+    /
ID3     9     9     7     7     1     7     Y+    /
ID3     9     9     8     8     1     7     X+    /
ID2     19    19    1     11    1     7     X+    /
ID1     11    35    11    11    1     7     Y+    /
/
MULTFLT
-- Multiplier
ID2  0.5 /
ID1  0 /
/
```

GRID секция контроль выходных данных

- Для вывода в PRT файл, используйте:
  - RPTGRID (запрос вывода многих ключевых слов из секции GRID, включая ALLNNC)
- Для просмотра в 3D используйте:
  - Геометрические данные (*.egrid)

    GRIDFILE

    0 1 /
  - Статические свойства (*init), INIT

ECL ECLIPSE

Schlumberger

EDIT секция

Цель секции EDIT

- Геометрия ячейки, поровый объем и проводимость **рассчитываются** в секции GRID
- Эти свойства **редактируются** в секции EDIT
- EDIT опциональна

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Ключевые слова секции EDIT

- Некоторые результаты секции GRID могут быть могут быть отредактированы в секции EDIT:
  - PORV, TRAN (X, Y, R, THT, Z)
- Операторы
  - MULTIPLY, BOX, EQUALS, COPY, ADD, MINVALUE, MAXVALUE
- Другие
  - EDITNNC, MULTPV, MULTFLT

Секция PROPS
Свойства флюидов и пород

NExT
A Schlumberger Company

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Назначение секции PROPS

- Секция PROPS содержит свойства пластовых флюидов и слагающих пород, зависящие от давления и насыщенности
- Требуемая информация (по каждому флюиду из RUNSPEC):
  - PVT флюида как функция от давления
  - Плотность или удельный вес
- Информация по свойствам пород:
  - ОФП как функции от насыщенности
  - Капиллярное давление как функция от насыщенности
  - Сжимаемость породы как функция от давления

Давление объем и температура (PVT)

Зачем нужны PVT?

- Сохранение массы – ключевое уравнение симулятора
  - Добытый объем должен быть переведен в пластовые условия

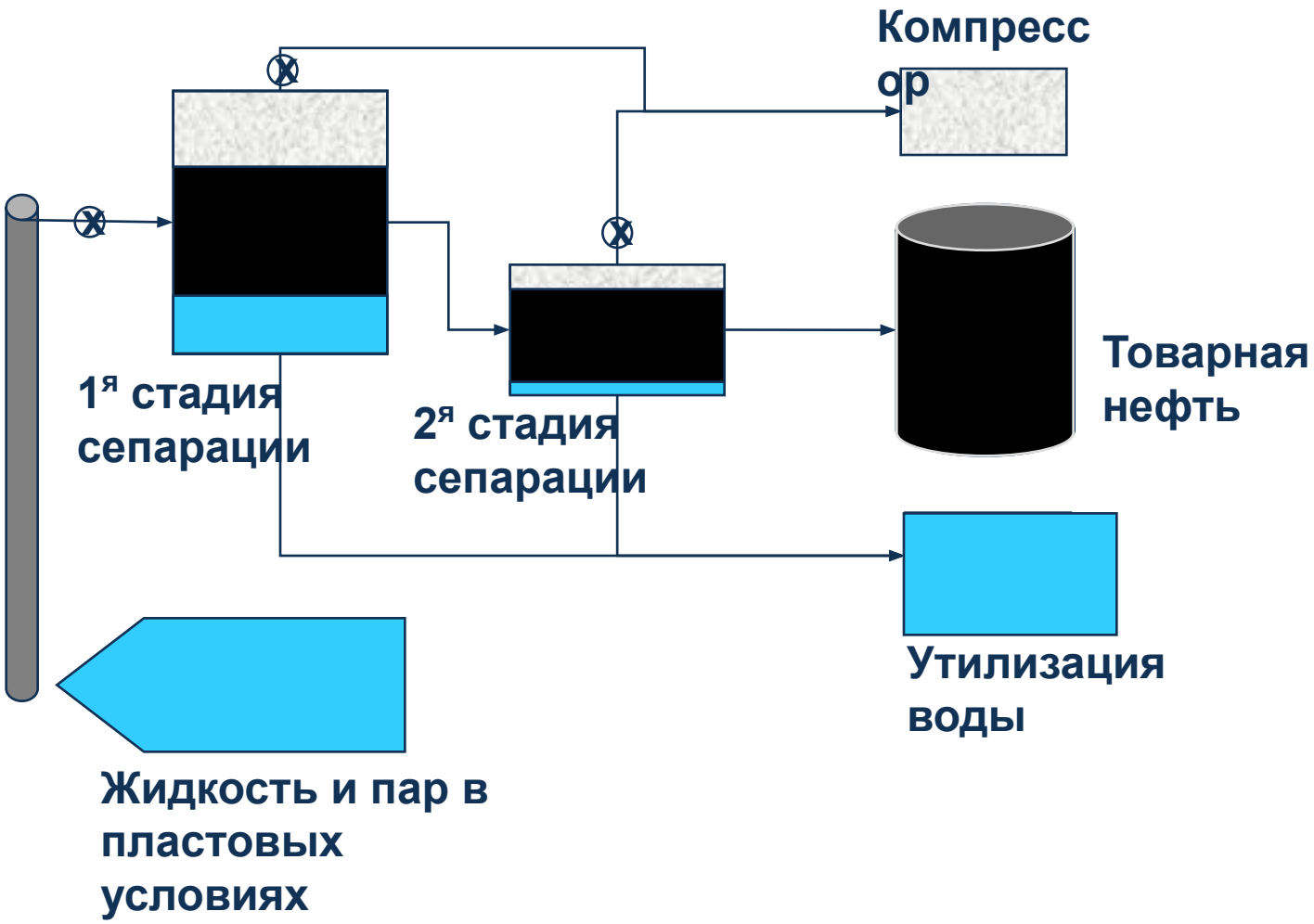
Что является источником данных PVT?

- Лабораторные эксперименты Уравнение состояния (УС)
- Корреляции
- Моделирование в PVTi

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

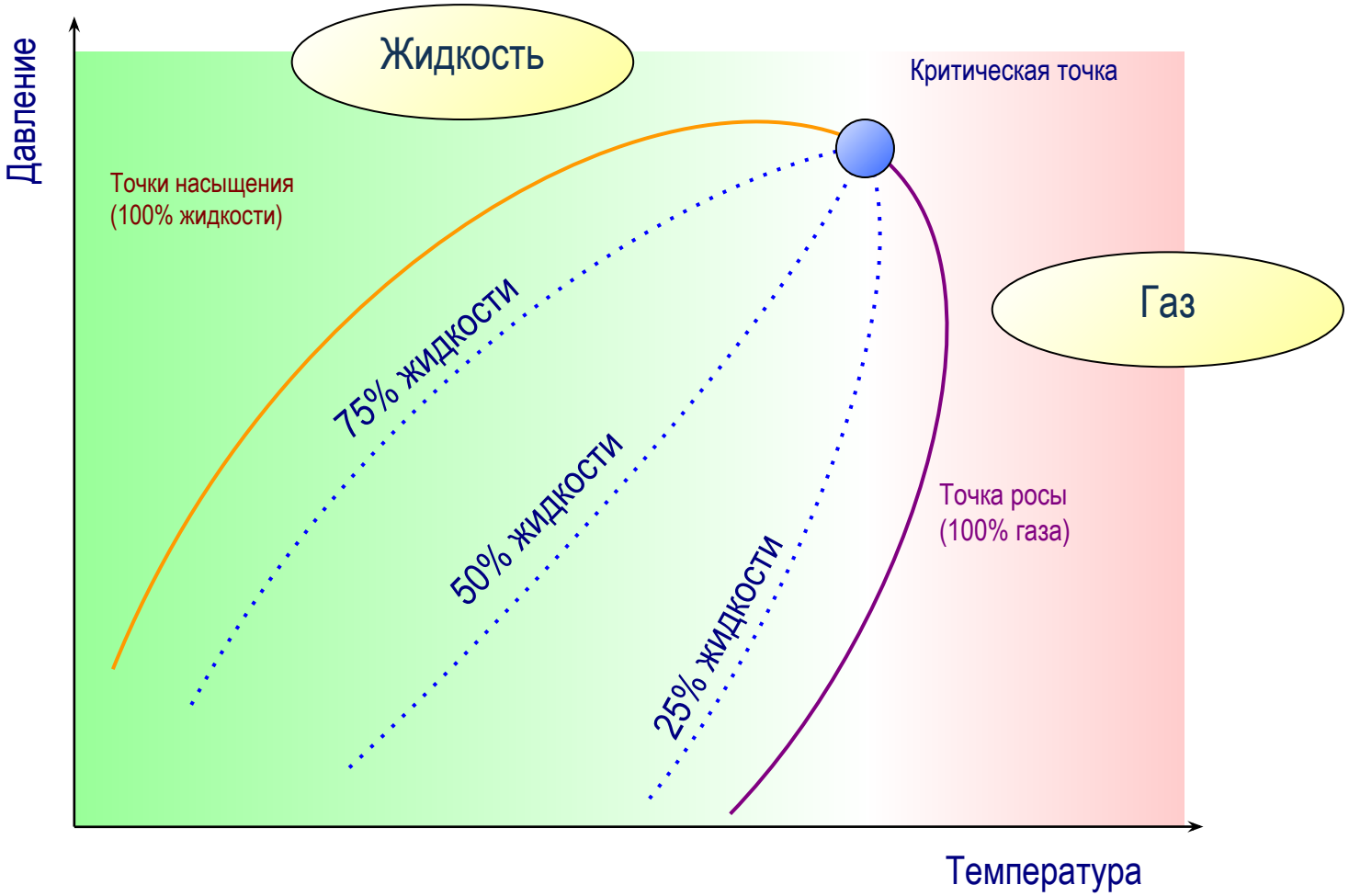
Переход из пластовых условий в товарные



ECL ECLIPSE

Schlumberger

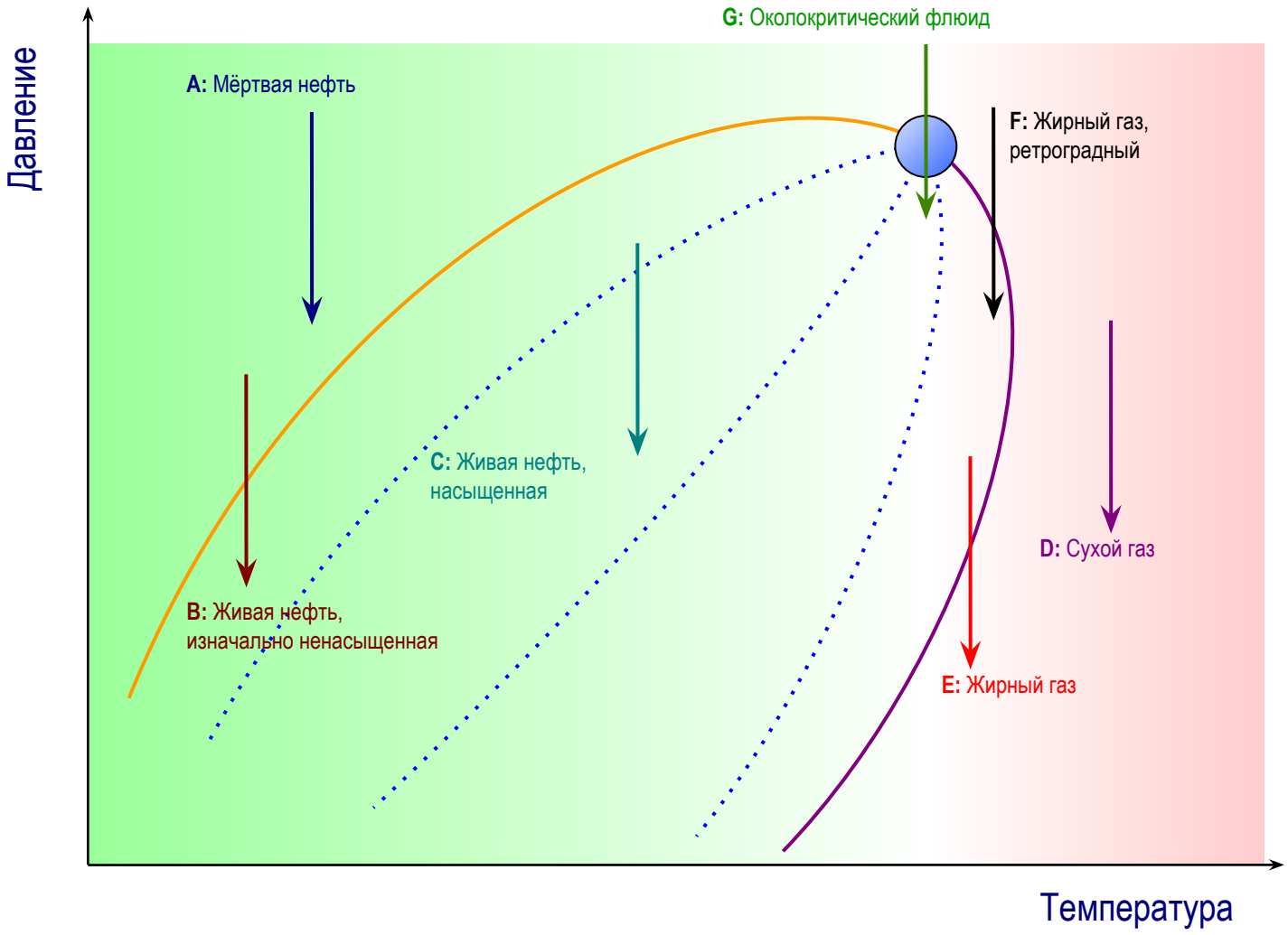
Фазовая диаграмма



ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Принятая терминология в ECLIPSE



ECL
ECLIPSE

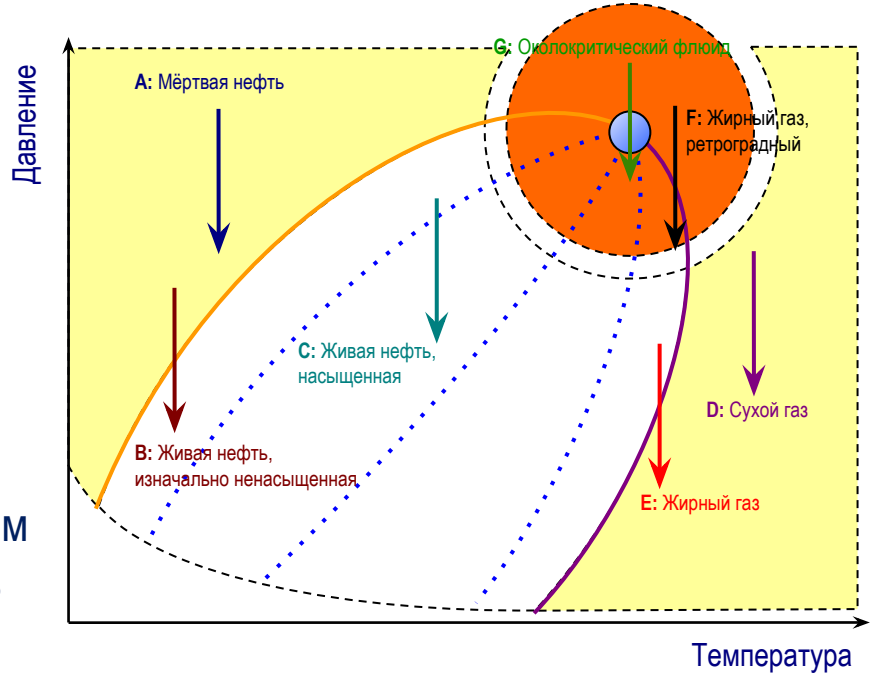
Schlumberger

Применимость модели нелетучей нефти

Подходит для модели нелетучей нефти

Модель нелетучей нефти **НЕ** подходит (используйте композиционную модель)

Свойства нефти аппроксимируются варьированием отношений газ/нефть и нефть/газ



Условия применимости модели нелетучей нефти к этой области:

- Выпадение конденсата или выделение газа должно составлять незначительную долю запасов углеводородов
- Композиционный состав оставшейся части углеводородов не должен сильно меняться при выделении газа или выпадении конденсата

ECL ECLIPSE

Schlumberger

Сопоставление моделей

Модель нелетучей нефти

Решение уравнений движения флюида и материального баланса для каждой ячейки

Выбор данных из PVT таблиц

Композиционная модель

Решение уравнений движения флюида и материального баланса для каждой ячейки

Итеративное решение кубического уравнения состояния для каждого компонента в каждой ячейке

Итеративная корректировка долей каждого компонента в смеси до достижения равновесия в ячейке

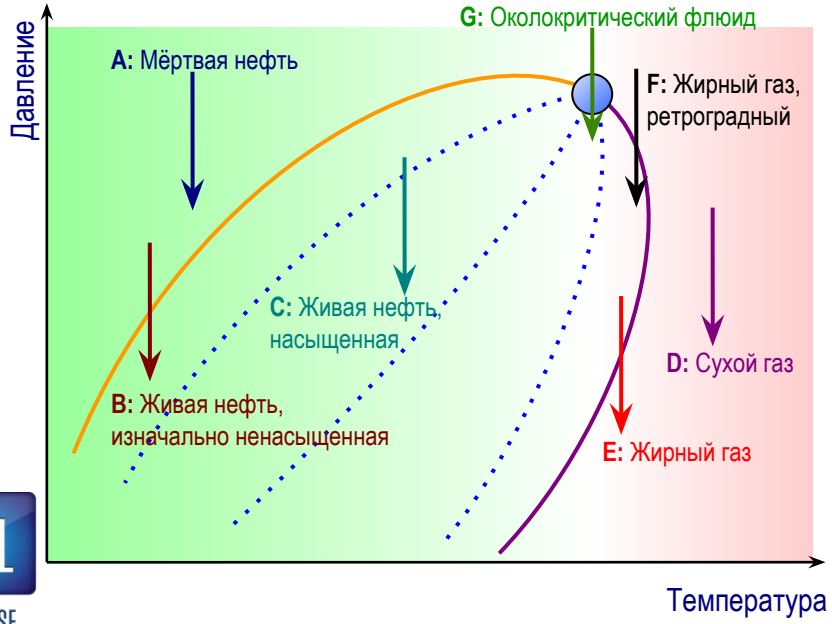
На каждом временном шаге

ECL ECLIPSE

Schlumberger

Опции модели нелетучей нефти

# фаз	Комбинация фаз			Ключевое слово
1	Разгазированная нефть			OIL
	Сухой газ			GAS
	Вода			WATER
2	Мертвая нефть	Вода		OIL, WATER
	Сухой газ	Вода		GAS, WATER
	Мертвая нефть	Сухой газ		OIL, GAS
3	Ж нефть + раств газ	Вода		OIL GAS, DISGAS, WATER
	Жирный газ + испар нефть	Вода		OIL, GAS, VAPOIL, WATER
	Нефть с раств газом	Жирный газ с испар нефтью	Вода	OIL, GAS, DISGAS, VAPOIL, WATER



ECL ECLIPSE

Schlumberger

Уравнения в модели нелетучей нефти

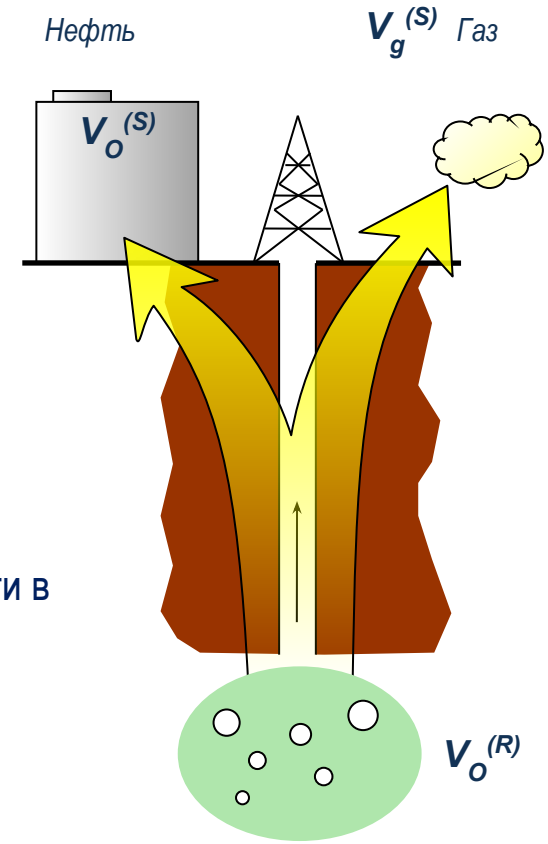
$$\rho_O^{(R)} = \frac{\rho_O^{(S)} + R_S \rho_g^{(S)}}{B_O}$$

где B_O (объёмный коэффициент):

$$B_O = \frac{V_O^{(R)}}{V_O^{(S)}}$$

и R_S (количество растворённого газа в жидкости в условиях пласта, которое выделилось на поверхности):

$$R_S = \frac{V_g^{(S)}}{V_O^{(S)}}$$



Верхние индексы:
(R) – в пластовых условиях;
(S) – в поверхностных условиях

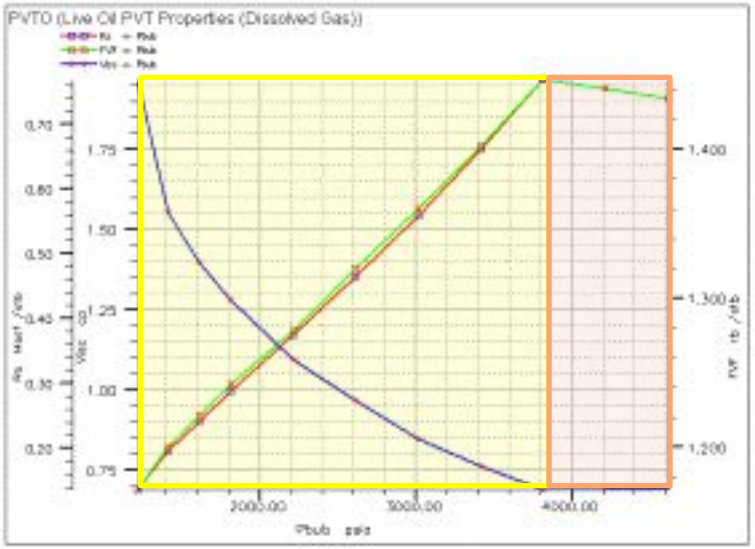
ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Живая нефть – PVTO

PVTO

--Rs	Pbub	FVF	Mu
0.137	1214.7	1.1720	1.970
0.195	1414.7	1.2000	1.556
0.241	1614.7	1.2210	1.397
0.288	1814.7	1.2420	1.280
0.375	2214.7	1.2780	1.095
0.465	2614.7	1.3200	0.967
0.558	3014.7	1.3600	0.848
0.661	3414.7	1.4020	0.762
0.770	3814.7	1.4470	0.691
	4214.7	1.4405	0.694
	4614.7	1.4340	0.697 /



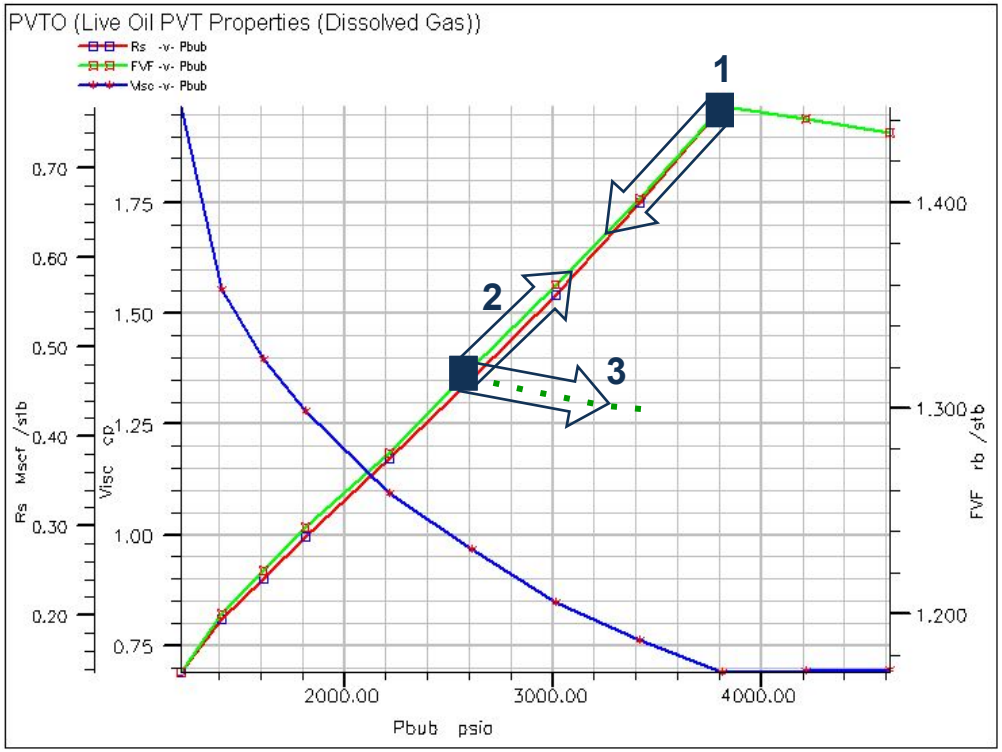
Насыщенная

Недонасыщенная

ECL ECLIPSE

Schlumberger

Поведение флюида при разгазировании



- Падение давления в ячейке ниже насыщения, разгазирование, снижение R_s
- Рост давления: свободный газ поглощается нефтью, следуя кривой насыщения R_s vs P_b

  ИЛИ
- 3. Рост давления: если нет свободного газа, то в ECLIPSE интерполируется недонасыщенная кривая

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

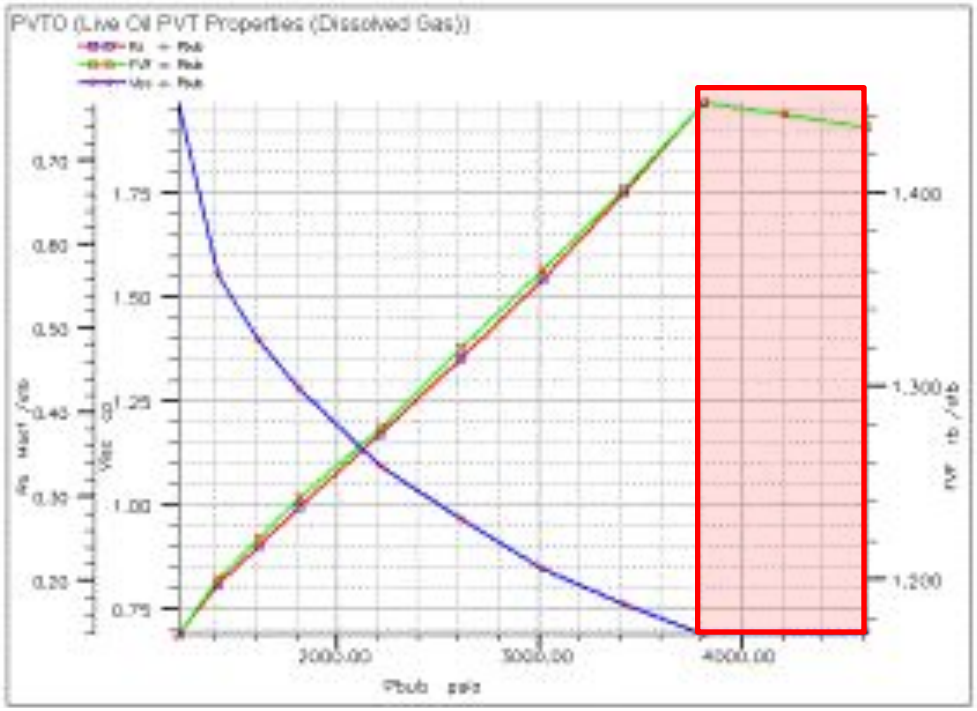
Мертвая нефть – PVDO

PVDO

```
--P       Bo      Mu
  2500    1.260   0.50
  3000    1.257   0.55
  3500    1.254   0.60
  4000    1.251   0.65
  4500    1.248   0.70  /
```

RSCONST

```
--GOR     Pbub
  0.656   2500   /
```



ECL
ECLIPSE

Schlumberger

УС газа в модели нелетучей нефти

$$\rho_g^{(R)} = \frac{\rho_g^{(S)} + R_V \rho_O^{(S)}}{B_g}$$

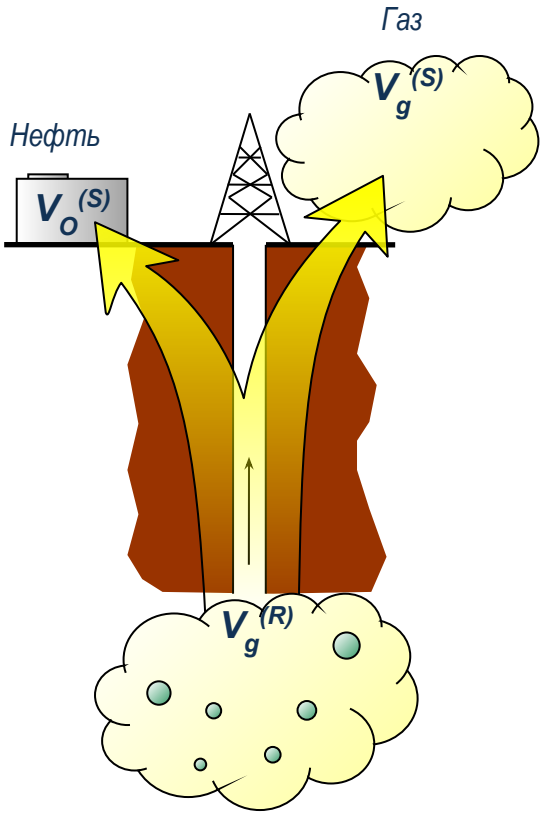
где B_g (объёмный коэффициент):

$$B_g = \frac{V_g^{(R)}}{V_g^{(S)}}$$

и R_V (количество испарённой нефти в пластовом газе, которое выделилось на поверхности):

$$R_V = \frac{V_O^{(S)}}{V_g^{(S)}}$$

Верхние индексы:
(R) – в пластовых условиях;
(S) – в поверхностных условиях



Пластовый газ =
газ + испарённая нефть

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

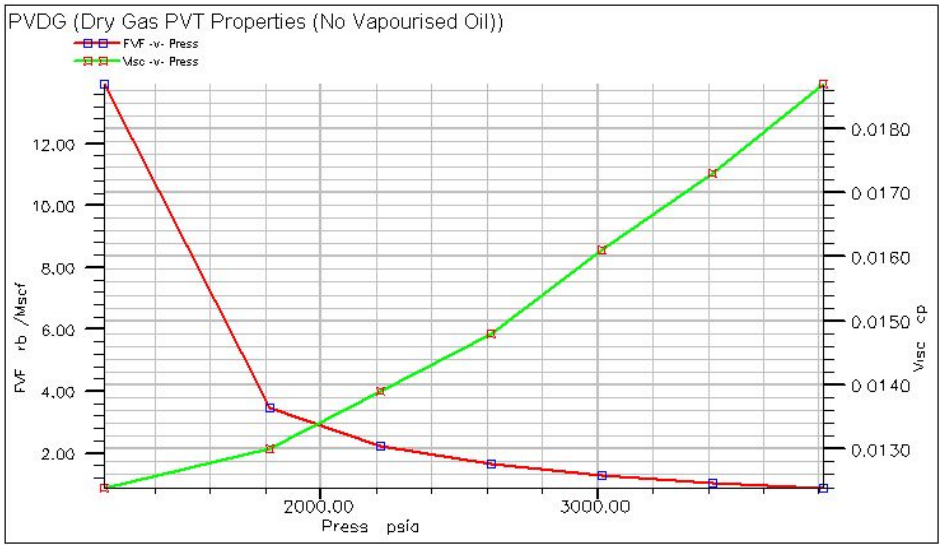
Сухой газ – PVDG

PVDG

--P	Bg	Mu	
1214	13.947	0.0124	
1414	7.028	0.0125	
1614	4.657	0.0128	
1814	3.453	0.0130	
2214	2.240	0.0139	
2614	1.638	0.0148	
3014	1.282	0.0161	/

RVCONST

--Rv	Pd	
0.0047	1214	/



ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Жирный газ – PVTG

```
PVTG
-- Pg        Rv        Bg        Mu
     60    0.00011   0.05230   0.0234   /
    120    0.00012   0.01320   0.0252   /
    180    0.00015   0.00877   0.0281   /
    240    0.00019   0.00554   0.0318   /
    300    0.00029   0.00417   0.0355   /
    360    0.00049   0.00357   0.0392   /
    560    0.00060   0.00356   0.0393
/
```

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

УС воды в модели нелетучей нефти

$$\rho_{wr} = \frac{\rho_{ws}}{B_w}$$

где B_W – объёмный коэффициент: $$B_w = \frac{V_{wr}}{V_{ws}}$$

ECL ECLIPSE

Schlumberger

PVTW

```
PVTW
--PREF    BW     CW        μW
  4000    1.03   3.0E-6    0.40   /
```

где PREF – заданное давление;

Bw – объемный коэффициент воды при заданном давлении;

Cw – сжимаемость воды:

μw – это вязкость воды при относительном давлении;

ECL ECLIPSE

Schlumberger

$$B_w(P) = \frac{B_w(P_{\text{ref}})}{1 + X + (X^2/2)}$$

where

$$X = C(P - P_{\text{ref}})$$

ECLIPSE 100 calculates the product $B_w \mu_w$ using:

$$B_w \mu_w(P) = \frac{B_w(P_{\text{ref}})\mu_w(P_{\text{ref}})}{1 + Y + (Y^2/2)}$$

where

$$Y = (C - C_v)(P - P_{\text{ref}})$$

Item 5 The water "viscosibility"

$$C_v = \left(\frac{d\mu_w}{dP}\right) / \mu_w$$

Item 3 The water compressibility

$$C = -\left(\frac{dB_w}{dP}\right) / B_w$$

ECL

ECLIPSE

Schlumberger

Относительные плотности

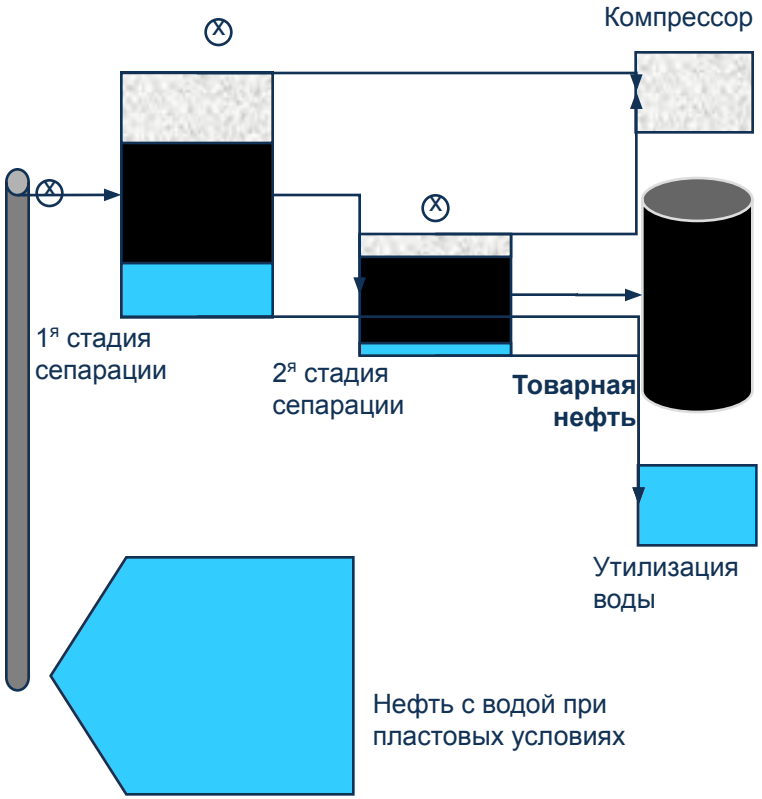
Плотности при стандартных условиях задаются одним из ключевых слов:

- DENSITY

  -- нефть вода газ

  45.00 63.02 0.07

- GRAVITY



ECL
ECLIPSE

Schlumberger

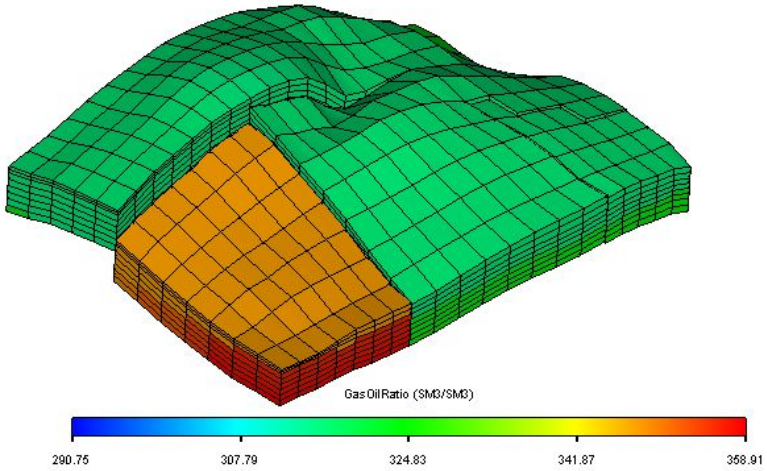
EXTRAPMS

- Это ключевое слово предписывает симулятору выдавать предупрежения при экстраполяции таблиц PVT или VFP
- Если задано недостаточно данных PVT, то экстраполяция может привести к ошибочным или нефизичным значениям!

Использование PVT- регионов

Необходимые ключевые слова:

- В RUNSPEC проверить TABDIMS
- В PROPS добавить нужные таблицы (некоторые могут быть заданы по умолчанию)
- В REGIONS добавить PVTNUM



ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Секция PROPS

Функции насыщенности

Назначение секции PROPS

- Секция PROPS содержит свойства пластовых флюидов и слагающих пород, зависящие от давления и насыщенности
- Требуемая информация (по каждому флюиду из RUNSPEC):
  - PVT флюида как функция давления
  - Плотность
- Информация по свойствам пород:
  - ОФП как функции насыщенности
  - Капиллярное давление как функция насыщенности
  - Сжимаемость породы как функция давления

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Сжимаемость породы

- Необходима для задания зависимости порового объема от давления
  - Ключевое слово ROCK

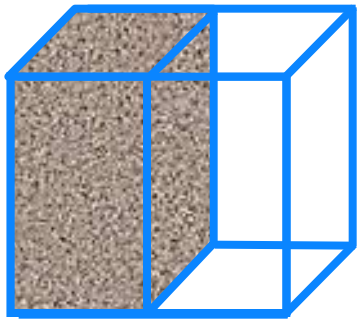
ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Ключевое слово **ROCK**

- Сжимаемость породы

$$C = \left(\frac{\partial V_{pore}}{\partial P} \right) \Big/ V_{pore}$$



Объем ячейки постоянный и равен сумме порового объема и объема пород

- Поровый объем в ECLIPSE рассчитывается так:

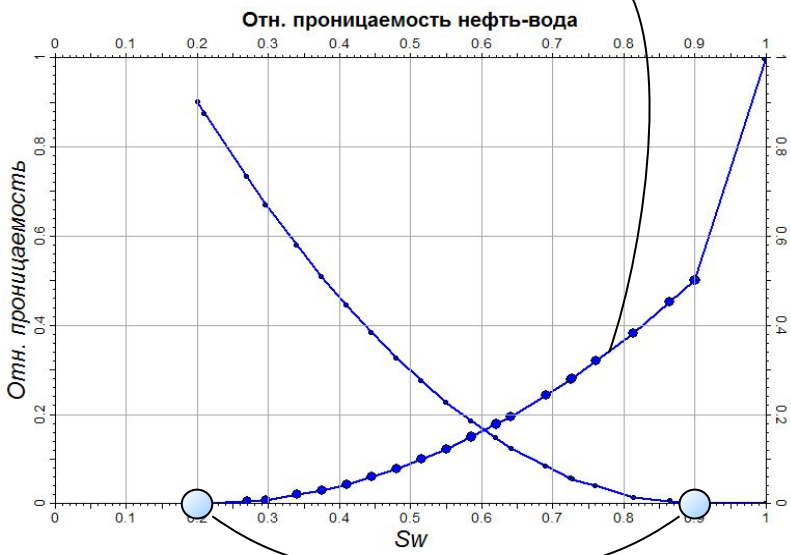
$$V_{pore}(P) = V_{pore}(P_{ref}) \left(1 + C(P - P_{ref}) + \frac{\left(C(P - P_{ref})\right)^2}{2} \right)$$

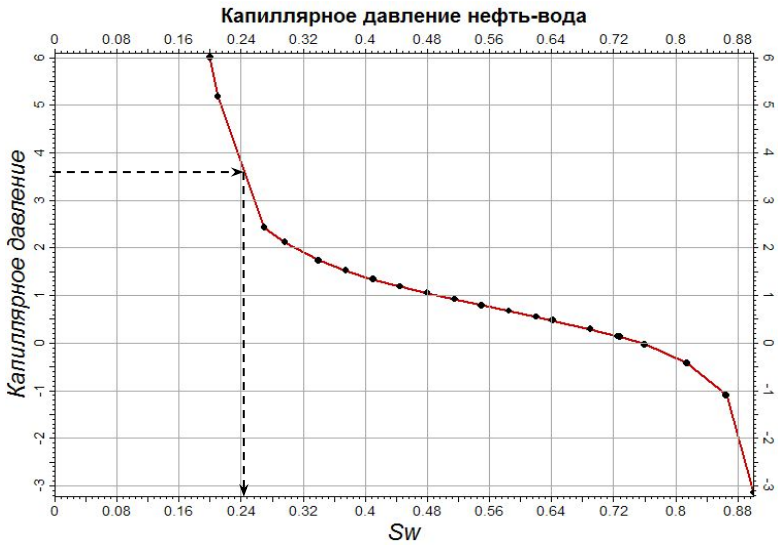
ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Назначение функций насыщенности

Расчёт подвижностей флюидов





Расчёт начальных насыщенностей каждой фазы в каждой ячейке

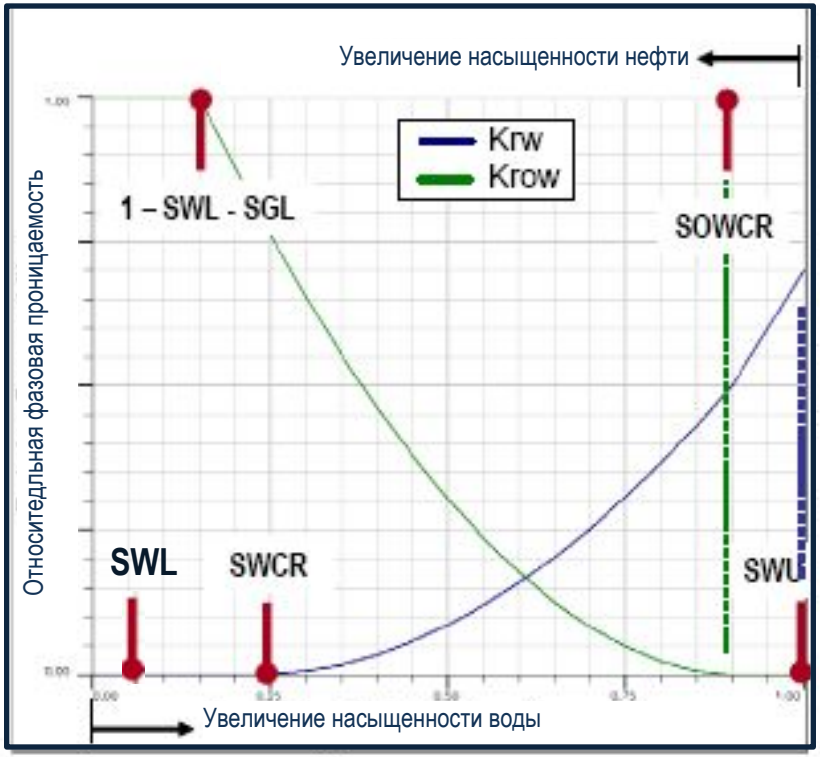
Расчёт начальной насыщенности каждой фазы в переходных зонах

ECL ECLIPSE

Schlumberger

Концевые точки насыщенности (1)

- **SWL**: связанная водонасыщенность
- **SWCR**: критическая водонасыщенность
- **SWU**: максимальная водонасыщенность
- **SOWCR**: критическая насыщенность нефтью в воде

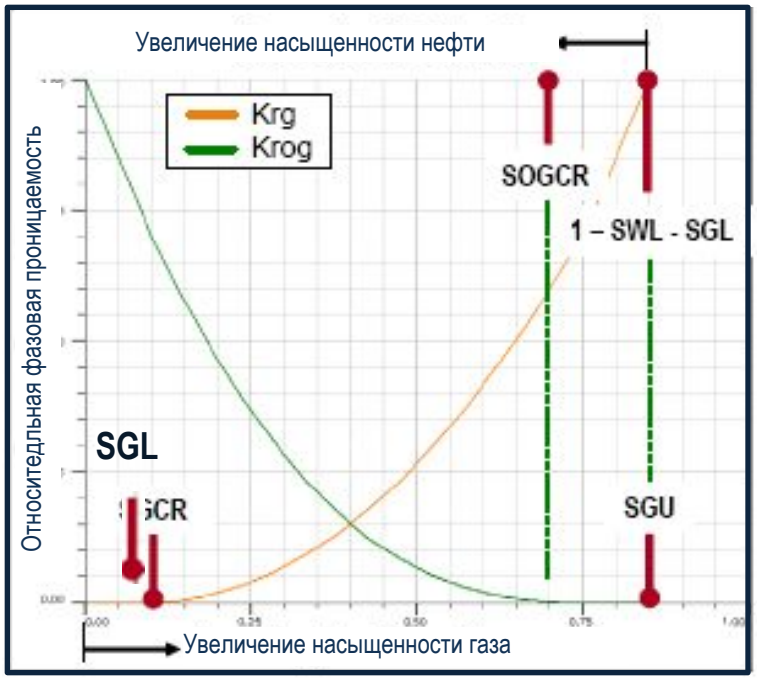


ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Концевые точки насыщенности (2)

- **SGL:** связанная газонасыщенность
- **SGCR:** критическая газонасыщенность
- **SGU:** максимальная газонасыщенность
- **SOGCR:** критическая нефтенасыщенность по газу



ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Семейства ключевых слов для задания ОФП

- **Семейство 1**
  - Krow и/или Krog задаются совместно с Krw и Krg
  - SWOF, SGOF
- **Семейство 2**
  - Kro задается в отдельных таблицах в зависимости от нефтенасыщенности
  - SWFN, SGFN, SOF2, etc.

! Нельзя смешивать различные семейства в одной модели

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Пример использования семейства1
SWOF, SGOF

=

SWOF

--Swat	Krw	Krow	Pcow
SWL 0.20	0.000	0.900	50.0
0.22	0.000	0.803	45.0
0.30	0.001	0.487	25.0
0.40	0.009	0.221	12.5
0.50	0.045	0.078	6.3
0.60	0.154	0.014	2.5
0.70	0.387	0.001	1.3
0.73	0.480	0.000	1.1
0.80	0.800	0.000	0.8
1.00	1.000	0.000	0.0
SWU			

SGOF

--Sgas	Krg	Krog	Pcog
SGL 0.00	0.000	0.900	0.0
0.06	0.000	0.525	0.2
0.10	0.000	0.375	0.5
0.14	0.000	0.213	1.0
0.19	0.002	0.106	1.5
0.24	0.006	0.042	2.0
0.29	0.013	0.011	2.5
0.33	0.035	0.001	3.0
0.37	0.061	0.000	3.5
0.80	0.900	0.000	3.9
SGU			

SGU + SWL ≤ 1 SGL + SWU ≤ 1

ECL ECLIPSE

Schlumberger

Пример использования семейства2
SWFN, SGFN, SOF3

SWFN

--SWAT	KRW	PCOW
SWL 0.22	0.0	1.
0.3	0.051	0.5
0.4	0.12	0.3
0.5	0.218	0.16
0.6	0.352	0.1
0.7	0.5	0.05
0.8	0.65	0.03
0.9	0.83	0.01
1.0	1.0	0.0

/

SGFN

--SGAS	KRG	PCOG
SGL 0.0	0.0	0.0
0.04	0.0	0.8
0.1	0.022	1.5
0.2	0.1	2.1
0.3	0.195	2.7
0.4	0.289	3.2
0.5	0.42	3.8
0.6	0.58	4.5
0.7	0.8125	5.3
0.78	1.0	6.0

/

SOF3

--SOIL	KROW	KROG
0	0.0	0.0
0.2	0.0	0.0
0.35	0.0	0.02
0.4	0.0048	0.038
0.45	0.029	0.058
0.5	0.0649	0.102
0.55	0.11298	0.163
0.6	0.197	0.234
0.65	0.287	0.33
0.7	0.4	0.454
0.75	0.637	0.67
0.78	1.0	1.0

/

SOMAX

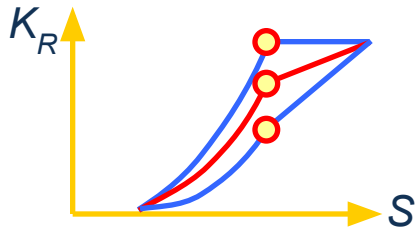
=

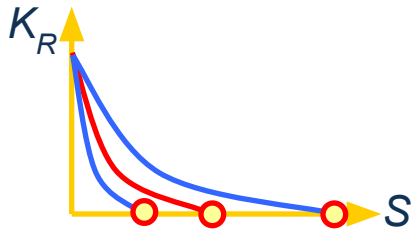
SGL + SWL + SOMAX = 1

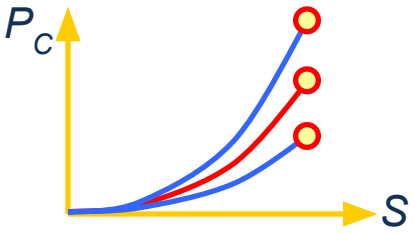
ECL ECLIPSE

Schlumberger

Виды масштабирования функций ОФП







Вертикальное

Горизонтальное

Масштабирование капиллярного давления

2-х точечное

3-х точечное

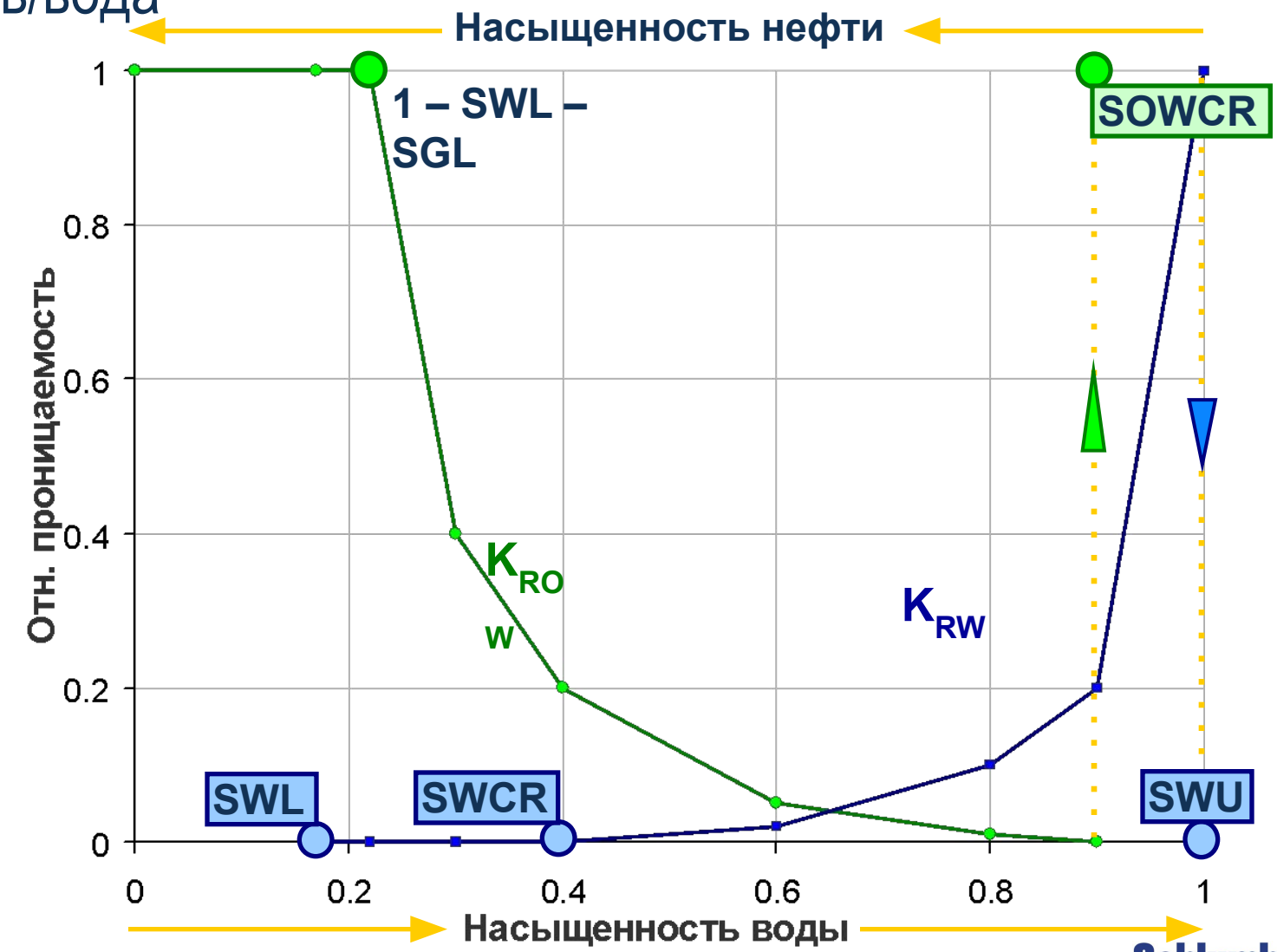
Сохраняется значение отн. проницаемости в 2-х точках кривой

Сохраняется значение отн. проницаемости в 3-х точках кривой

ECL ECLIPSE

Schlumberger

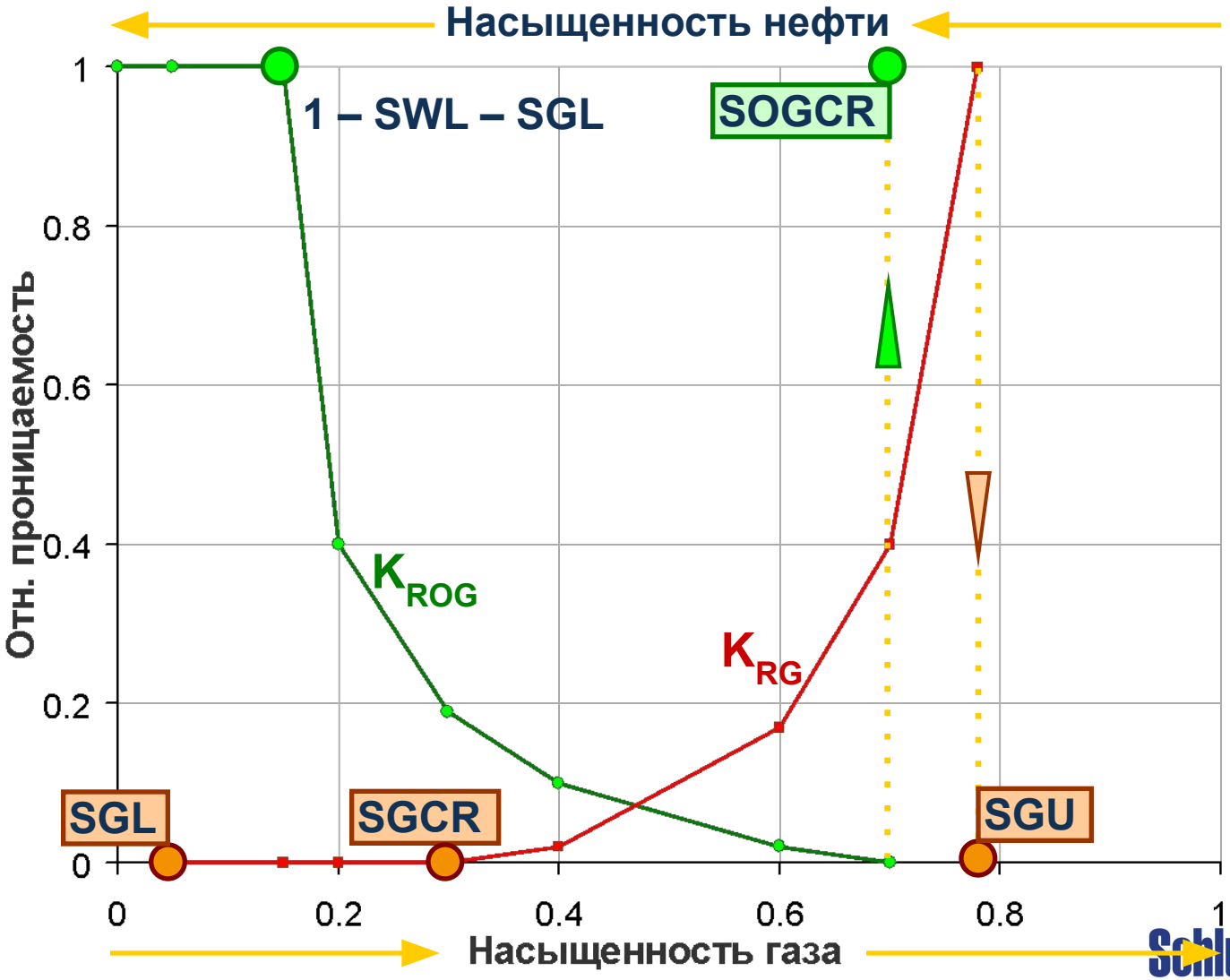
Горизонтальное масштабирование функций насыщенности: нефть/вода



ECL ECLIPSE

Schlumberger

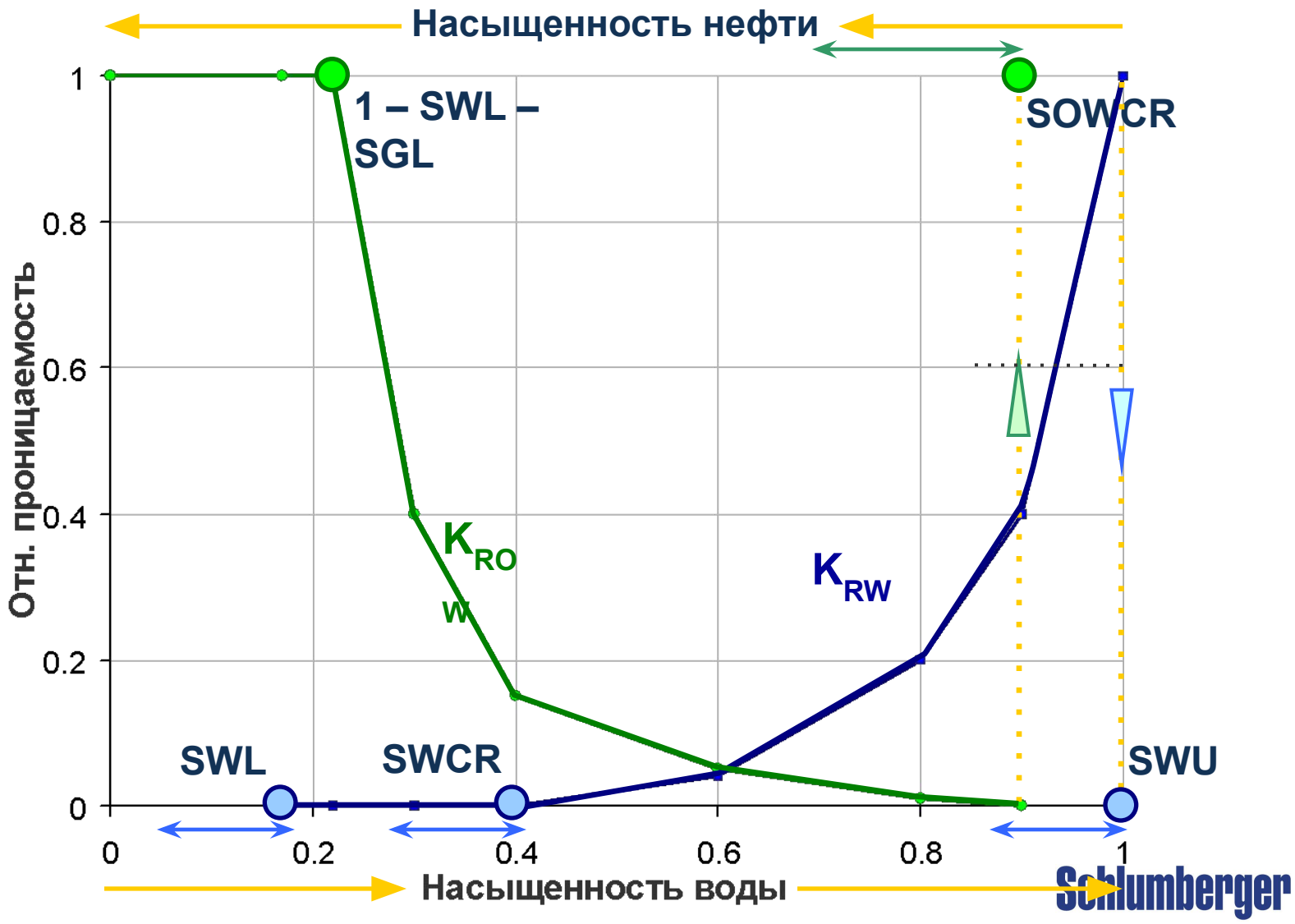
Горизонтальное масштабирование функций насыщенности: нефть/газ



ECL
ECLIPSE

Schlumberger

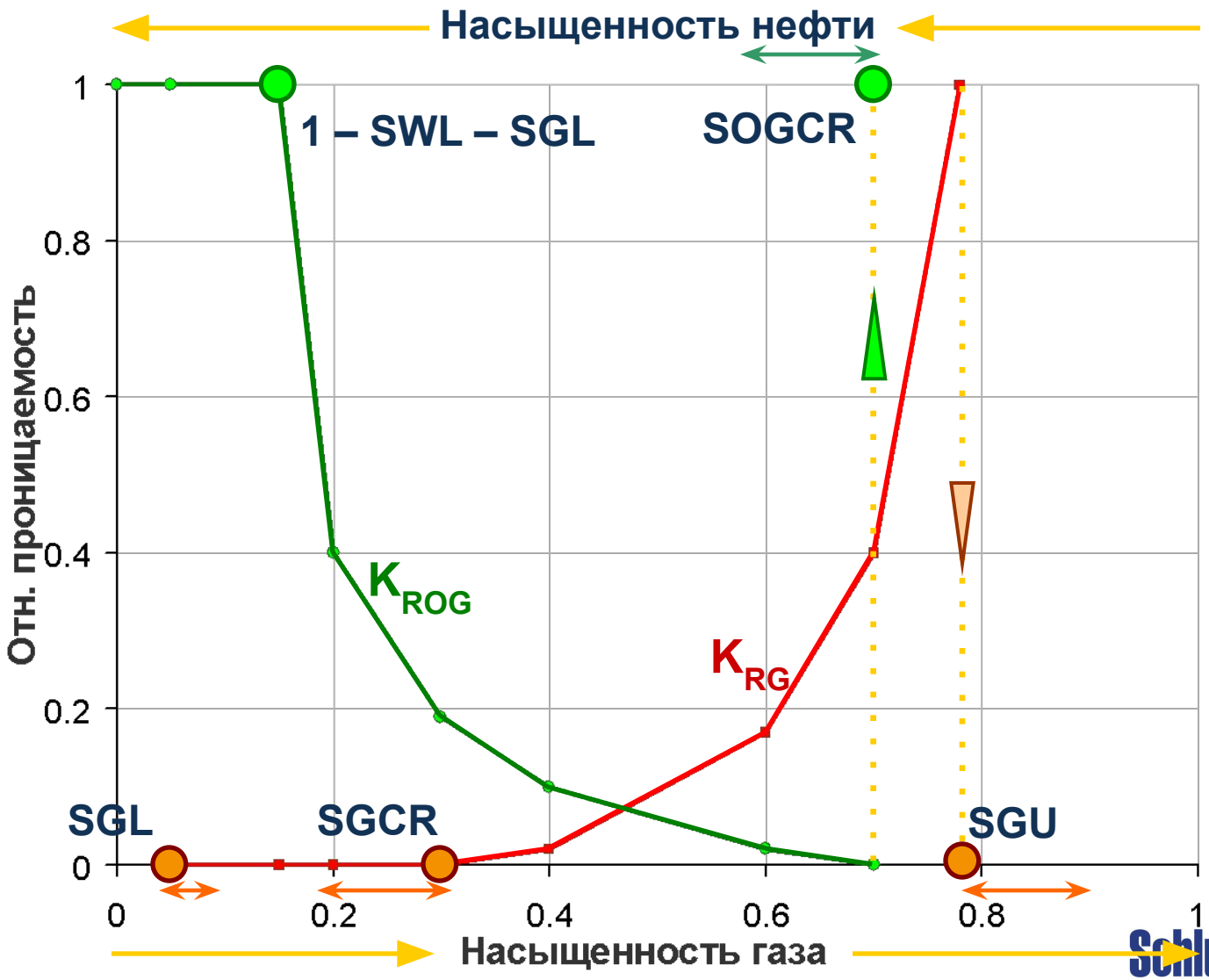
2-х точечное масштабирование



ECL
ECLIPSE

Schlumberger

2-х точечное масштабирование



ECL
ECLIPSE

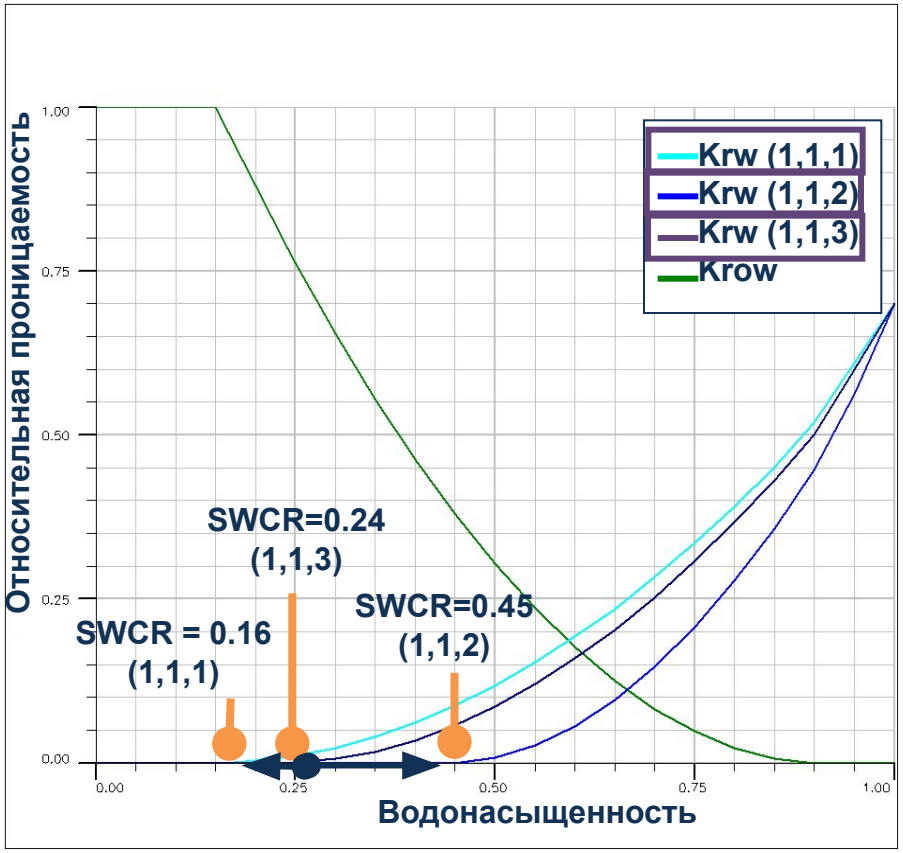
Schlumberger

Реализация на практике

1. Решить – «что масштабировать»
   - Какие концевые точки?
   - Какие кривых ОФП?
2. Задать немасштабированные функции
   - Семейством 1 или семейством 2
3. Добавить ENDSCALE в RUNSPEC
4. Добавить масштабированные концевые точки в PROPS
   - Для каждой ячейки явно или в завимости от глубины через ENPTVD

Пример – масштабирование SWCR

```
SWOF
-- Sw      Krw    Krow    Pcow
   0.150   0.000  1.000   0.00
   0.240   0.000  0.784   0.00
   0.295   0.005  0.665   0.00
   0.350   0.017  0.555   0.00
   0.405   0.036  0.454   0.00
   0.460   0.062  0.363   0.00
   0.515   0.095  0.282   0.00
   0.570   0.134  0.210   0.00
   0.625   0.180  0.149   0.00
   0.680   0.231  0.097   0.00
   0.735   0.290  0.056   0.00
   0.790   0.354  0.026   0.00
   0.845   0.424  0.007   0.00
   0.900   0.500  0.000   0.00
   1.000   0.700  0.000   0.00
/

BOX
   1 1 1 1 1 2 /

SWCR

   0.16 0.45 /
```

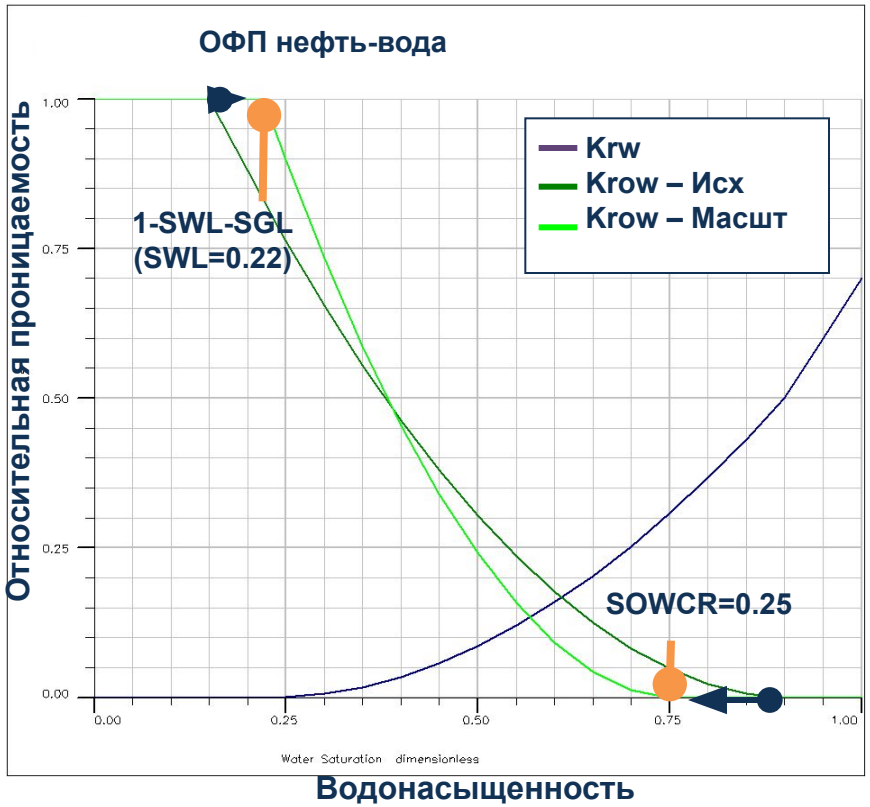


ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Пример – масштабирование SWL, SOWCR (1)

```
SWOF
  0.150  0.000  1.000  32.43
  0.240  0.000  0.784  15.01
  0.295  0.005  0.665  10.48
  0.350  0.017  0.555   7.66
  0.405  0.036  0.454   5.76
  0.460  0.062  0.363   4.41
  0.515  0.095  0.282   3.41
  0.570  0.134  0.210   2.65
  0.625  0.180  0.149   2.05
  0.680  0.231  0.097   1.57
  0.735  0.290  0.056   1.17
  0.790  0.354  0.026   0.85
  0.845  0.424  0.007   0.57
  0.900  0.500  0.000   0.34
  1.000  0.700  0.000   0.00
/
BOX
  1 1 1 1 3 3 /
SWL
  0.22 /
SOWCR
  0.25 /
```



ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Трехточечное масштабирование (2)

Это альтернатива двухточечному масштабированию

- Дополнительная точка – остаточная насыщенность по фазе
- Относительные проницаемости сохраняются по обе стороны двухфазного региона подвижности

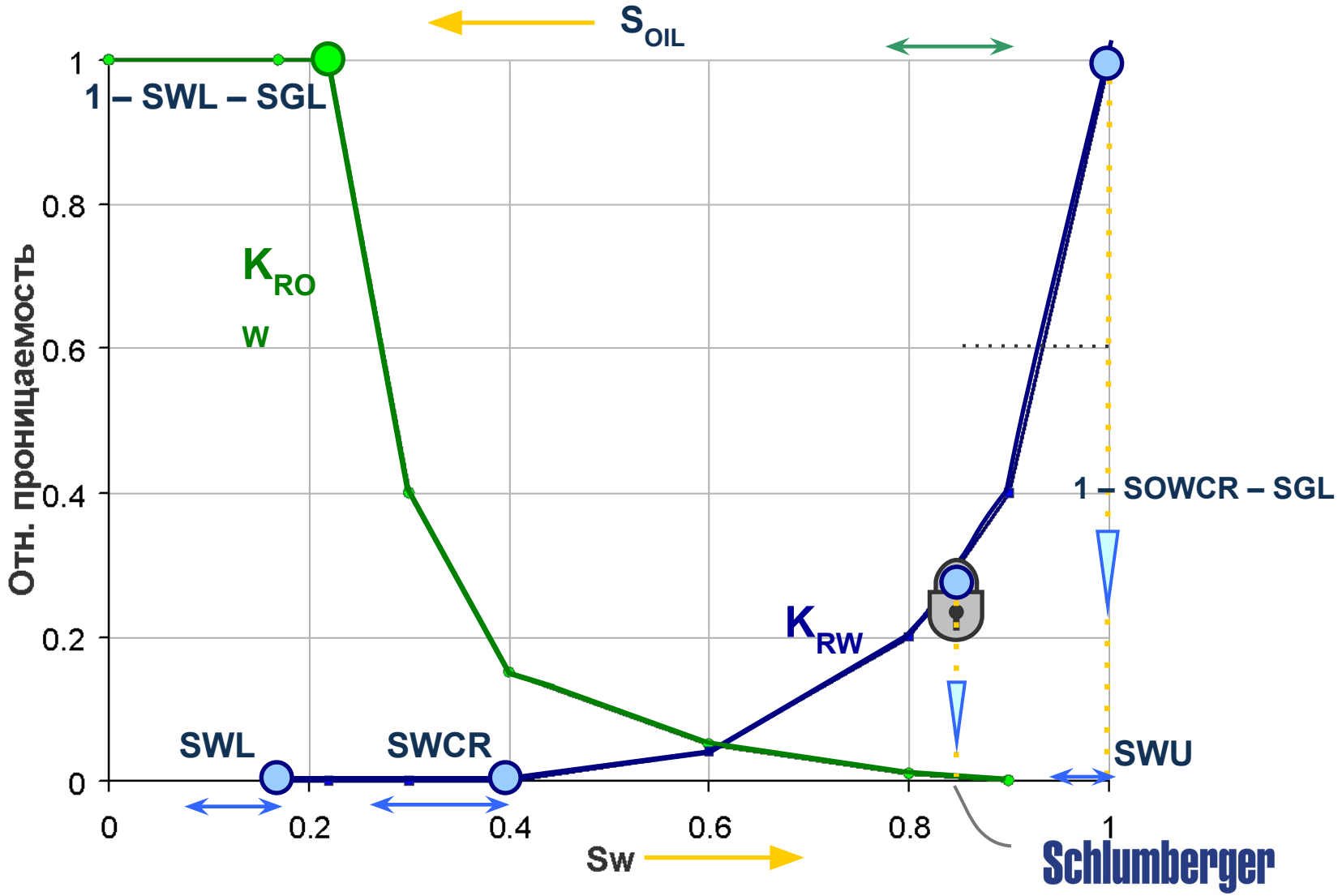
- Реализация

1. Решить – «что масштабировать»
2. Задать исходные функции насыщенности
3. Добавить ENDSCALE в RUNSPEC, **SCALECRS** в PROPS
4. Добавить масштабированные концевые точки в PROPS

ECL ECLIPSE

Schlumberger

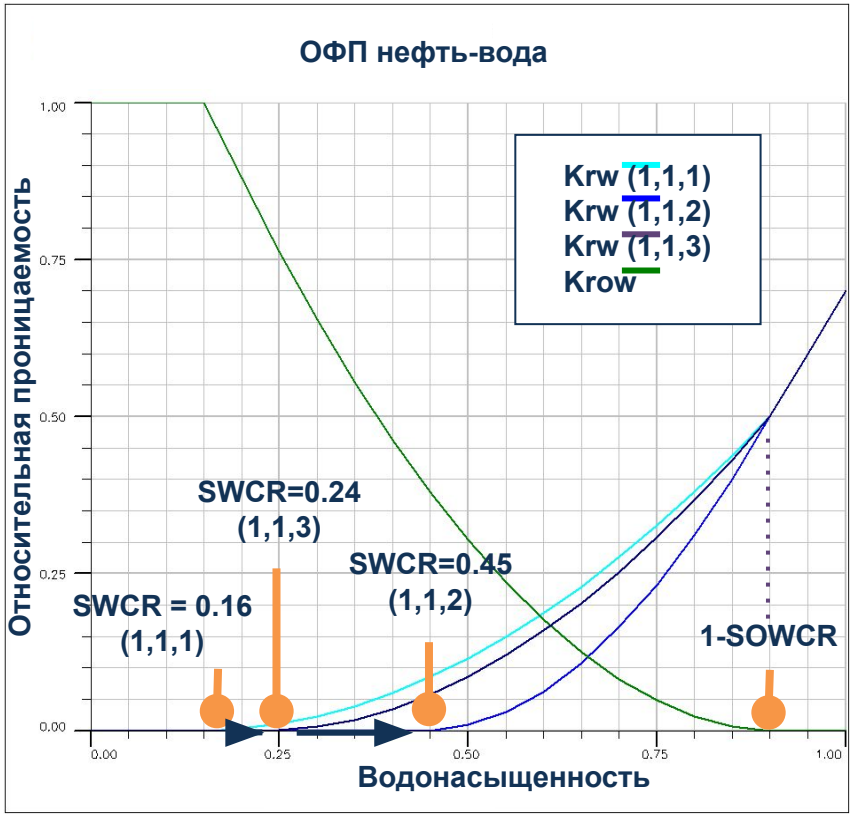
3-х точечное масштабирование



ECL
ECLIPSE

Пример трехточечного масштабирования

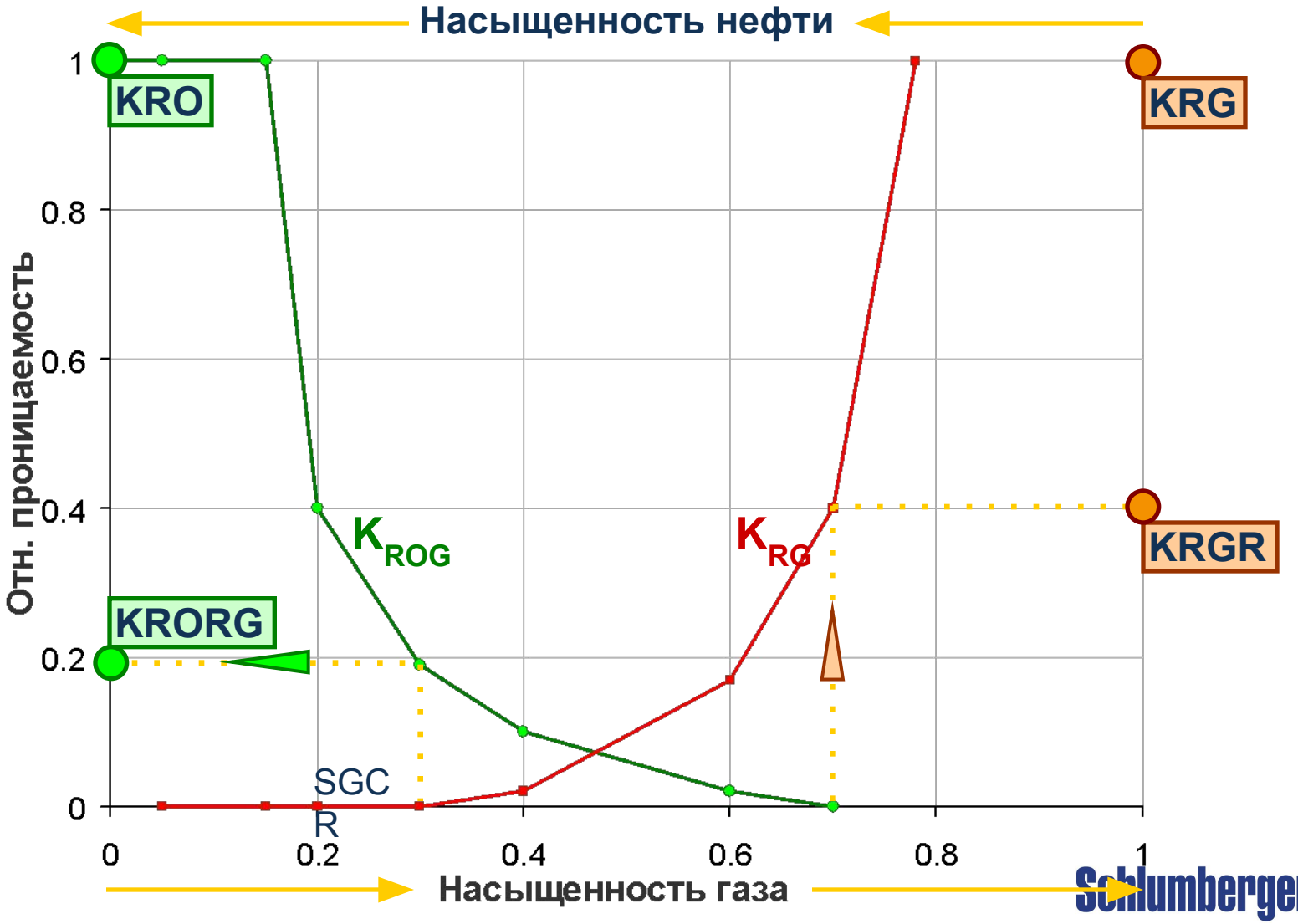
```
SCALECRS
  YES /

SWOF
  0.150  0.000  1.000  0.00
  0.240  0.000  0.784  0.00
  0.295  0.005  0.665  0.00
  0.350  0.017  0.555  0.00
  0.405  0.036  0.454  0.00
  0.460  0.062  0.363  0.00
  0.515  0.095  0.282  0.00
  0.570  0.134  0.210  0.00
  0.625  0.180  0.149  0.00
  0.680  0.231  0.097  0.00
  0.735  0.290  0.056  0.00
  0.790  0.354  0.026  0.00
  0.845  0.424  0.007  0.00
  0.900  0.500  0.000  0.00
  1.000  0.700  0.000  0.00
/
BOX
  1 1 1 1 1 2 /
SWCR
  0.16 0.45 /
```



ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Вертикальное масштабирование функций насыщенности: нефть/газ

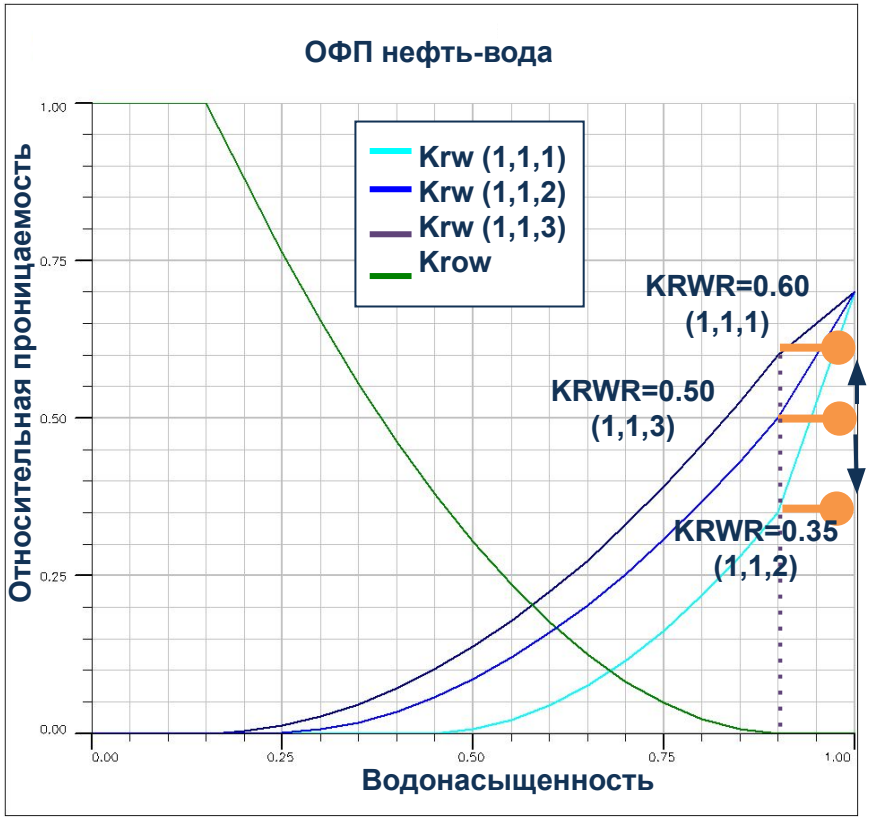


ECL ECLIPSE

Schlumberger

Пример масштабирования SWCR и KRWR

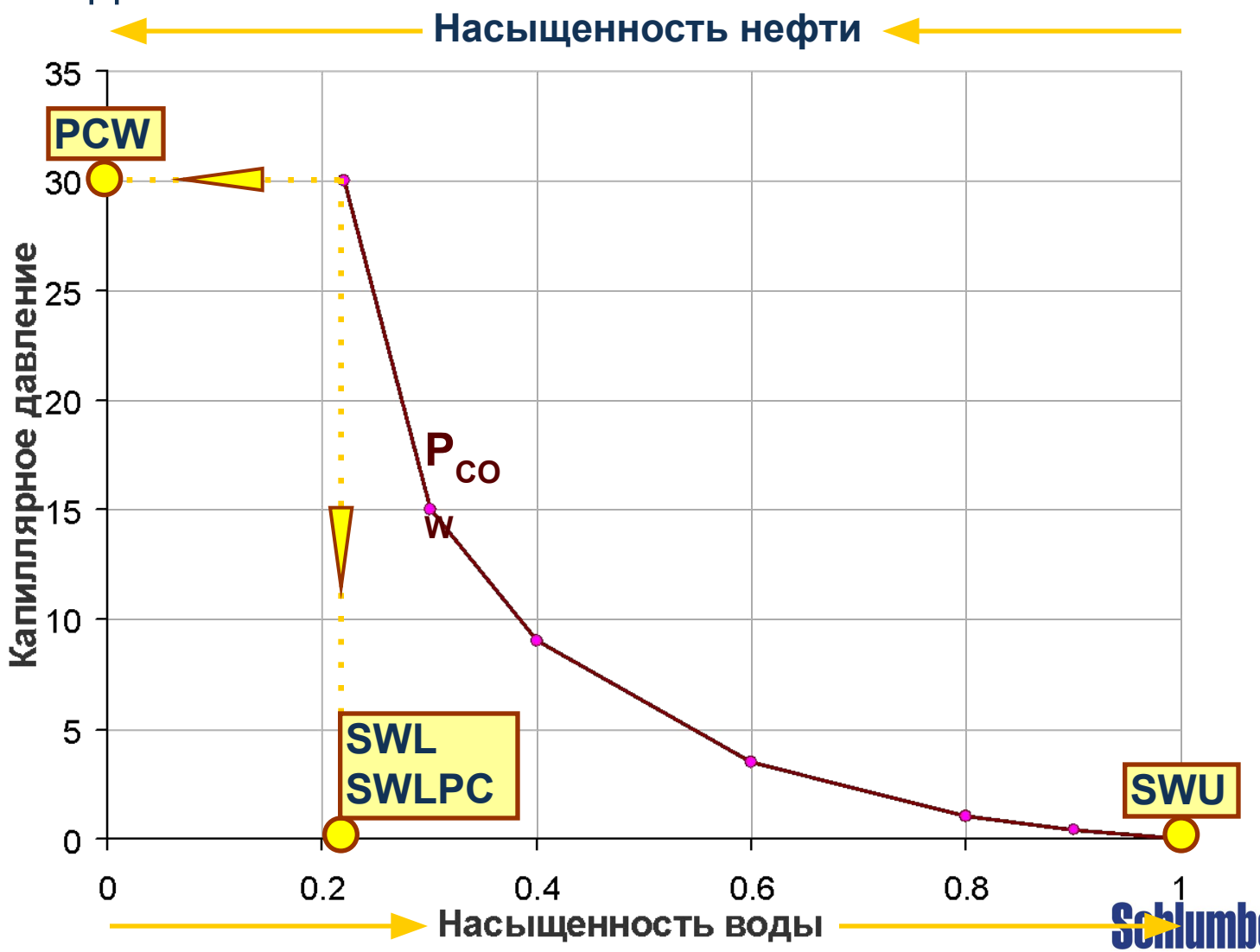
```
SWOF
  0.150  0.000  1.000  0.00
  0.240  0.000  0.784  0.00
  0.295  0.005  0.665  0.00
  0.350  0.017  0.555  0.00
  0.405  0.036  0.454  0.00
  0.460  0.062  0.363  0.00
  0.515  0.095  0.282  0.00
  0.570  0.134  0.210  0.00
  0.625  0.180  0.149  0.00
  0.680  0.231  0.097  0.00
  0.735  0.290  0.056  0.00
  0.790  0.354  0.026  0.00
  0.845  0.424  0.007  0.00
  0.900  0.500  0.000  0.00
  1.000  0.700  0.000  0.00 /
BOX
  1 1 1 1 1 2 /
SWCR
  0.16 0.45 /
KRWR
  0.60 0.35 /
```



ECL
ECLIPSE

Schlumberger

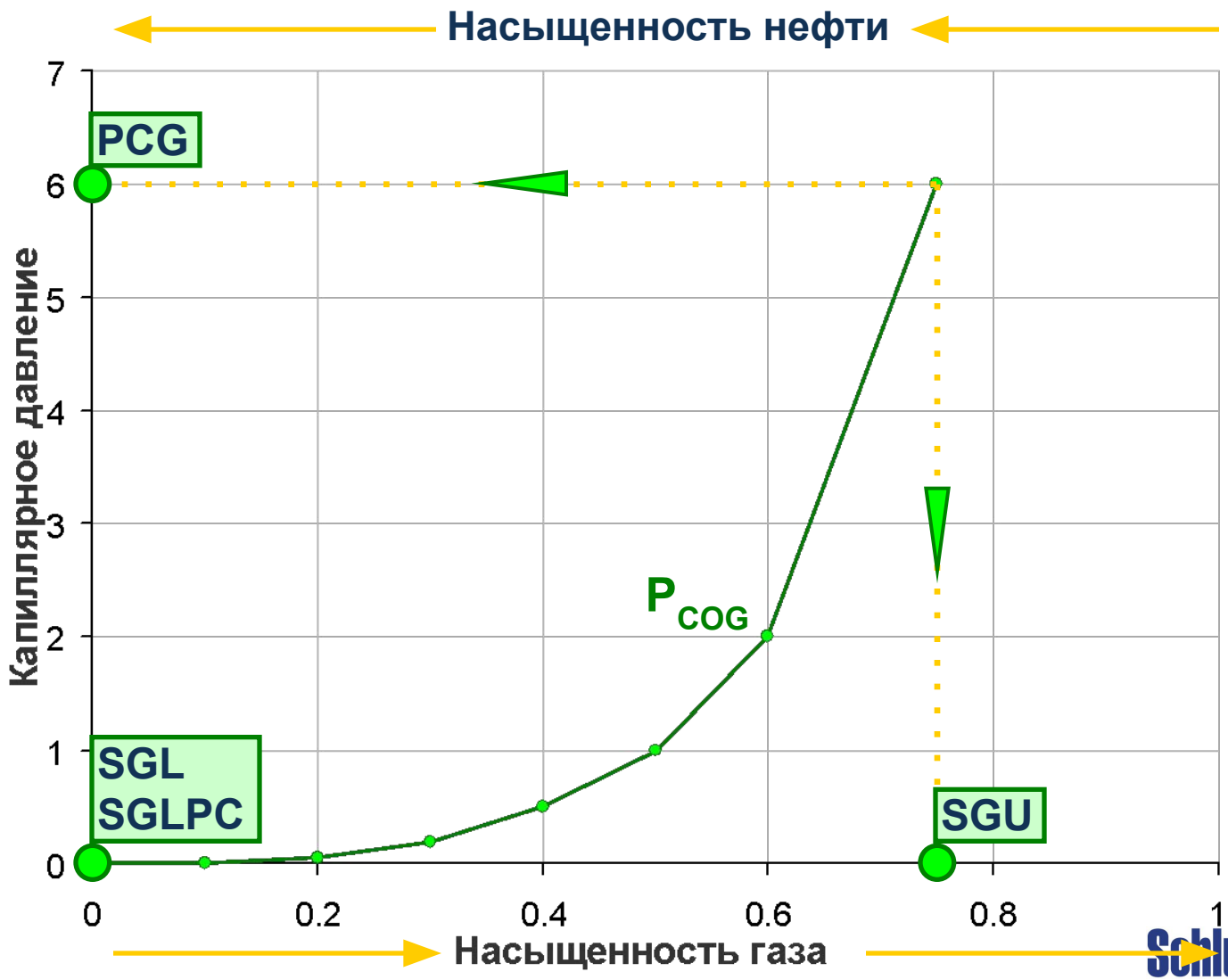
Масштабирование функций капиллярного давления: нефть/вода



ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Масштабирование функций капиллярного давления: нефть/газ

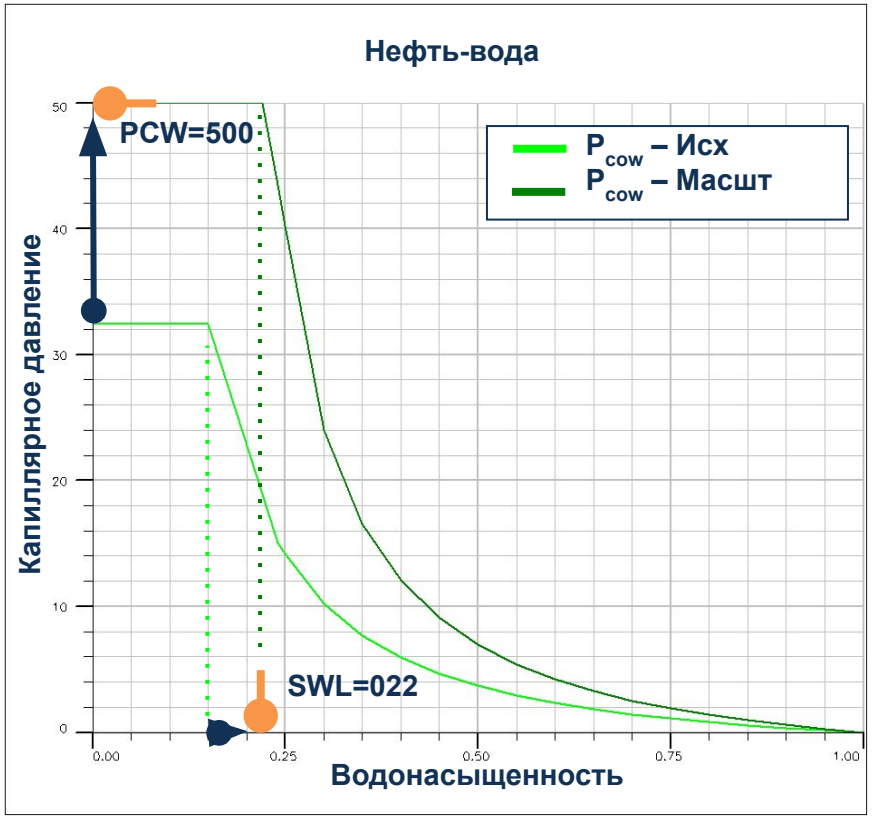


ECL ECLIPSE

Schlumberger

Пример масштабирования SWL и PCW

```
SWOF
  0.150  0.000  1.000  32.43
  0.240  0.000  0.784  15.01
  0.295  0.005  0.665  10.48
  0.350  0.017  0.555   7.66
  0.405  0.036  0.454   5.76
  0.460  0.062  0.363   4.41
  0.515  0.095  0.282   3.41
  0.570  0.134  0.210   2.65
  0.625  0.180  0.149   2.05
  0.680  0.231  0.097   1.57
  0.735  0.290  0.056   1.17
  0.790  0.354  0.026   0.85
  0.845  0.424  0.007   0.57
  0.900  0.500  0.000   0.34
  1.000  0.700  0.000   0.00 /
BOX
  1 1 1 1 3 3 /
SWL
  0.22 /
SOWCR
  0.25 /
PCW
  50.0 /
```

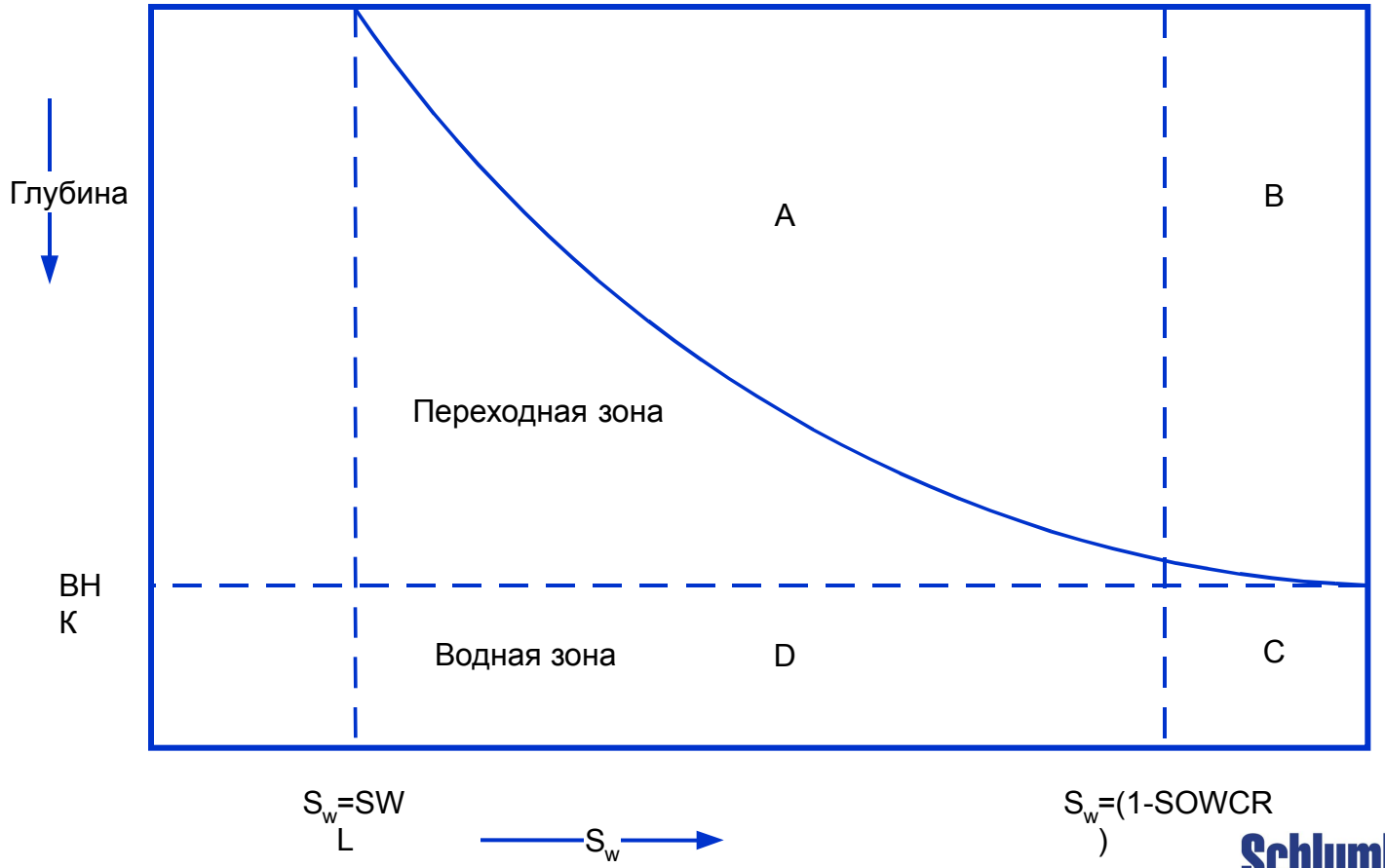


ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Коррекция подвижных флюидов

Коррекция флюидов требует
RUNSPE
EQLOPTS
'MOBILE' /



ECL ECLIPSE

Schlumberger

Ключевое слово TZONE

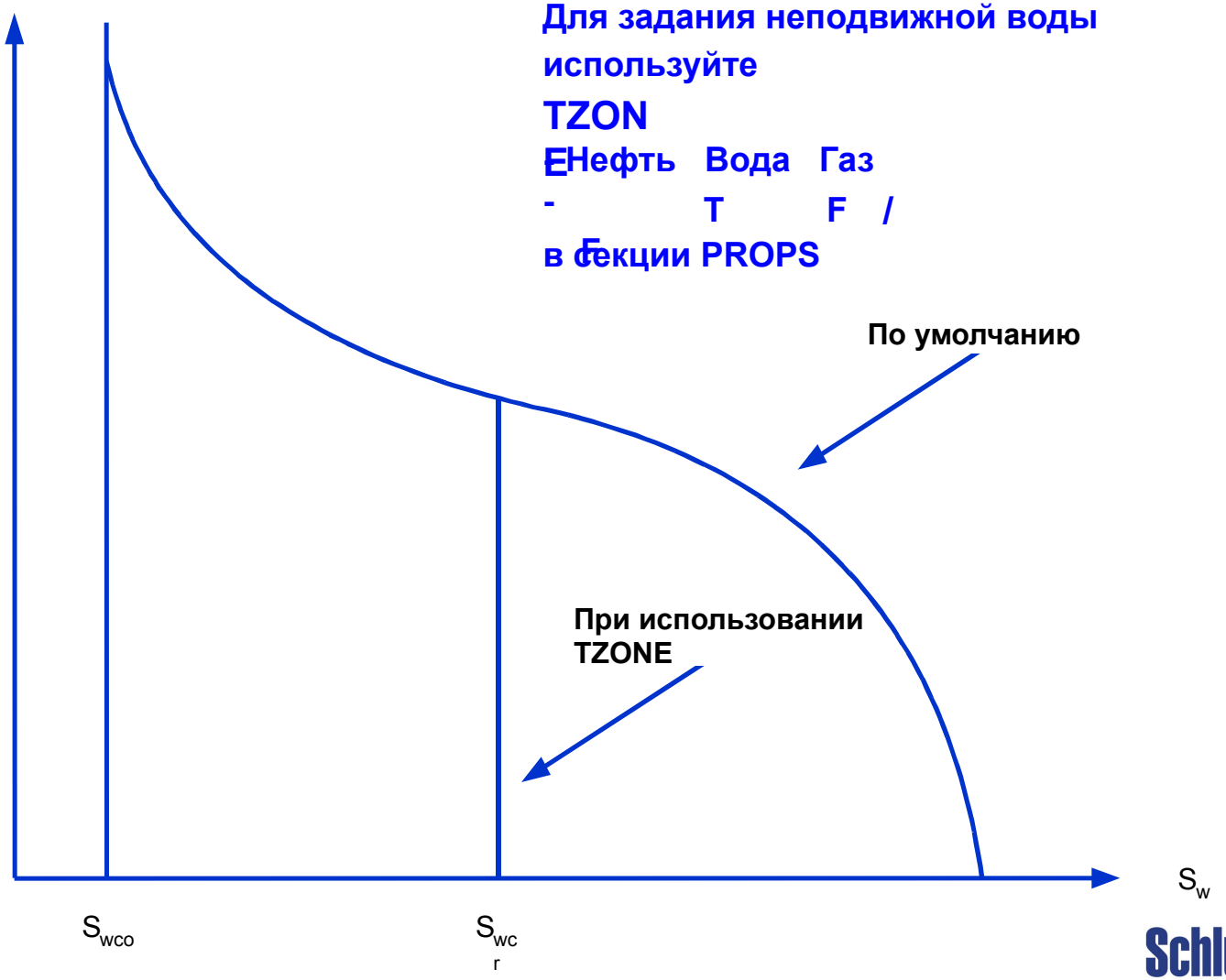
Для задания неподвижной воды используйте

TZONE

E Нефть Вода Газ

- T F /

в секции PROPS



ECL ECLIPSE

Schlumberger

Управление выводом результатов

FILLEPS

- Все концевые точки насыщенности выводятся в INIT-файл

EPSDBGS/EPSDEBUG

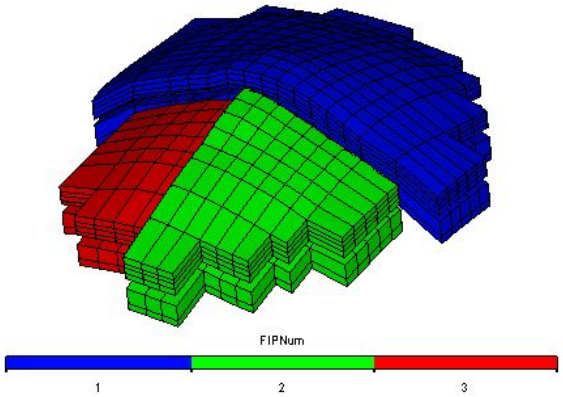
- Вывод масштабированных таблиц в DEBUG-файл для указанных ячеек

Секция REGIONS

Назначение секции REGIONS

- Разделение месторождения на области с целью:
  - Задания различных параметров пласта
  - Создания отчетов
- Примеры:
  - Различные PVT свойства и параметры балансировки могут присваиваться областям сетки, разделенных непроводящим сбросом
  - Составление отчетов о начальных запасах флюидов в ограниченных разломами блоках
- Секция REGIONS опциональна

Цель: Создание отчетов

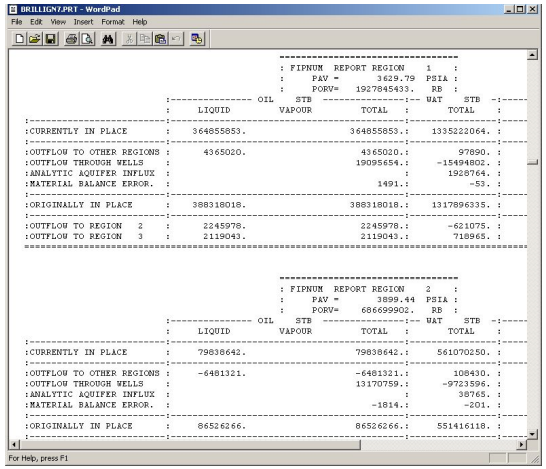


FIPNUM (секция **REGIONS)**

В секции **SOLUTION**:

RPTSOL

FIP=2 /



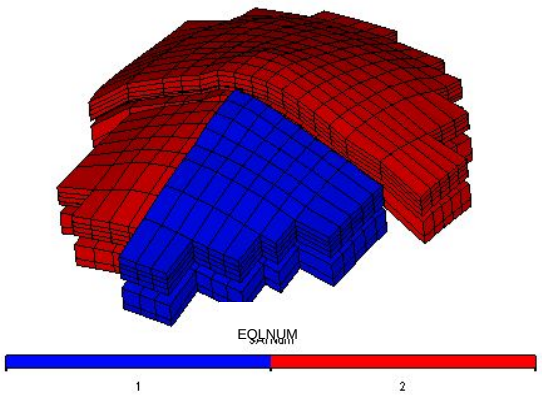
```
                                        ------------------------------
                                        : FIPNUM  REPORT REGION    1   :
                                        :     PAV =      3629.79  PSIA :
                                        :     PORV=   1927845433.   RB  :
                          :-------------- OIL    STB ---------------:-- WAT    STB  -:-----
                          :     LIQUID         VAPOUR          TOTAL   :       TOTAL     :
:-------------------------:-----------------------------------------:-----------------:-----
:CURRENTLY IN PLACE       :    364855853.                  364855853.:   1335222064. :
:-------------------------:-----------------------------------------:-----------------:-----
:OUTFLOW TO OTHER REGIONS :      4365020.                    4365020.:        97890. :
:OUTFLOW THROUGH WELLS    :                                19095654.:    -15494802. :
:ANALYTIC AQUIFER INFLUX  :                                        :      1926764. :
:MATERIAL BALANCE ERROR.  :                                     1491.:          -53. :
:-------------------------:-----------------------------------------:-----------------:-----
:ORIGINALLY IN PLACE      :    388318018.                  388318018.:   1317896335. :
:-------------------------:-----------------------------------------:-----------------:-----
:OUTFLOW TO REGION   2    :      2245978.                    2245978.:      -621075. :
:OUTFLOW TO REGION   3    :      2119043.                    2119043.:       718965. :
=================================================================================================


                                        ------------------------------
                                        : FIPNUM  REPORT REGION    2   :
                                        :     PAV =      3899.44  PSIA :
                                        :     PORV=    686699902.   RB  :
                          :-------------- OIL    STB ---------------:-- WAT    STB  -:-----
                          :     LIQUID         VAPOUR          TOTAL   :       TOTAL     :
:-------------------------:-----------------------------------------:-----------------:-----
:CURRENTLY IN PLACE       :     79838642.                   79838642.:    561070250. :
:-------------------------:-----------------------------------------:-----------------:-----
:OUTFLOW TO OTHER REGIONS :     -6481321.                   -6481321.:       108430. :
:OUTFLOW THROUGH WELLS    :                                13170759.:     -9723596. :
:ANALYTIC AQUIFER INFLUX  :                                        :        38765. :
:MATERIAL BALANCE ERROR.  :                                    -1814.:         -201. :
:-------------------------:-----------------------------------------:-----------------:-----
:ORIGINALLY IN PLACE      :     86526266.                   86526266.:    551416118. :
:-------------------------:-----------------------------------------:-----------------:-----
```

Теперь PRT файл показывает первоначальные запасы флюидов, а также запасы на каждом отчетном шаге

ECL ECLIPSE

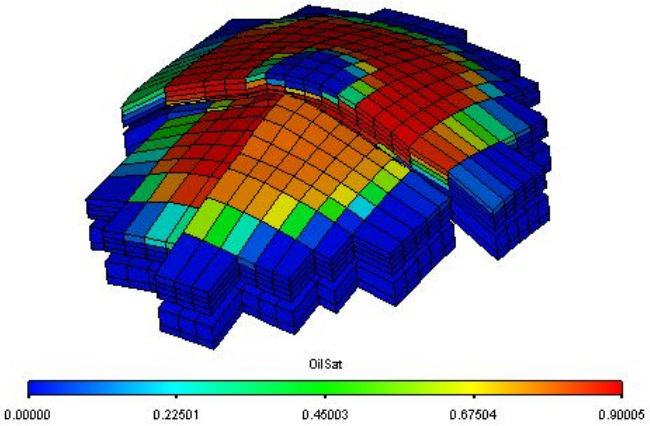
Schlumberger

Цель: Различные свойства пласта



- Свойство EQLNUM (в данном случае регионы с различными контактами)
- Таблицы EQUIL связаны с регионами EQLNUM
- Результирующее начальное распределение нефтенасыщенности

```
SOLUTION

EQUIL     2 TABLES
 7100    381470    7500    0    7100    0    1    0    5    /
 8000    414539    7550    0    7000    0    1    0    5    /
/
```



ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Порядок ключевых слов в секции REGIONS(1)

```
RUNSPEC
REGDIMS
10   2 /
```

Выделяеми память в секции RUNSPEC

```
REGIONS

EQUALS
'FIPNUM'    1 /
'FIPNUM'    2  11  20 /
/
FIPLAYER
100*1
100*2
100*3
100*4
100*5
100*6
100*7
100*8
100*9
100*10 /
```

Задаем 2 региона подсчета запасов

Используйте ключевые слова - операторы (EQUALS, COPY, ADD, и тд)

Задайте номер для каждой ячейки

Задаем 10 дополнительных регионов подсчета запасов

ECL ECLIPSE

Schlumberger

Ключевые слова секции REGIONS

- Часто используемые → FIPNUM
  SATNUM
  PVTNUM
  EQLNUM
- Специальные → FIPXXXXX
  (например, FIPLAYER, FIPEXPL)
- Операторы → EQUALS, ADD, COPY, и т.д.
- Исключения (в секции GRID) → FLUXNUM

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

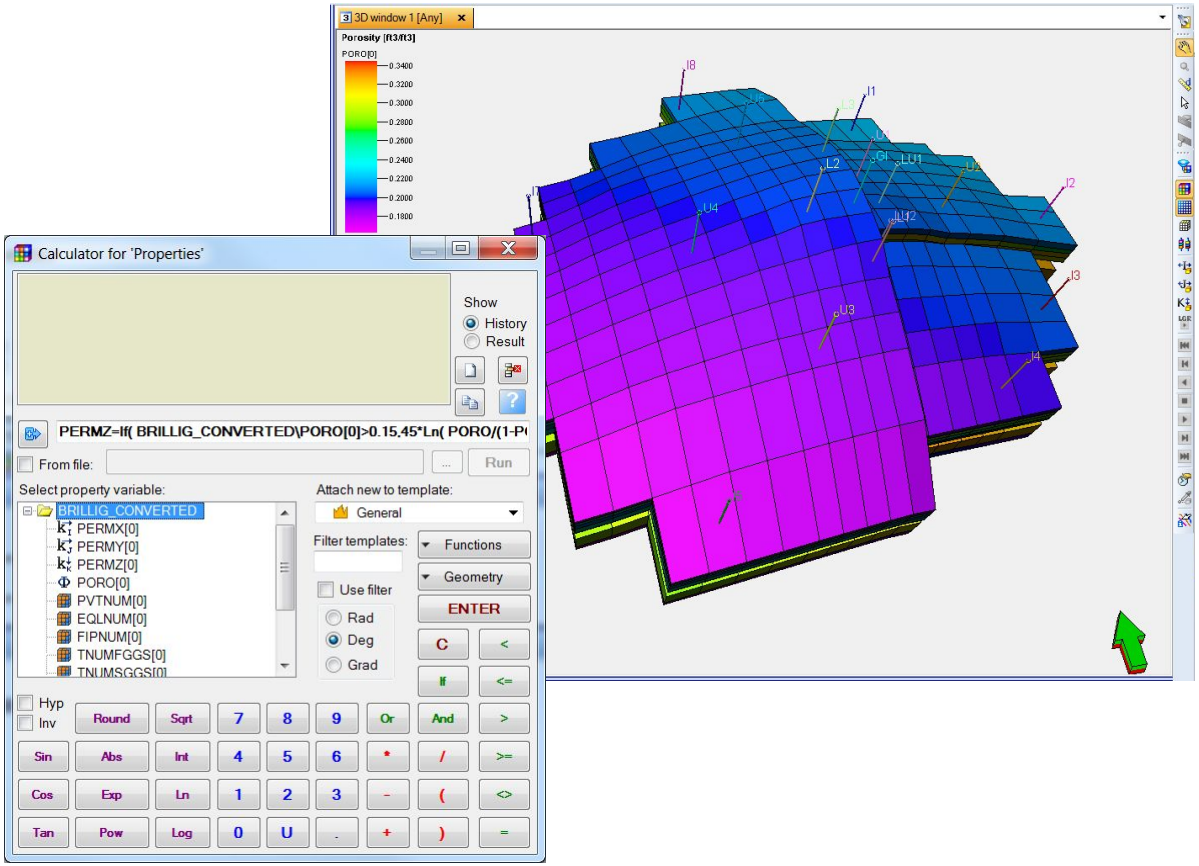
Контроль вывода

- Для вывода в PRT файл:
  - RPTREGS в секции REGIONS
  - RPTSOL (FIP=1, 2, или 3) в секции SOLUTION
- Для вывода в 3D просматриваемые файлы:
  - INIT в секции GRID
  - RPTRST (FIP) – начальные запасы флюида

Создание регионов в препроцессорах

Интерактивно:

- FloViz
- Office
- Petrel
- FloGrid



ECL
ECLIPSE

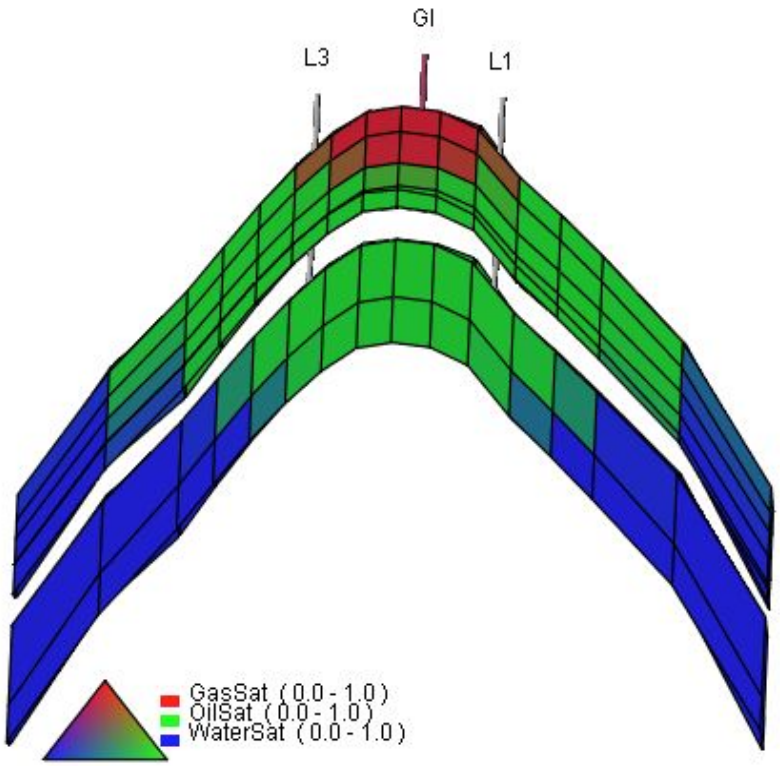
Schlumberger

SOLUTION секция

Назначение секции

Определяет *начальное состояние* модели:

- Начальное давление и насыщенности
- Начальные коэффициенты газо- и конденсатосодержания
- Зависимость свойств пластовых флюидов от глубины
- Начальные условия для аналитических водоносных пластов



ECL
ECLIPSE

Schlumberger

ECLIPSE способы инициализации

- **Балансировка**: начальные давления и насыщения вычисляются ECLIPSE с помощью ключевого слова EQUIL
- **Рестарты**: начальные условия могут быть считаны из restart файла созданного при одном из предыдущих расчетов ECLIPSE
- **Перечисление**: начальные условия заданы пользователем явно для каждой ячейки модели

EQUIL

- Установливает контакты и давления для области гидростатического равновесия
- Параметры EQUIL интерпретируются по-разному, в зависимости от присутствующих фаз
- Может быть несколько регионов равновесия (См. EQLDIMS)

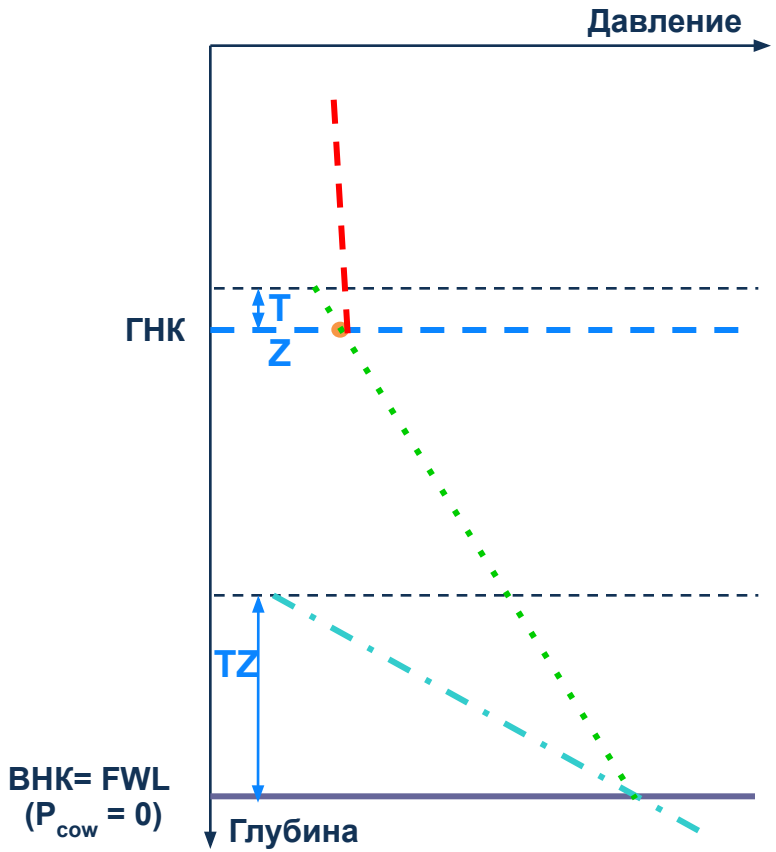
EQUIL

```
EQUIL
--  D     P    OWC   Pcow   GOC   Pcog   RSVD/PBVD   RVVD/PDVD    N
  7000 4000   7150   0     1*    1*       1*          1*         0  /
```

ECL ECLIPSE

Schlumberger

Блочно-центрированная балансировка часть 1




```
EQUIL
--D     P     OWC   Pcow  GOC   Pcog
3500  4000  7150    0     3500  0     /
```

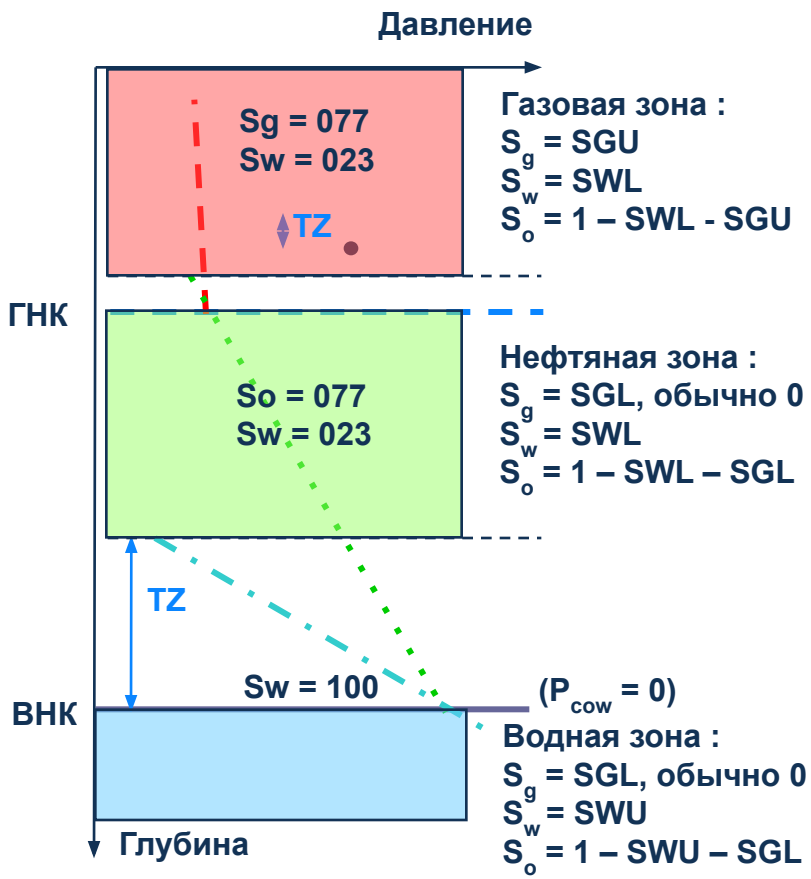
1. Задаются: контакты, опорная глубина и давления
2. По уравнениям состояния рассчитываются давления в фазах, например:

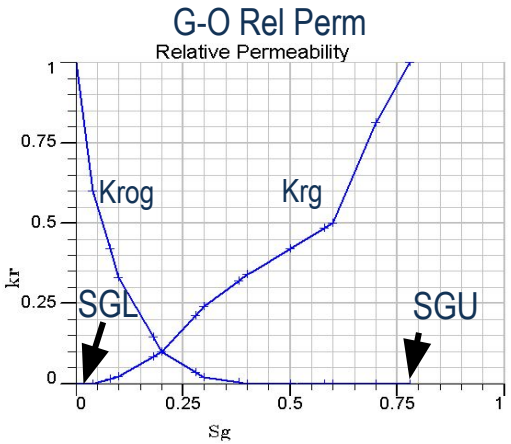
$$P_o(h_2) = P_o(h_1) + \int_{h_1}^{h_2} \rho_o g dh$$

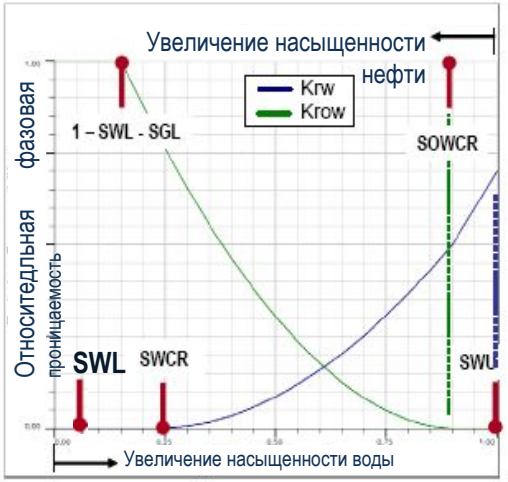
ECL ECLIPSE

Schlumberger

Блочно-центрированная балансировка
Часть 2



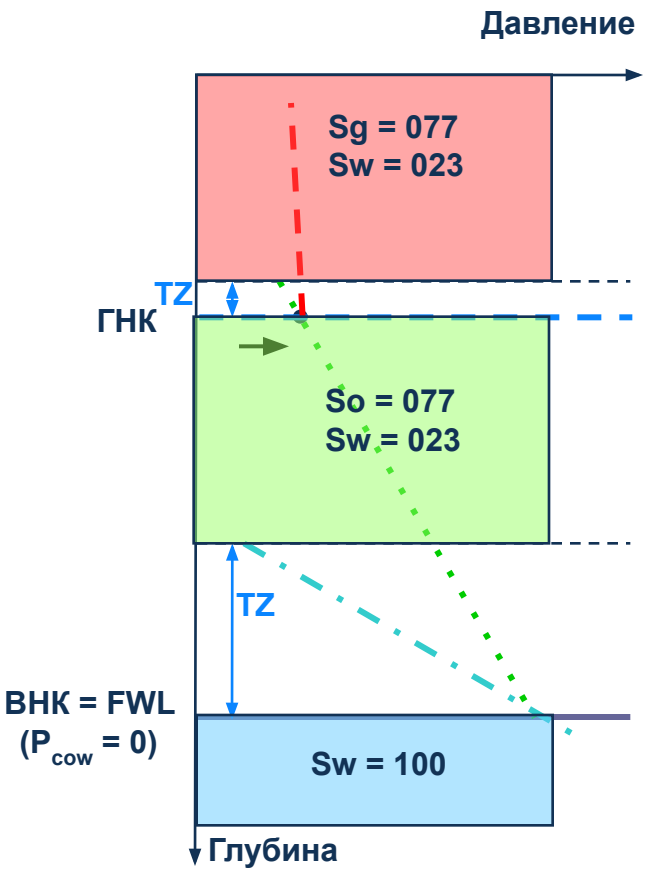




ECL
ECLIPSE

Schlumberger

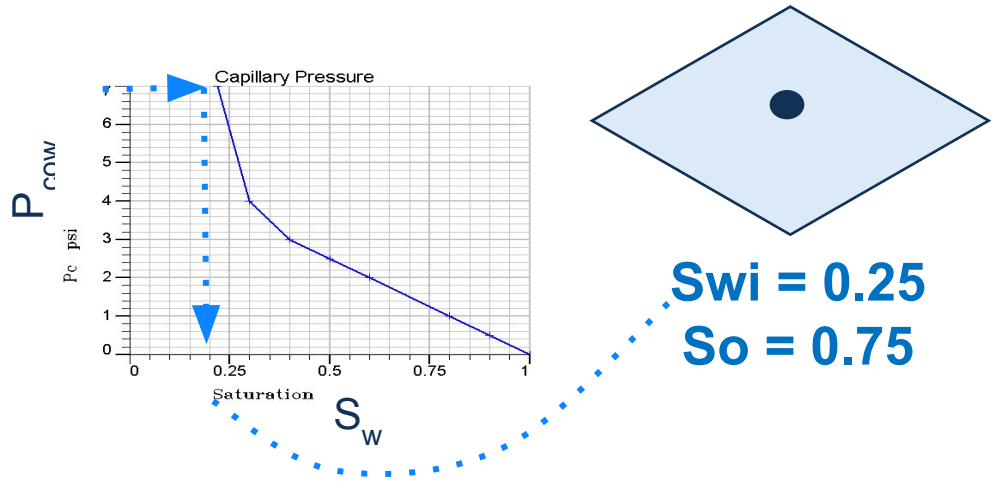
Блочно-центрированная балансировка часть 3



1. Расчет Pcog и Pcow в переходной зоне

$$P_{cow} = P_o - P_w$$
$$P_{cog} = P_g - P_o$$

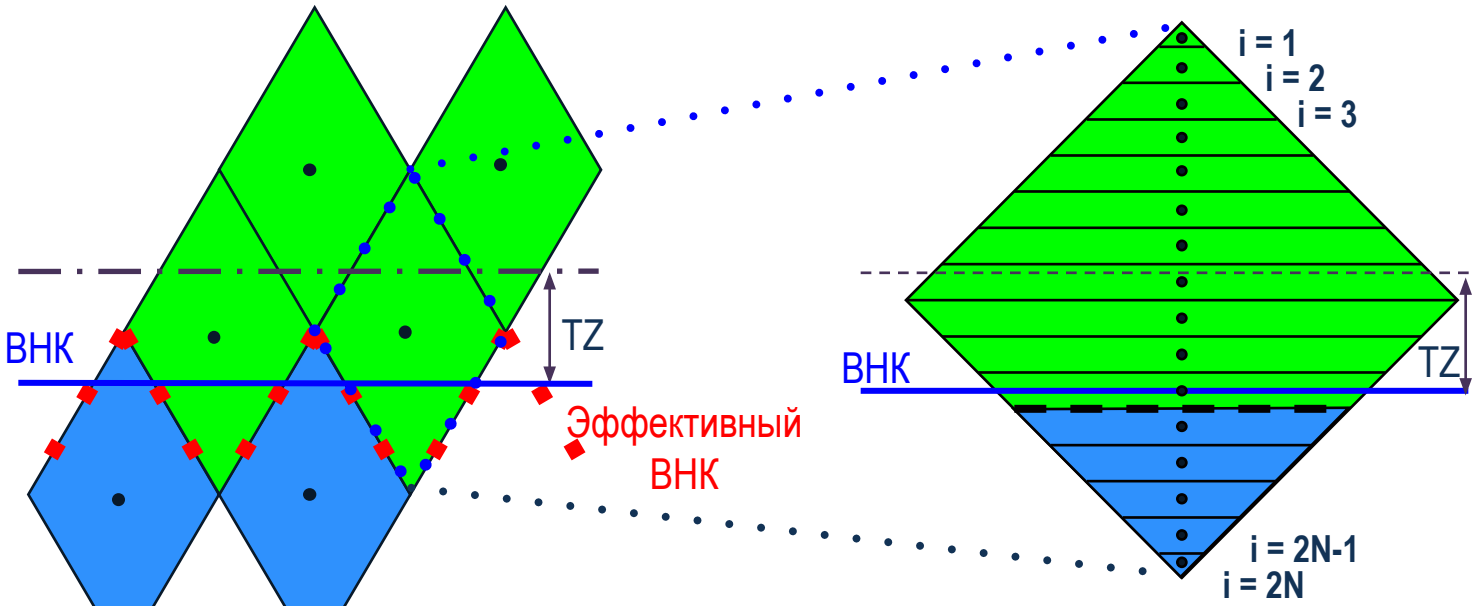
2. Обратный поиск Sw из таблиц ОФП секции PROPS



ECL
ECLIPSE

Schlumberger

EQUIL



Block Center Equilibrium

Level Block Equilibrium

ECL
ECLIPSE

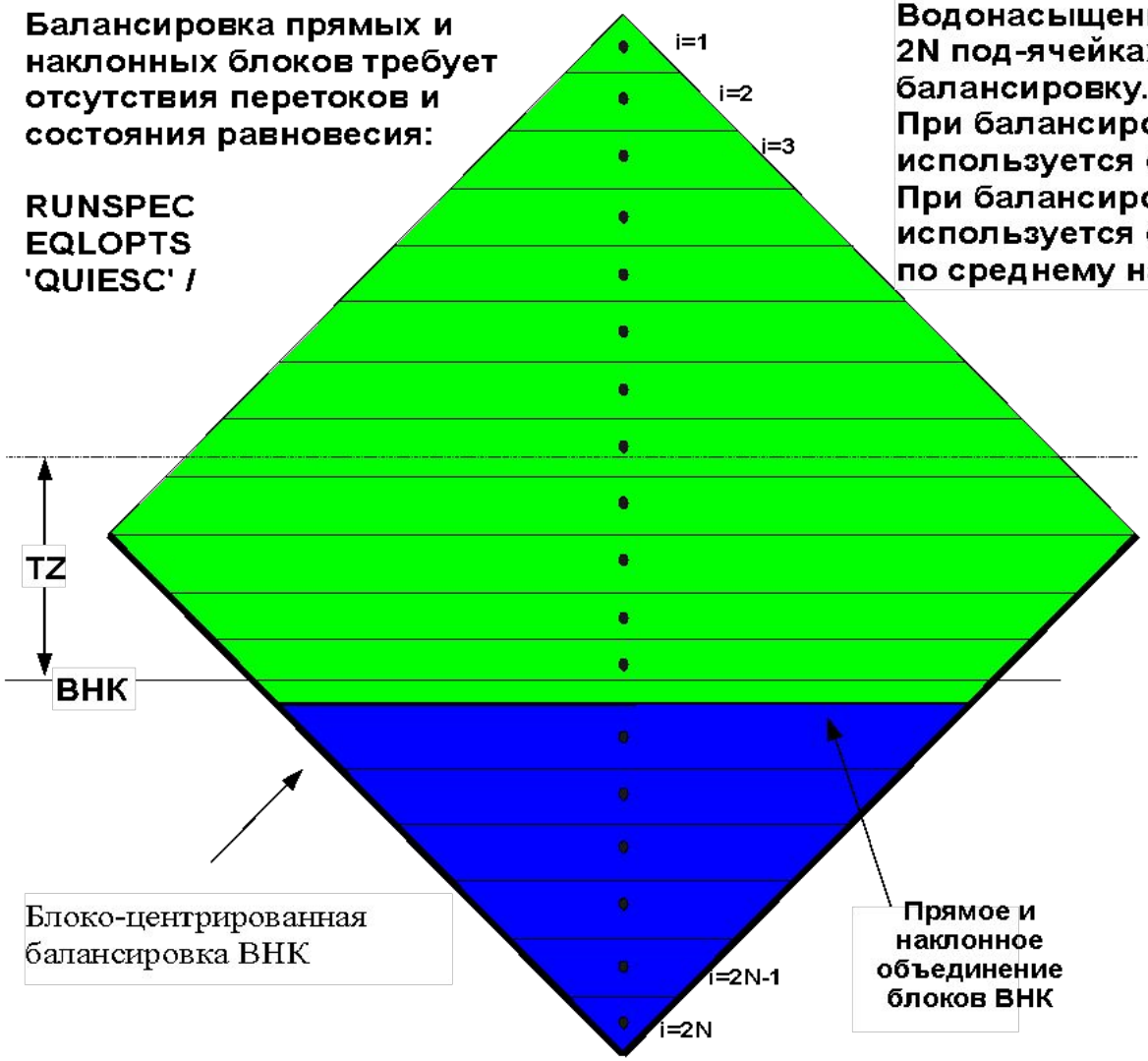
Schlumberger

Балансировка прямых и наклонных блоков

Балансировка прямых и наклонных блоков требует отсутствия перетоков и состояния равновесия:

RUNSPEC
EQLOPTS
'QUIESC' /

Водонасыщенность рассчитывается в 2N под-ячейках используя балансировку.
При балансировке прямого блока используется среднее насыщение
При балансировке наклонного блока используется объем пор, взвешенный по среднему насыщению



Level:

$$S_w = \frac{1}{2|N|}\sum_{i=1}^{2|N|} S_{w_i}$$

$N < 0$

Tilted:

$$Sw = \frac{1}{2|N|}\frac{\sum_{i=1}^{2|N|} PV_i S_{w_i}}{\sum_{i=1}^{2|N|} PV_i}$$

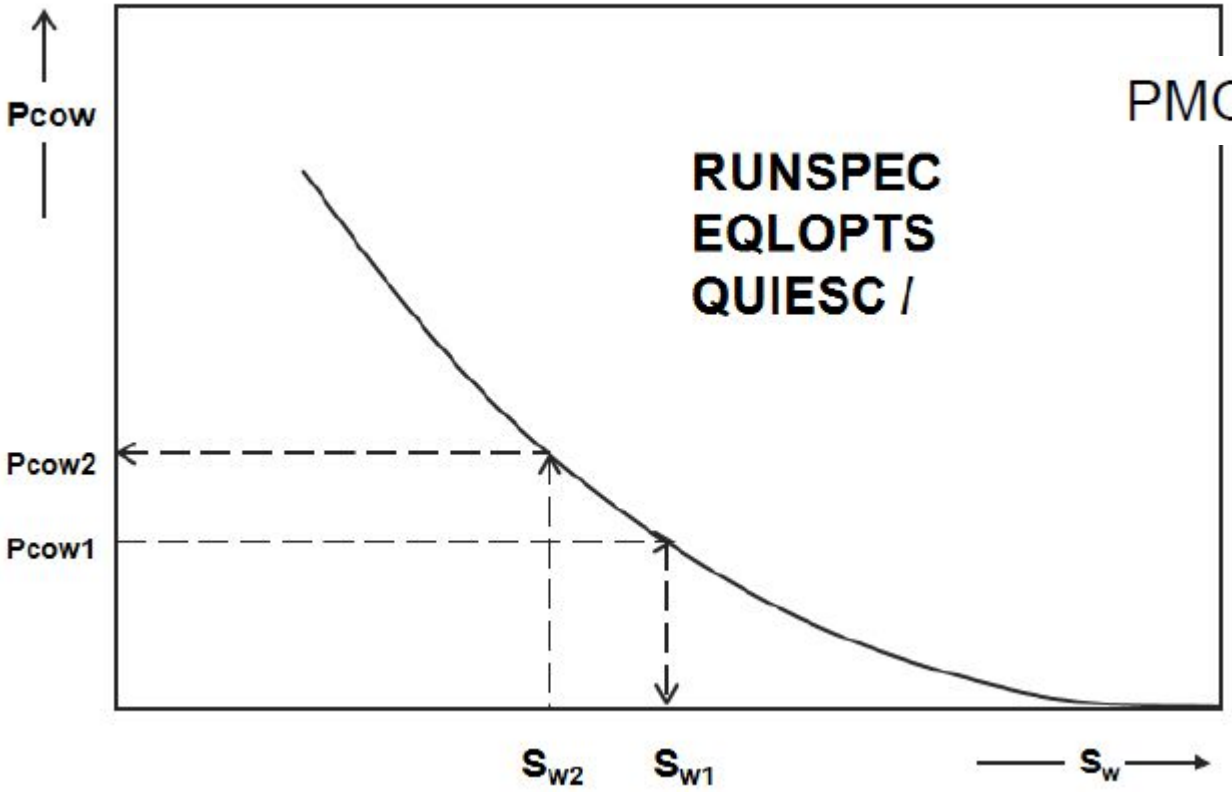
$N > 0$

EQUIL(9=N

ECL ECLIPSE

Schlumberger

QUIESCENCE



PMODW=(Pcow2-Pcow1)

$P_{wat} = P - P_{cow} + PMODW.$

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Mobile Fluid Correction

A. Oil saturation from fine scale equilibration:

$$So = (A+B)/V$$

B. Immobile oil saturation (from saturation tables):

$$SOWCR = (B+C)/V$$

C. Resulting mobile oil saturation:

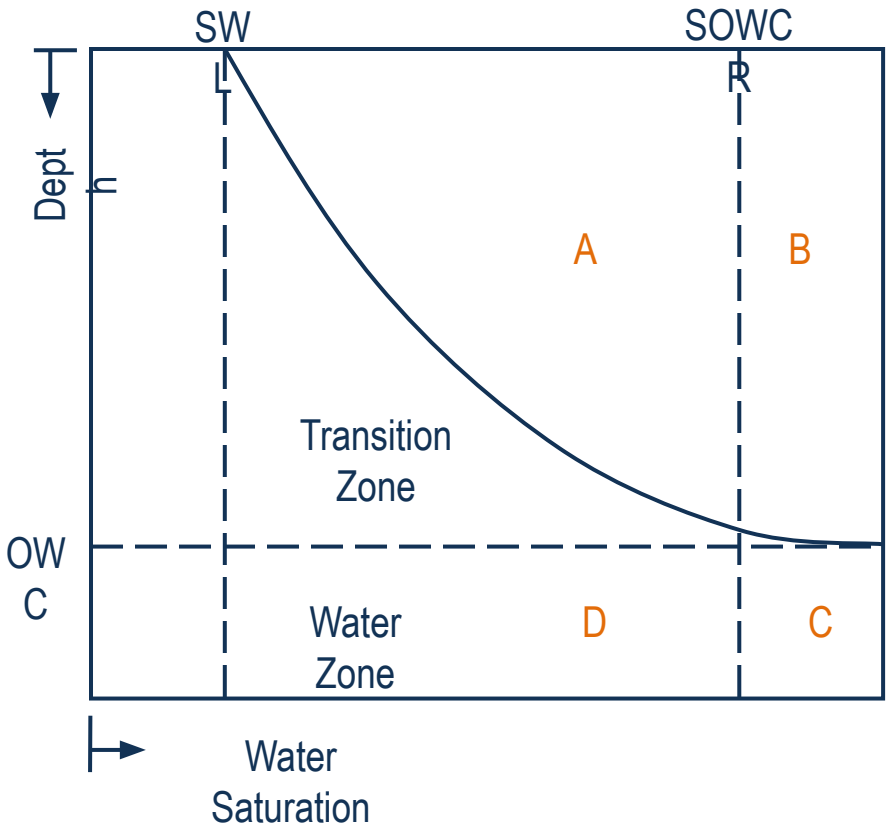
$$Somob = (A-C)/V$$

D. Correct mobile oil saturation is:

$$Somob = A/V$$

Mobile fluid correction activated by:

```
EQLOPTS
  MOBILE    /
```



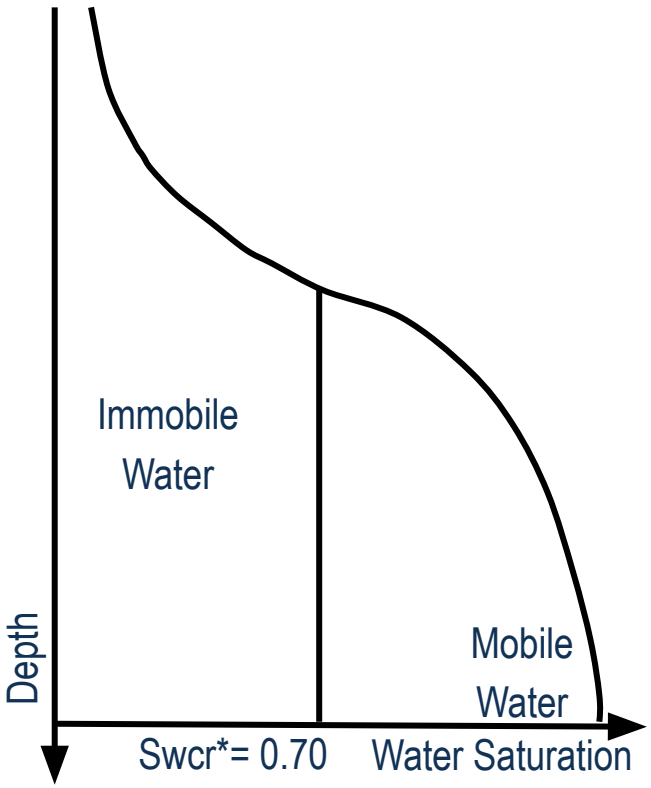
ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Переходная зона

1. TZONE в PROPS.
2. Задайте лимит (Swcr*) с SWCR.

```
TZONE
  F  T  F
/
EQUALS
   SWCR
0.70 /
/
```



ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Начальное распределение воды

Часто имеется распределение начальной водонасыщенности **НО** необходим EQUIL для расчета давления и насыщенностей др. фаз:

1. Введите таблицы насыщенностей как обычно, с ненулевым Pcow
2. Введите начальную водонасыщенность используя SWATINIT в секции PROPS
3. Введите ключевое слово EQUIL как обычно

ECLIPSE **масштабирует Pcow** для заданных начальных водонасыщенностей (SWATINIT)

4. PPCWMAX ограничит максимальное масштабированное значение давления

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Зависимость свойств пластовых флюидов от глубины

- Используется для расчета плотности
- Требуется как часть уравнения состояния нефтяной и газовой фаз
  - Концентрация растворенного газа, Rs или RSVD
  - Концентрация растворенной нефти, Rv или RVVD
  - Точка насыщения и/или точка росы от глубины, PBVD и/или PDVD

Перезапуски (restart)

- Условия в конце инициализации устанавливаются как стартовые
- Зачем беспокоится о начальных насыщенностях и давлениях?
- Перезапуски экономят время!

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Перечисление

- Начальные условия могут быть заданы явно
- Это подходит для неравновесных ситуаций
- Ключевые слова PRESSURE, SWAT, SGAS, RS, RV
- Каждый массив задает явные значения для каждой ячейки

Управление выводом результатов

RPTSOL

‘SOIL’ /

- Вывод в табличном виде в PRT файл

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

NExT
A Schlumberger Company

Моделирование водоносных пластов

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Моделирование водоносных пластов

- ECLIPSE Blackoil позволяет моделировать водоносные пласты следующих типов:
  - Численный
  - Аналитический
    - Картера-Трейси (Carter-Tracy)
    - Фетковича (Fetkovich)
  - Постоянного притока

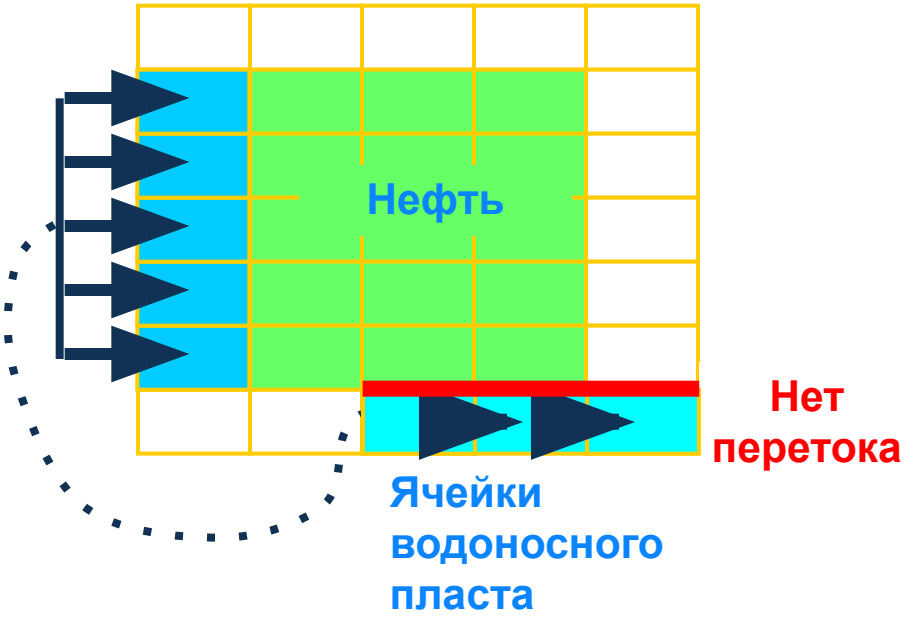
ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Численный

- Определяются ячейки ниже ВНК и не связанные с залежью (AQUNUM)
- Присоединяются к модели пласта (AQUCON)
- Оставляется ряд водонасыщенных ячеек между водоносным пластом и залежью

```
GRID
AQUNUM
--Aq#  I  J  K   Area  Length  Φ
  1    3  7  1   1E2    1E2    03  /
  1    4  7  1   1E4    1E3    03  /
  1    5  7  1   1E6    1E4    03  /

AQUCON
--Aq#  I1  I2  J1  J2  K1  K2  Face
   1   1   1   2   6   1   1   'I-'  /
```



ECL ECLIPSE

Schlumberger

Феткович (Fetkovich)

- Модель Фетковича основана на уравнениях коэффициента продуктивности псевдо-установившегося режима (ПУР)
- Эта модель подходит для небольших водоносных пластов, быстро достигающих ПУР
- В секции SOLUTION:
  1. Определяются их свойства (AQUFETP)
  2. Задается связь с моделью пласта через ячейки (AQUANCON)

Картер-Трейси (Carter-Tracy)

- Модель Картера-Трейси задается через табличную функцию безразмерного давления P_D от безразмерного времени t_D, определяющую приток из законтурной области
- В секции SOLUTION:
  1. Определяются свойства (AQUCT)
  2. Задается табличная функция давления (AQUTAB)
  3. Задается связь с моделью пласта через ячейки (AQUANCON)

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Постоянного притока

- Дебит задается напрямую инженером по формуле:

$$Q_{ai} = F_a A_i m_i$$

F_a переток
A_i площадь сечения присоединенных ячеек
m_i множитель на переток

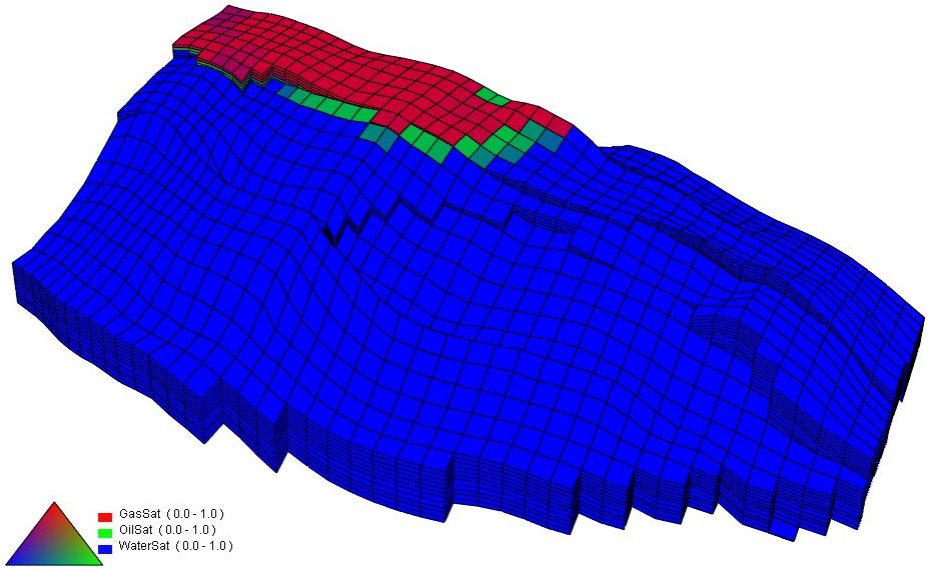
- Дебит может быть отрицательным (переток **в** законтурную область)
- Дебит можно менять в секции SCHEDULE
- В секции SOLUTION :
  1. Определяются свойства (AQUFLUX)
  2. Задается связь с моделью пласта через ячейки (AQUANCON)

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Grid Cell Aquifer

- Модель распространяется в водяную зону.
- Не требуется дополнительных ключевых слов.



ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Секция SUMMARY

Назначение секции SUMMARY

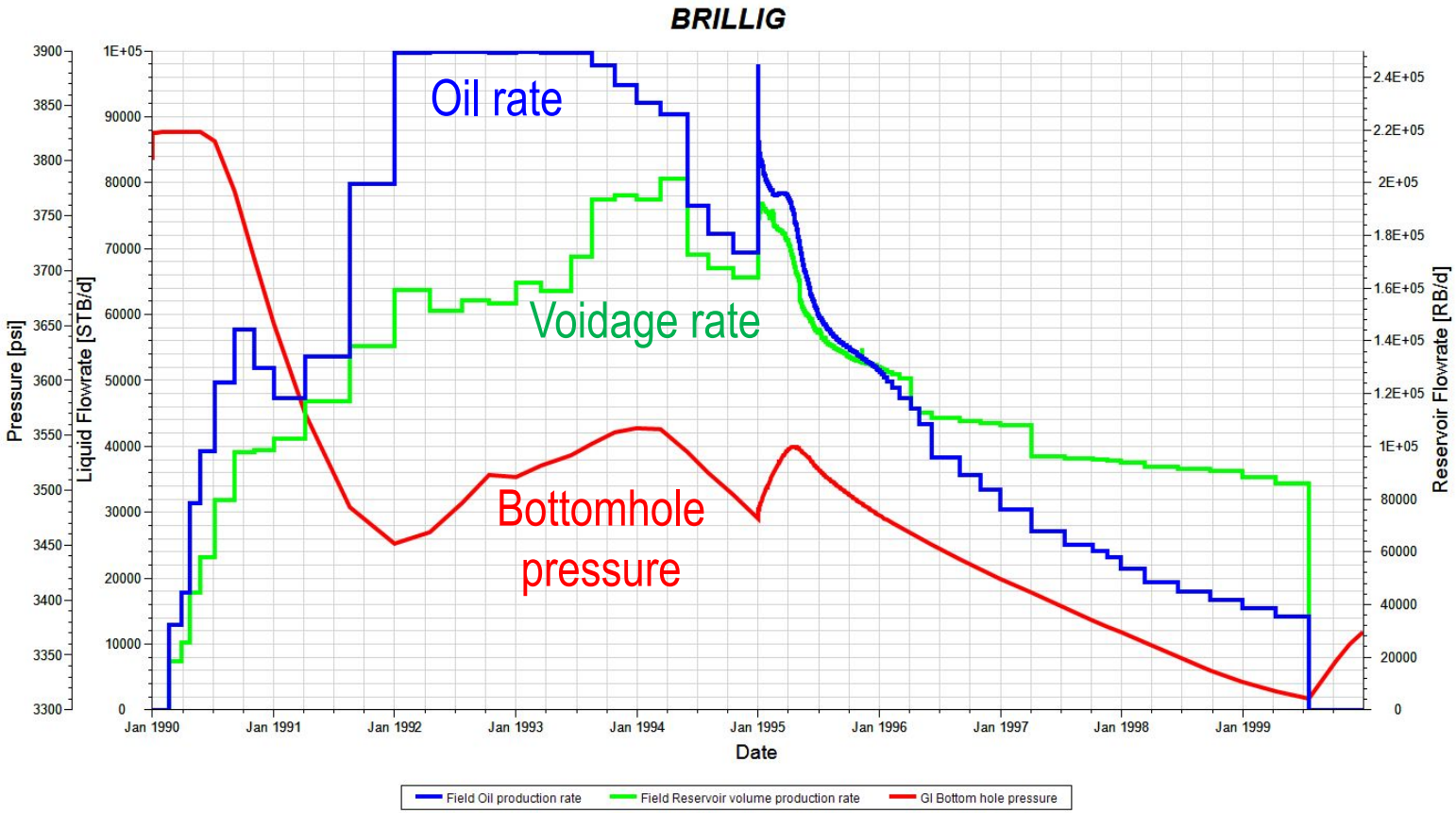
- Определение переменных, которые нужно записать в summary файлы после каждого временного шага
- Графическое отображение этих переменных в Petrel, Office
- Секция опциональна: Если она отсутствует, summary файлы не создаются

  Примеры:
  - FOPT (накопленная добыча нефти по месторождению)
  - WWCT (обводненность по скважине)

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Просмотр SUMMARY векторов



ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Секция SCHEDULE
История

NEXT
A Schlumberger Company

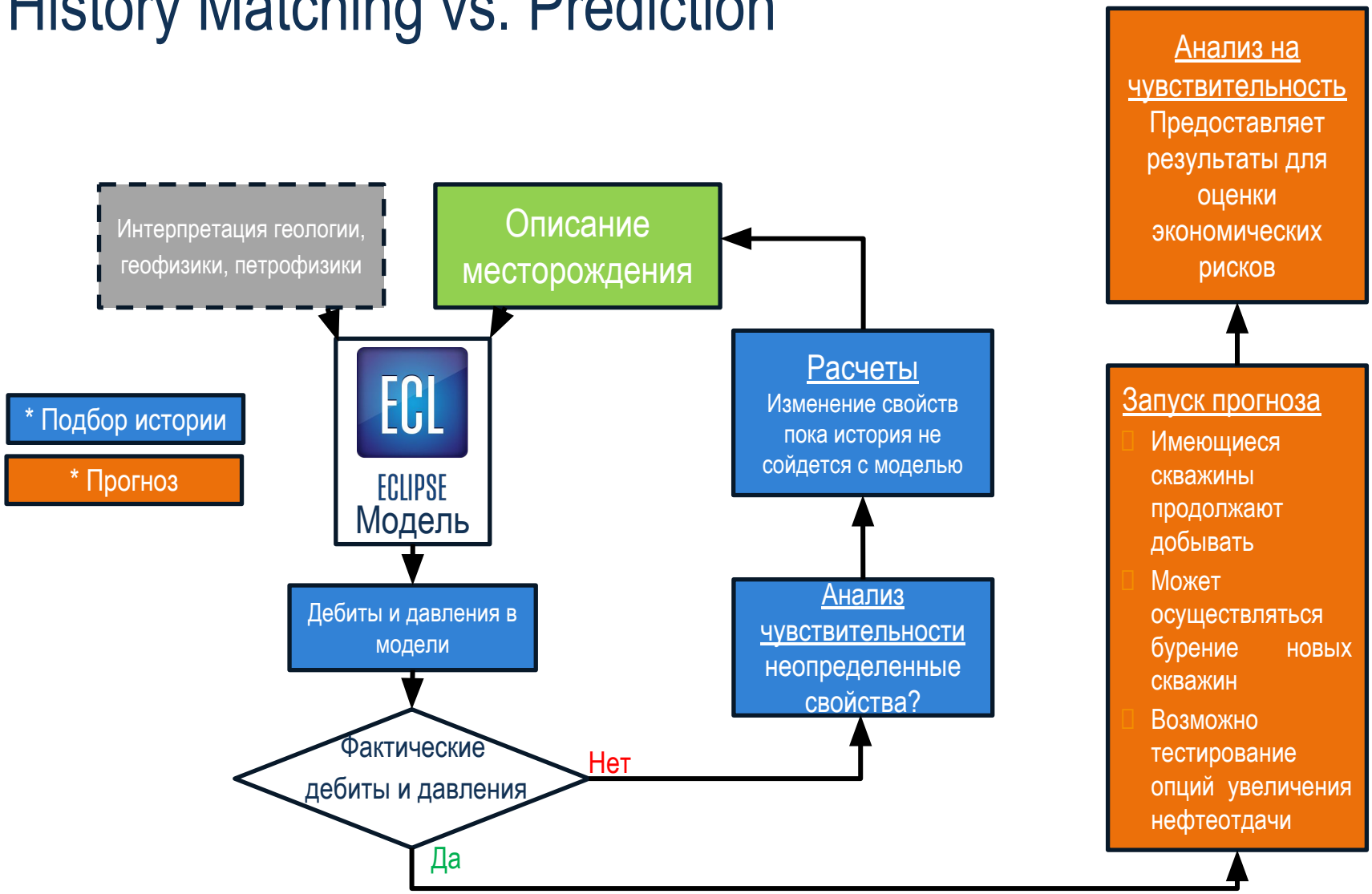
ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Назначение Секции SCHEDULE

- Секция SCHEDULE используется для:
  - Моделирования режимов работы скважин
  - Задания временных шагов (TSTEP, DATES)
  - Контроля параметров сходимости
- Секция SCHEDULE используется в двух режимах:
  - Подбор истории – данные по имеющимся скважинам и добыче/закачке
  - Прогноз – режимы управления, новые скважины, экономические ограничения

History Matching vs. Prediction



ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Задание Истории в Секции SCHEDULE

- Определите необходимые данные для вывода
- Задайте данные по скважинам, VFP таблицам, заканчиванию скважин и дебиты
- Определите следующую дату и задайте:
  - Фактические дебиты скважин
  - Ремонтные работы

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

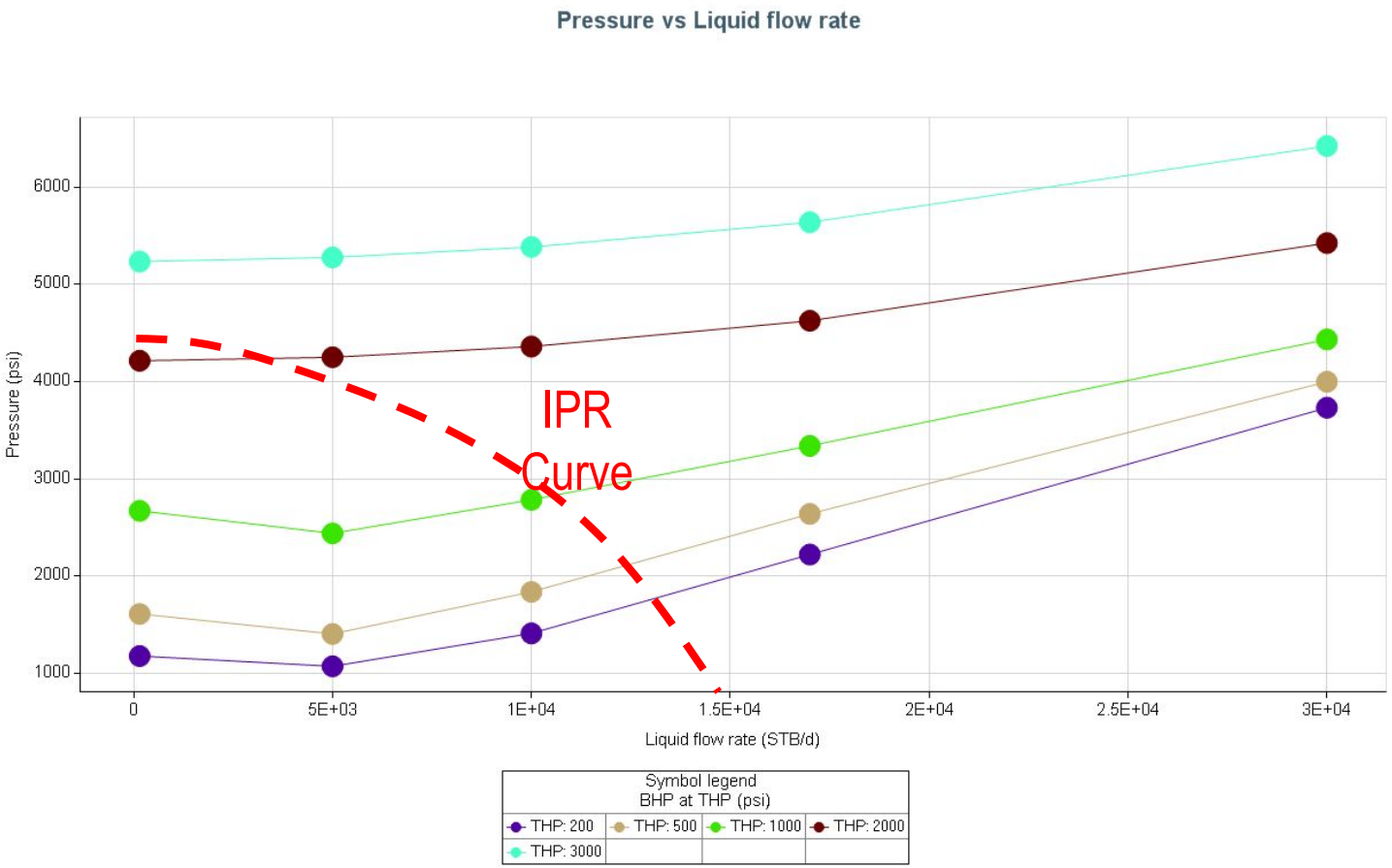
Задание VFP Кривых

- Таблица VFP – это таблица зависимости BHP от FLO, THP, WFR, GFR и ALQ
  - FLO – дебит нефти, жидкости или газа
  - THP – устьевое давление
  - WFR – водонефтяной или водогазовый фактор, обводненность
  - GFR – газожидкостный фактор, отношение нефть/газ или газ/нефть
  - ALQ – переменная, используемая для введения дополнительного параметра, например, при использовании опции оптимизации газлифта
- Petrel, PIPESIM – используются для генерации данных этого ключевого слова

ECL ECLIPSE

Schlumberger

Использование Таблиц VFP



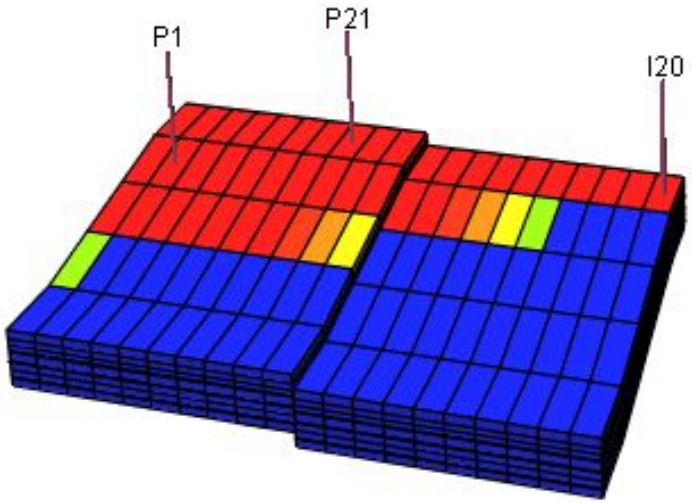
ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Ввод Скважин: WELSPECS

- Вводит новую скважину и задает базовые данные для нее
- Это ключевое слово является **обязательным**
  - Скважина должна быть определена до того, как на нее будут ссылаться далее

```
WELSPECS
--имя  группа I J refD phase
  P1     G    2 2  1*  OIL  /
  P21    G    8 1  1*  OIL  /
  I20    G   20 1  1*  WAT  /
 /
```



WELSPECS

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

The Well Model

$$q_{p,j} = T_{wj} M_{p,j} (P_j - P_w - H_{wj})$$

Flow $_{\text{phase, connection}}$

Nodal Pressure$_{\text{connection}}$ – BHP – Head$_{\text{connection to datum}}$

Mobility$_{\text{phase,connection}}$

Transmissibility$_{\text{connection}}$

$$T_{wj} = \frac{c \cdot Kh}{\ln(r_o / r_w) + S}$$

$$M_{o,j} = \frac{k_{o,j}}{\beta_{o,j} \cdot \mu_{o,j}} + R_v \frac{k_{g,j}}{\beta_{g,j} \cdot \mu_{g,j}}$$

$$M_{g,j} = \frac{k_{g,j}}{\beta_{g,j} \cdot \mu_{g,j}} + R_s \frac{k_{o,j}}{\beta_{o,j} \cdot \mu_{o,j}}$$

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Peaceman radius and Transmissibility

$$CCF = \sqrt{T_x^2 + T_y^2 + T_z^2}$$

$$ro_x = 0.28 \cdot \frac{\sqrt{D_z^2 \sqrt{\left(\frac{K_y}{K_z}\right)} + D_y^2 \sqrt{\left(\frac{K_z}{K_y}\right)}}}{\left(\sqrt[4]{\frac{K_y}{K_z}}\right) + \left(\sqrt[4]{\frac{K_z}{K_y}}\right)}$$

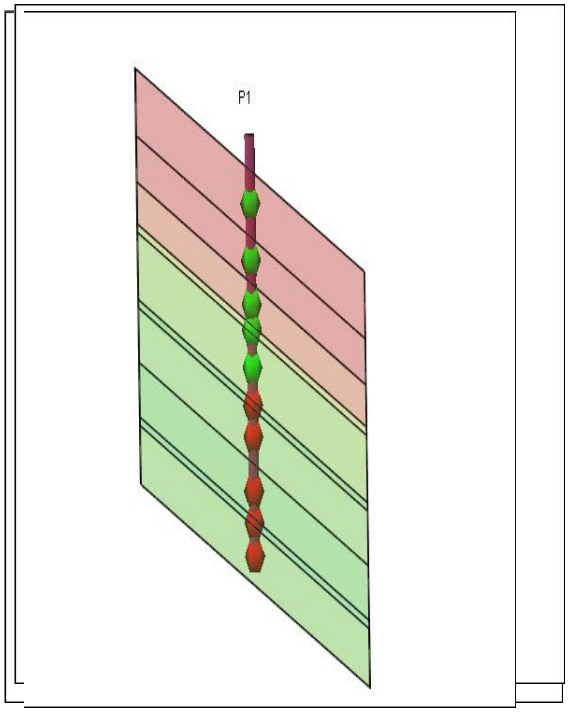
ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Данные о Вскрытии Скважин: COMPDAT

- Используется для задания местоположения вскрытий, а также параметров для них

```
COMPDAT
--nm  I J Ku Kl status sat CF Dwell Kh S
 P1   2* 1 10  OPEN  1* 1* 0.583 /
 P21  2* 1 10  SHUT  1* 1* 0.583 /
/
```



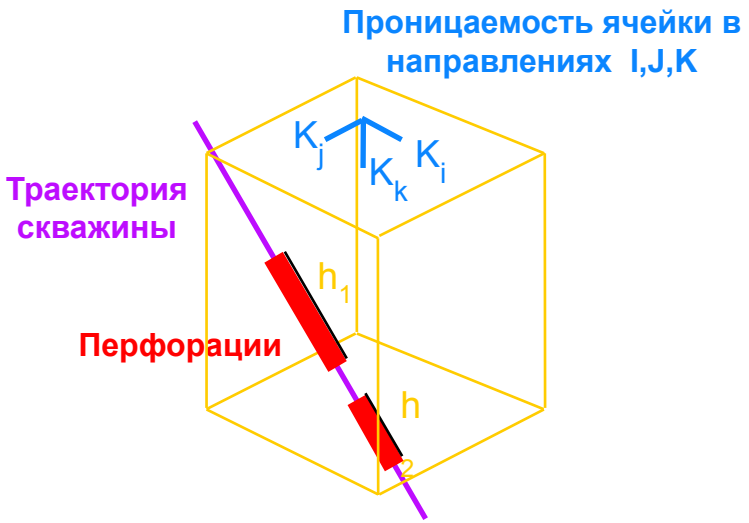
COMPDAT

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

COMPDAT, пункт 8: Коэффициент Соединения

– Трехчастная формула Писмана с представлением в полной векторной форме с учетом:
  - Ориентации скважины
  - Проницаемости ячеек сетки
  - Частичного вскрытия ячейки



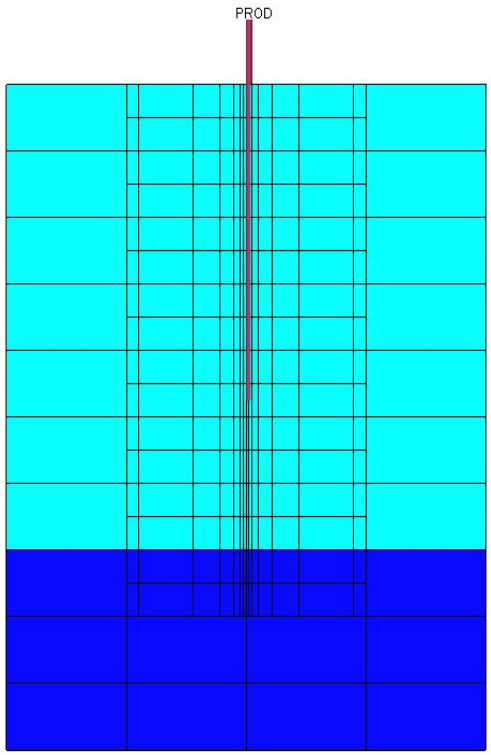
COMPDAT

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Заканчивание Скважин в Локальных Измельченных Сетках

- Процедура схожа с обычным заканчиванием
- Введите скважину - WELSPECL
- Задайте соединения для скважины – COMPDATL




```
WELSPECL
--Well  Grup  LGR   I  J  Depth  Phase
  PROD  GRP1  RAD4  1  1   1*    OIL /
/
COMPDATL
--Well  LGR   I  J  K1 K2  Stat  Diam  Dir
  PROD  RAD4  1  1   3 10  OPEN 2* 0508 3*
Z /
  PROD  RAD4  1  2   3 10  OPEN 2* 0508 3*
Z /
  PROD  RAD4  1  3   3 10  OPEN 2* 0508 3*
Z /
  PROD  RAD4  1  4   3 10  OPEN 2* 0508 3*
Z /
/
```

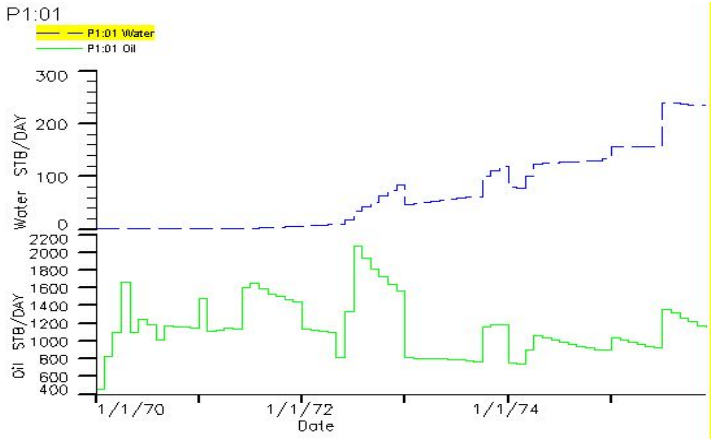
Важно: Скважина может быть закончена только в одном LGR (используйте AMALGAM)
Скважина не может быть закончена и в общей сетке и в LGR

ECL ECLIPSE

Schlumberger

Исторические Дебиты: WCONHIST

- Используется для задания фактических дебитов скважин при воспроизведении истории
- Режимы управления: ORAT, WRAT, GRAT, LRAT, RESV
- WCONINJH – аналог WCONHIST для нагнетательных скважин




```
DATES
 1 'FEB' 1970 /
/
WCONHIST
--nm stat ctl-by  oil   wat   gas
 P1  OPEN  ORAT  8223  058  61225  /
/
```

Повторяется для каждой даты…

ECL ECLIPSE

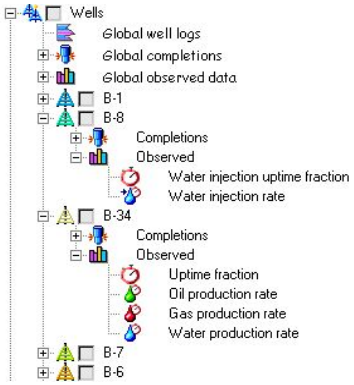
Schlumberger

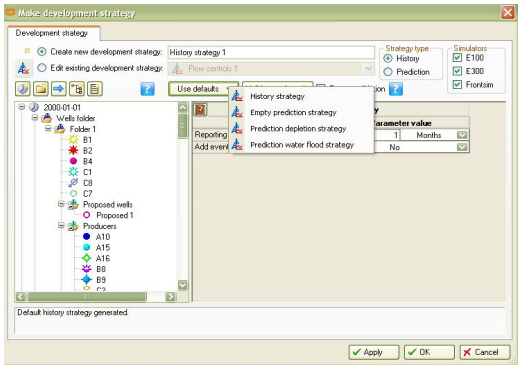
Подбор Истории в Petrel

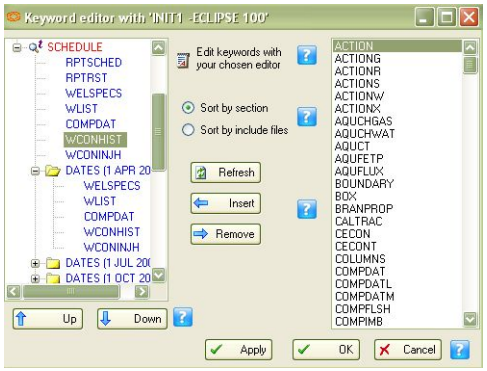
- **Загрузка:**
- **- Инклинометрии**
- **- Заканчиваний**
- **- Перфораций**
- **- ремонтных работ**

- **Данные по закачке/нагнетанию**

- **Выгрузка**
- **Ключевые слова секции SCHEDULE**







ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Временные шаги моделирования

DATES
1 JAN 1998 / Моделирование до 01/01/98
1 JUN 1998 / Моделирование до 01/06/98

TSTEP
1 / Временной шаг 1 день

TSTEP
0.2 / Временной шаг 0.2 дня

END Завершение моделирования

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Проведение Ремонтных Работ

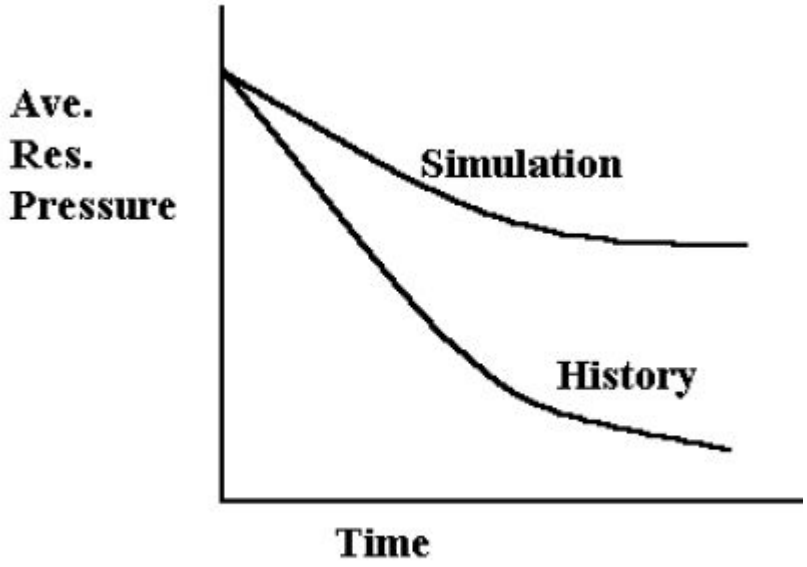
- WELOPEN
  - Используется для открытия и закрытия скважин в заданное время
- COMPDAT
  - Используется для модификации данных о вскрытии скважины для моделирования гидроразрыва пласта, тампонирования
- WELPI, WPIMULT
  - Изменяет коэффициент продуктивности (PI)

Контроль Вывода

- Для вывода в **PRT** файл:
  - RPTSCHED
    - Можно запросить вывод свойств
- Для вывода а **Restart** файл:
  - RPTRST
    - Можно запросить вывод свойств
    - Можно задать частоту вывода
    - Может использоваться для перезапусков и 3D постпроцессоров

History matching adjustments

Simulation field pressure too high

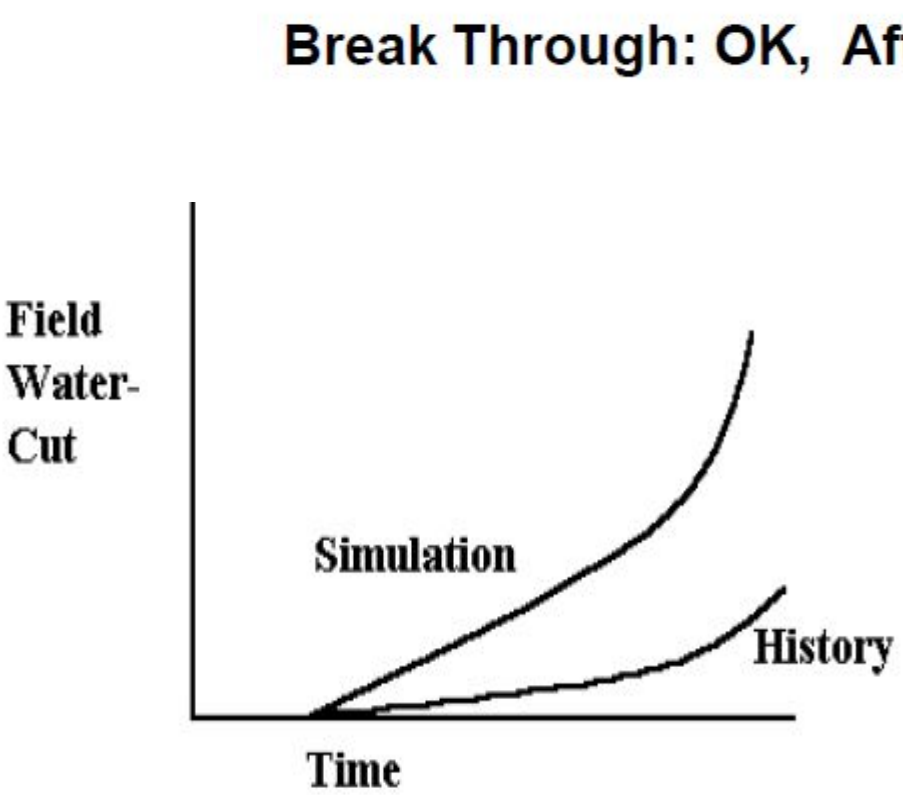


- Pore volume?
- Aquifer?
- Energy (gas cap size)?

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

History matching adjustments



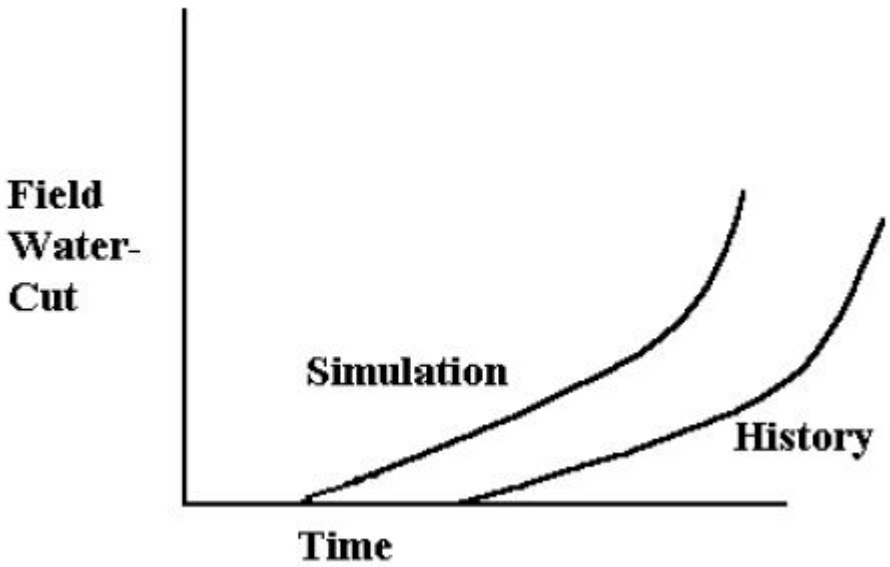
- Krw/Kro ratio decrease?

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

History matching adjustments

Water BT too early, After BT slope - OK



- Shale or barrier b/w wells and water?
- Numerical dispersion/Grid effect?
- etc.

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Peaceman radius and Transmissibility

$$CCF = \sqrt{T_x^2 + T_y^2 + T_z^2}$$

$$ro_x = 0.28 \cdot \frac{\sqrt{D_z^2 \sqrt{\left(\frac{K_y}{K_z}\right)} + D_y^2 \sqrt{\left(\frac{K_z}{K_y}\right)}}}{\left(\sqrt[4]{\frac{K_y}{K_z}}\right) + \left(\sqrt[4]{\frac{K_z}{K_y}}\right)}$$

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

History Matching

Pressure match

- Run the model under reservoir voidage control
- Examine the overall pressure levels, adjust the pore volume/aquifer properties to match overall pressure
- Match the well pressures, modify local PVs/aquifers to match overall pressures; modify local transmissibility to match pressure gradient

History Matching

Saturation match

- Normally attempted once pressures matched
- Most important parameters are rel. perm. curves and permeabilities
- Try to explain the reasons for the deviations and act accordingly
- Changes to rel. perm. tables should affect the model globally
- Changes to permeabilities should have some physical justification
- Consider the use of well pseudos
- Assumed layer KH allocations may be incorrect (check PLTs, etc.)

Секция SCHEDULE: Прогноз

Назначение Секции SCHEDULE

- Секция SCHEDULE используется для:
  - Моделирования режимов работы скважин
  - Задания временных шагов (TSTEP, DATES)
  - Контроля параметров сходимости
- Секция SCHEDULE используется в двух режимах:
  - Подбор истории – данные по имеющимся скважинам и добыче/закачке
  - Прогноз – режимы управления, новые скважины, экономические ограничения

Прогноз в Секции SCHEDULE

- Задайте частоту вывода
- Определите скважины, VFP таблицы, данные о вскрытиях
- Задайте группы
- Контроль над группами/скважинами, экон. ограничения, ремонты и т.д.
- Задайте временные шаги
- Окончание прогноза

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Режим Управления Добычей: WCONPROD

```
WCONPROD
--nm status ctl-by  Oil  Wat  Gas Liq Liq_Res  BHP   THP   VFP#
  'P*' OPEN  ORAT  4000 2000  1*  1*    1*    3000  1*    1* /
```

1. P1 находится под управлением дебитом нефти…
2. P1 перешла под управление забойным давлением (BHP)…
3. P1 переключилась под управление дебитом воды…

Для нагнетательных скважин – <u>WCONINJE</u>

ECL ECLIPSE

Schlumberger

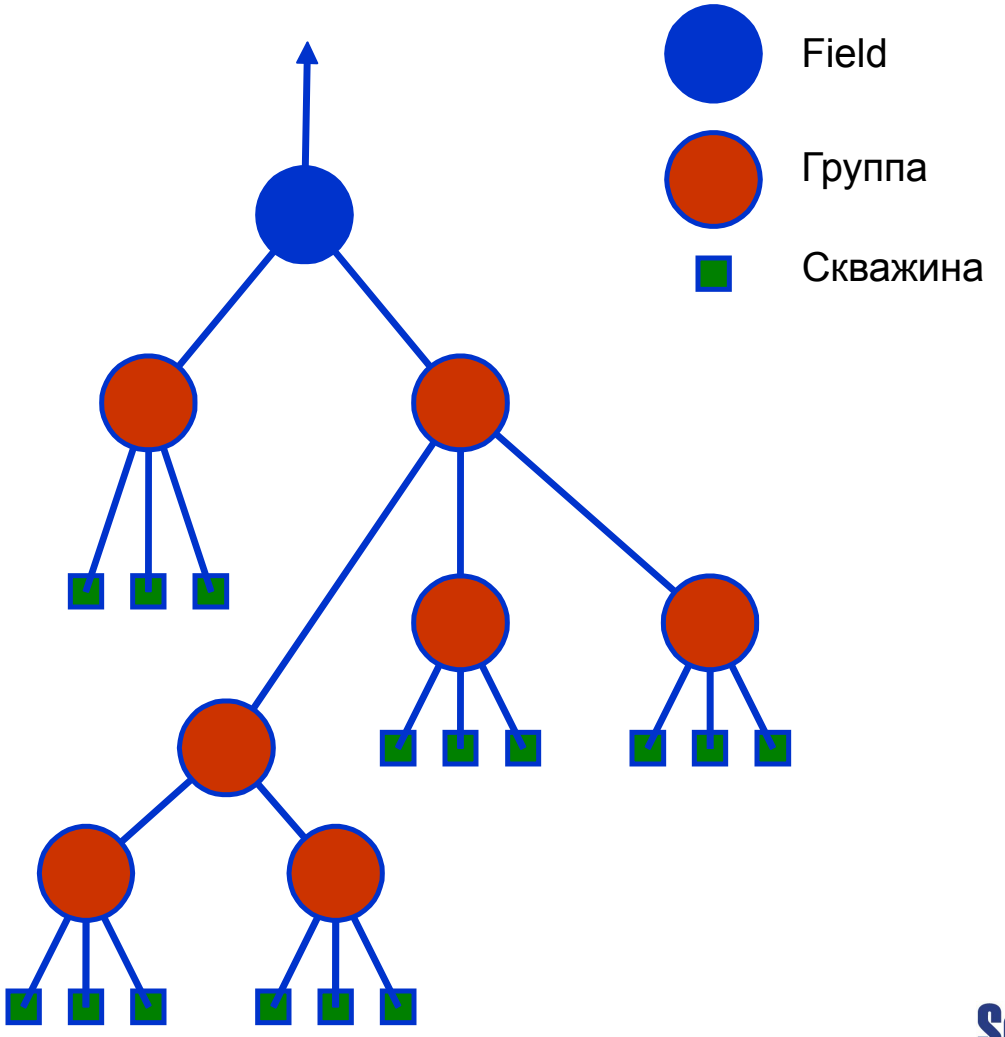
Режим Группового Контроля

- Групповое управление используется для воспроизведения промысловых работ
- Примеры:
  - Платформа A имеет заданную мощность системы водоснабжения (GCONPROD)
  - Схема компенсации отбора применяется для Блока C (GCONINJE)
  - Для поддержания производительности трубопровода, Компания D будет бурить скважины всякий раз, когда добыча будет падать ниже целевого значения дебита

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

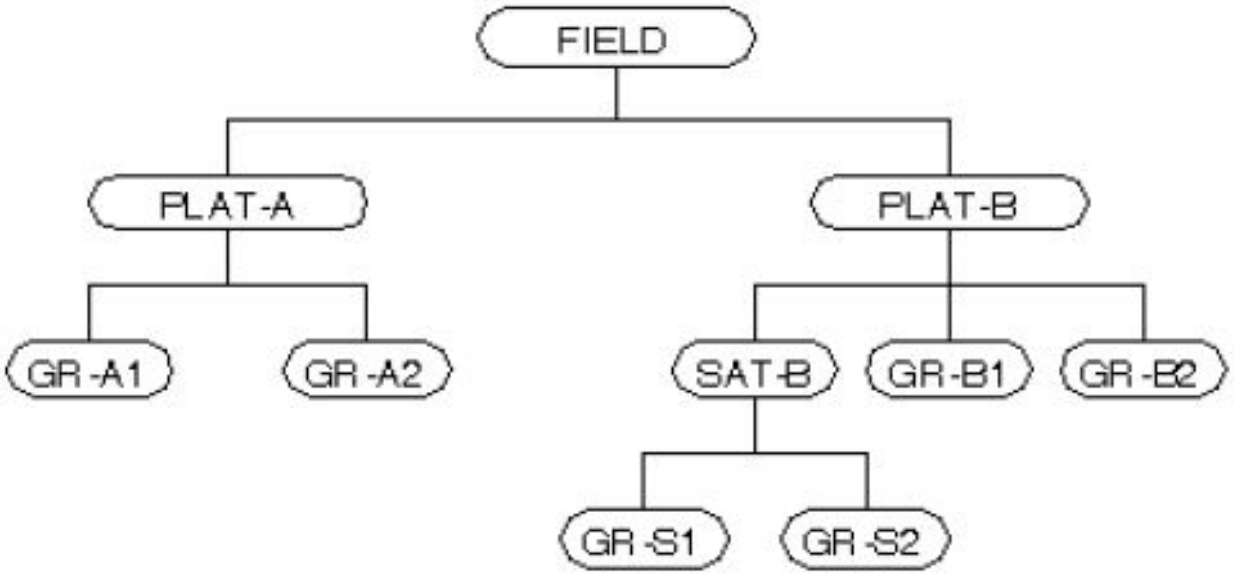
Групповой контроль за добычей



ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Создание иерархии групп: GRUPTREE




```
GRUPTREE
-- child   parent
GR-A1   PLAT-A   /
GR-A2   PLAT-A   /
GR-B1   PLAT-B   /
GR-B2   PLAT-B   /
SAT-B   PLAT-B   /
GR-S1   SAT-B    /
GR-S2   SAT-B    /
/
```

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Ключевое слово GCONPROD

GCONPROD

-- 1	2	3	4	5
-- Имя	Режим	Дебит	Дебит	Дебит
-- группы	управления	нефти	воды	газа
FIELD	PRBL	5000	2000	5000

-- 6
-- Дебит
-- жидкости
5000

....

- ORAT
- WRAT
- GRAT
- LRAT
- RESV

-- 14
-- Дебит в пласт.
-- условиях
6000

15
Доля
отбора
1

/

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Ключевое слово GCONINJE

GCONINJE

--1 --Имя --группы --	2 Фаза	3 Режим управления	4 Приемистость в пов. условиях	5 Полная приемистость в пласт. условиях
FIELD	WAT	VREP	4000	5000

--6 --Доля --обратной -- закачки	7 Доля компенсации полного отбора
1	1 /

/

- RATE
- RESV
- REIN
- VREP

ECL ECLIPSE

Schlumberger

Задание Экономических Ограничений

- Экономические ограничения для месторождения/группы (GECON)
- Экономические ограничения для скважины (WECON)
- Экономические ограничения для отдельных соединений (CECON)
- Экономические ограничения действуют в случаях, когда:
  - Дебит нефти падает ниже своего предела
  - Обводненность превышает свое ограничение
  - Газовый фактор превышает свое ограничение

Экономические ограничения на скважины

```
WECON
--1          2            3            4                5
--Имя        Мин. дебит   Мин. дебит   Макс.            Макс.
--скважины   нефти        газа         обводненность    GOR

  'P*'       1000         1*           0.5              1*

--6          7
--Макс.      Операция
--WGR        ремонта

  1*         CON          /
/
```

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Пример задания группового контроля

SCHEDULE

```
WCONPROD
-- Name    Status    Ctrl    Oil    Water Gas    Liq    Resv   BHP
   PROD1    OPEN    GRUP    1*      1*     1*    5000    1*     250 /
   PROD2    OPEN    GRUP    1*      1*     1*    5000    1*     250 /
   PROD3    OPEN    GRUP    1*      1*     1*    5000    1*     250 /
/
WCONINJE
-- Well  Type    Status   Ctrl    Rate    Resv   BHP
   GINJ   GAS    OPEN    GRUP    1*       1*    3035 /
/
GCONPROD
-- Group    Ctrl      Oil
   FIELD  ORAT 15000 /
/

GCONINJE
-- Group  Phase  Ctrl   Rate    Resv     Rein
   FIELD    GAS  REIN   1*       1*      1.0      /
/
TSTEP
30*30 /
```

Скважины находятся под групповым контролем

Газонагнетательная скважина находится под групповым контролем

Групповой контроль для добывающих скважин

Групповой контроль для нагнетательных скважин:

Обратная закачка

ECL ECLIPSE

Schlumberger

Автоматические Ремонтные Работы

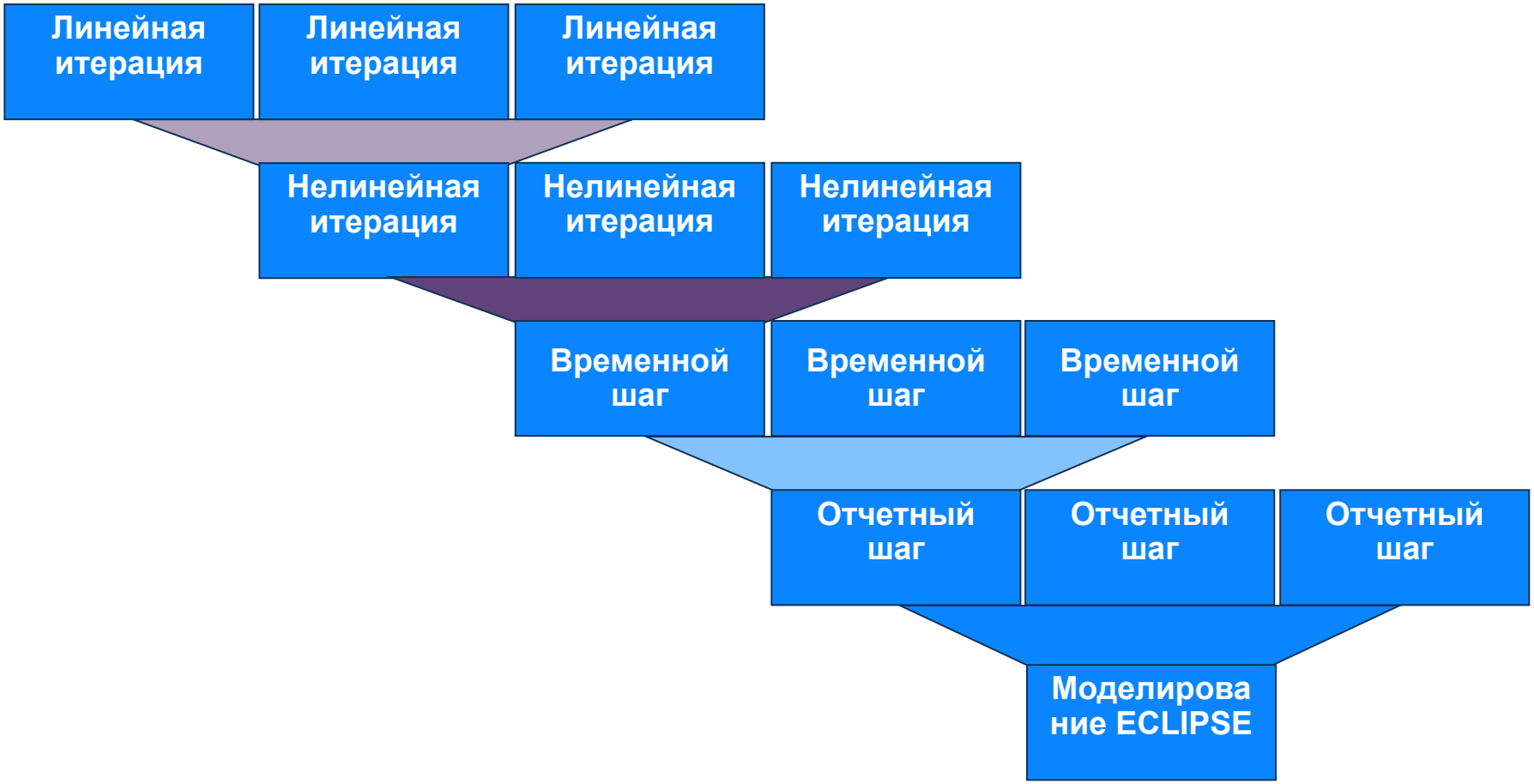
- Вызываются:
  - Ключевыми словами, задающими экономические ограничения (WECON, WECONINJ)
  - Максимальным ограничением в GCONPROD
- Примеры:
  - Тампонирование скважин (WPLUG)
  - Смена труб, добавление насосов/газлифтов (т.е. изменение VFP таблицы) (WLIFT)
  - Сокращение дебита для добывающих и нагнетательных скважин (WCUTBACK)

Сходимость

Цель Модуля

- Сходимость уравнений, использующихся в моделировании, влияет на:
  - Точность результатов
  - Скорость моделирования
- Установление проблем сходимости и их устранение – важная часть процесса моделирования

Уменьшение Времени Моделирования

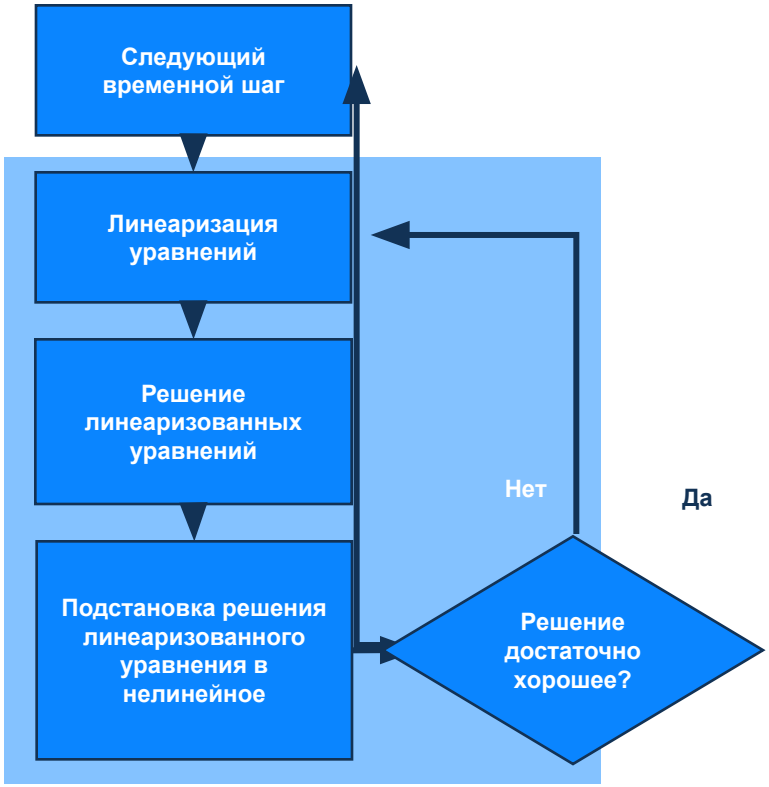


ECL
ECLIPSE

Schlumberger

Что Такое «Сходимость»?

- Для решения нелинейных уравнений ECLIPSE использует итерационный процесс, основанный на методе Ньютона



«Нелинейная итерация»

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

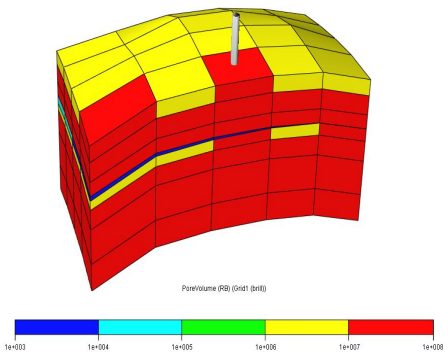
Ключевое Слово EXTRAPMS

- Выводит предупреждения о совершенных экстраполяциях PVT (или VFP) таблиц
- Если были предоставлены неполные PVT данные, ECLIPSE может экстраполировать PVT таблицы до неверных или нефизичных значений!

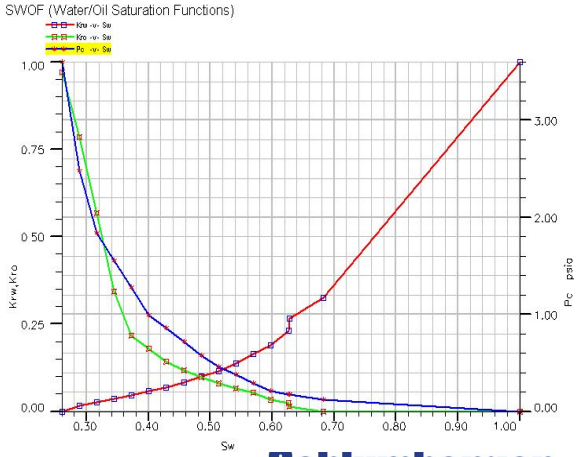
EXTRAPMS

Основные причины проблемных ситуаций

- Ошибка в исходных данных
  - Типографические ошибки (опечатки)
  - Специальные символы и пропущенные значения
- Геометрия сетки
  - Ячейки с маленьким поровым объемом граничат с ячейками с большим поровым объемом
- Некорректно заданные ОФП



Дезактивируйте с помощью MINPV!



ECL
ECLIPSE

Schlumberger

NEXT
A Schlumberger Company

END

ECL
ECLIPSE

Schlumberger

$$\mathrm{TRANX}_i = \frac{\mathrm{CDARCY} \cdot \mathrm{TMLTX}_i}{\dfrac{1}{T_i} + \dfrac{1}{T_j}} \qquad \text{Eq. 72.13}$$

where

$$T_i = \mathrm{PERMX}_i \cdot \mathrm{RNTG}_i \cdot \frac{A \cdot D_i}{D_i \cdot D_i}$$

with

$$(A \cdot D_i) = A_X \cdot D_{iX} + A_Y \cdot D_{iY} + A_Z \cdot D_{iZ}$$

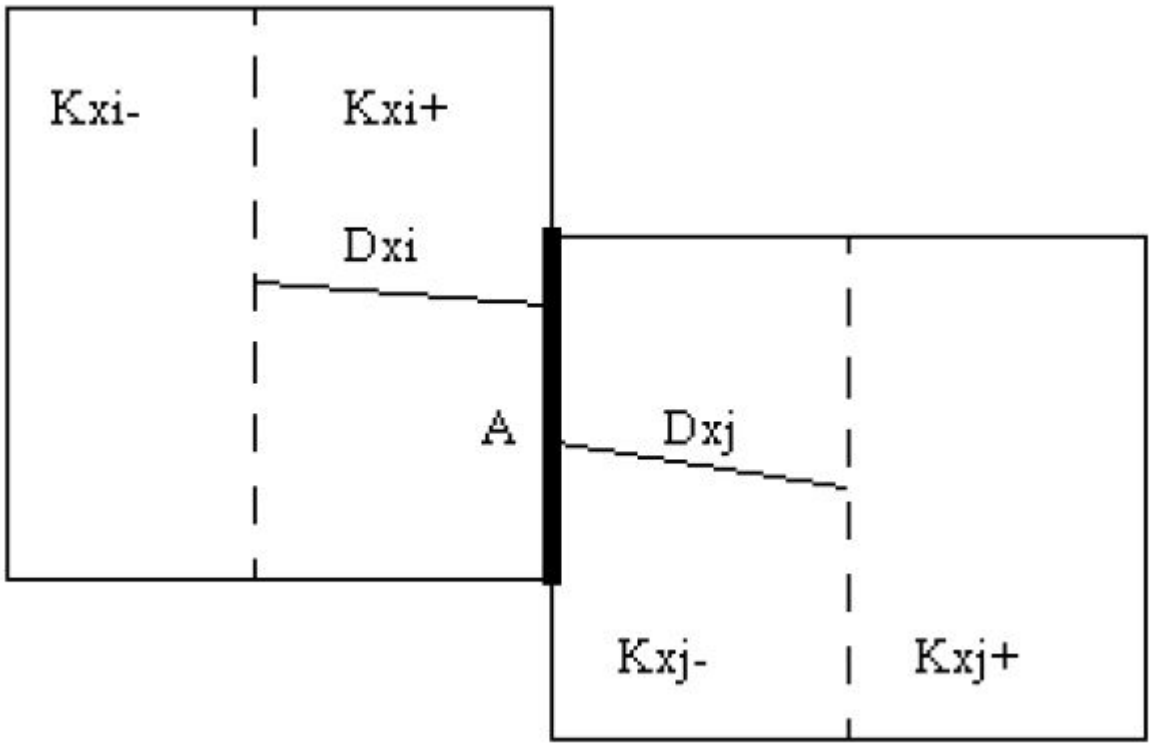
and

$$(D_i \cdot D_i) = D_{iX}^2 + D_{iY}^2 + D_{iZ}^2.$$

A_X, A_Y and A_Z are the X-,Y- and Z- projections of the mutual interface area of cell i and cell j (which need not be neighbors in the Cartesian indexing grid), and

D_{iX}, D_{iY} and D_{iZ} are the X-, Y- and Z-components of the distance between the center of cell i and the center of the relevant face of cell i, these centers being obtained as the appropriate average.

The expression for T_j is analogous.



ECL
ECLIPSE

Schlumberger