

**Rock Flow Dynamics** 

### Описание курса

Этот курс содержит три E300 и две STARS тестовые термические модели:

- Test13A\_simple закачка пара (модель E300)
- Test simple5 закачка пара (модель STARS)
- Test5\_SAGD Steam assisted gravity drainage тест (технология разработки тяжелой нефти, парогравитационный дренаж) (модель E300)
- THERM11\_FIX модель пластового горения с моделированием химических реакций (модель E300)
- Therm\_SPE11\_initmod модель пластового горения с моделированием химических реакций (модель STARS)



### Описание курса

tNavigator имеет общий ГУИ для black-oil, композиционных и термических моделей

Для композиционных (и термических композиционных моделей) присутствуют дополнительные карты и графики:

- Карты для каждого компонента: Молярная плотность, К-значения,
   Молярная доля нефти и Молярная доля газа
- 2. Шаблоны графиков:
- Ступень сепаратора Добычи газа, Добычи нефти
- Массовая и молярная добычи компонента
- Сумма по скважинам Массовой добычи нескольких компонент (компоненты могут быть сгруппированы любым способом: С1-С4, С5-С8 и т.д.)
- 3. Композиционный калькулятор (phase envelope)

<u>Для термических композиционных моделей дополнительно:</u>

Карты: Температура, Плотность энергии, Полная энергия, Теплопроводность блока, Теплопотери

Графики: Добыча пара (в Дебитах), Накопленный пар (в Накопл. показателях), Забойная температура, Устьевая температура (в Анализе)



Test13A\_simple Закачка пара. Модель в формате e300



### Закачка пара е300

Главное окно tNavigator. Файл. Открыть Выберите модель Test13\_simple/ Test13A\_simple.data Запустить расчет Карты. Куб. Рассчитанные карты: Температура, Плотность энергии, Теплопотери 5. Скважина INJ закачивает воду температурой 450F (массовое паросодержание – 0.7) ключевое слово WINJTEMP Запустить расчет 196 💠 16.07.1983 ▼ Авто, Синхронизация Информация Карта Гистограмма Основные настройки Карты Температура, F √ Пропорции по XY 412.95 Рассчитанные карты PNW Давление 340.90 **PSW** Температура ▼ Macuita6 no 7 268.85 Насыщенность нефтью Насыщенность водой 196.80 Насыщенность газом ■ 3Д оси 124.76 Тернарная диаграмма насыщеннос Компас 1 / Вязкость воды 1 / Вязкость нефти ▼ Показывать сетку 1 / Вязкость газа Каркас TEST13A SIMPLE.DATA Графики O. 341 342 WCONINJE Шаблоны графиков 343 --Well Type Init Rate Res BHP Заводнение 344 INJ WATER OPEN RATE 300 1\* 1000.0 / 345 2Д гистограммы 346 WINJTEMP Данные по скважинам 347 --Well SO Temp атура F [10, 20, 1] = [314; 644; 1505] = 125.102337 F Свойства 348 INJ 0.70 450 349

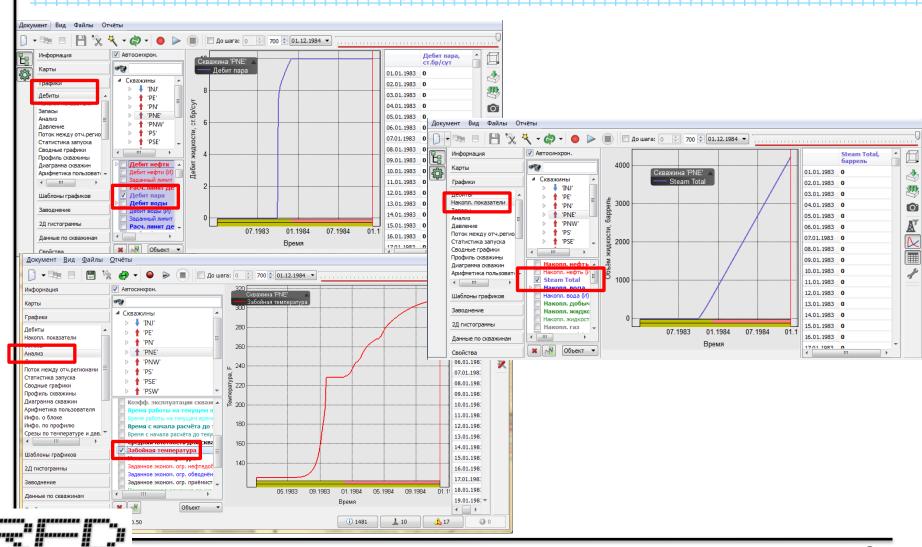
Rock Flow Dynamics

### Закачка пара е300

1. Графики. Дебиты. Дебит пара по каждой скважине

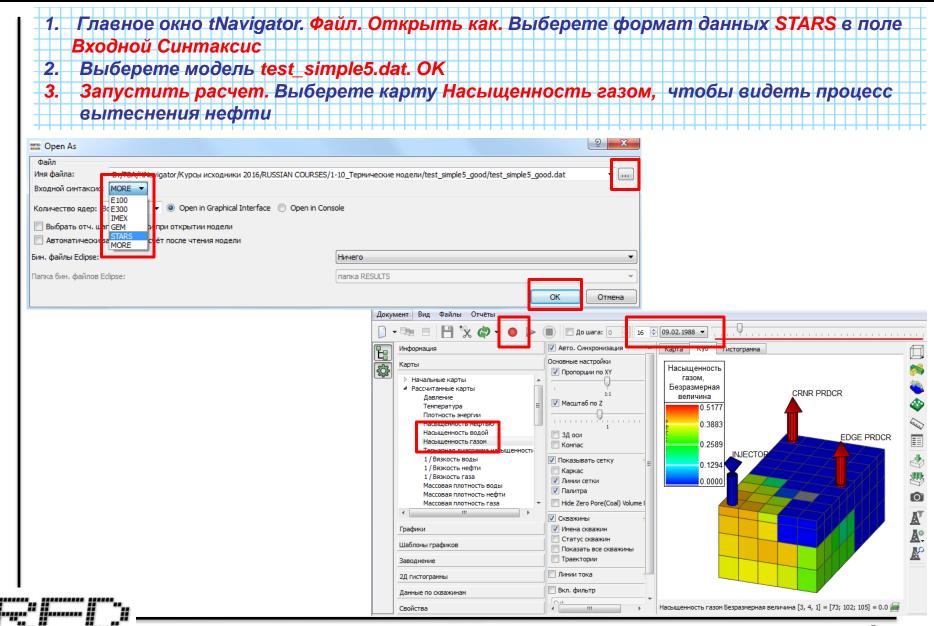
Rock Flow Dynamics

- 2. Графики. Накопл. показатели. Накопленный пар по каждой скважине
  - 3. Графики. Анализ. Забойная температура, Устьевая температура по каждой скважине



Test\_simple5
Закачка пара. Модель в формате STARS



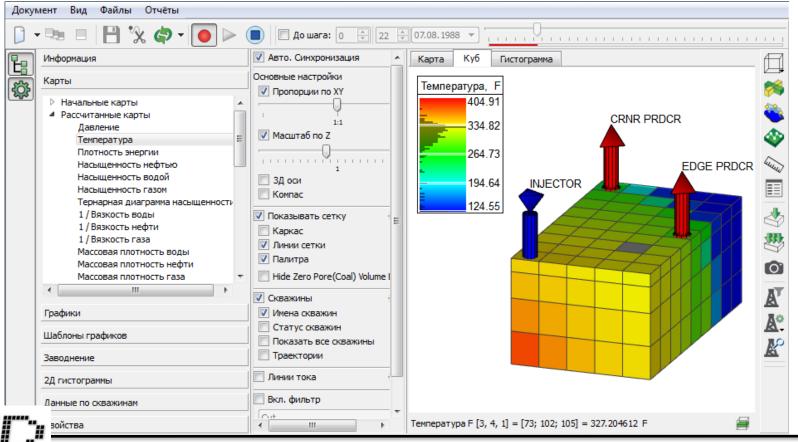


Rock Flow Dynamics

### Описание модели. Закачка пара STARS

Данный пример показывает еще один тест нагнетания пара для модели вязкой нефти в формате данных STARS. Данная модель представляет собой:

- . 4 компонента: WATER, LITE OIL, MEDIUM OIL и HEVY OIL
- 2. Сетка 9х5 блоков с 2-мя добывающими и 1-ой нагнетательной скважинами
- 3. Начальная пластовая температура равна 125 °F (~52 °C). Вязкость нефти при пластовых температуре и давлении равна 14.5 сР
- 4. Температура нагнетаемого пара равна 450 °F (~232 °C)



Тернарная диаграмма

4

Step 3

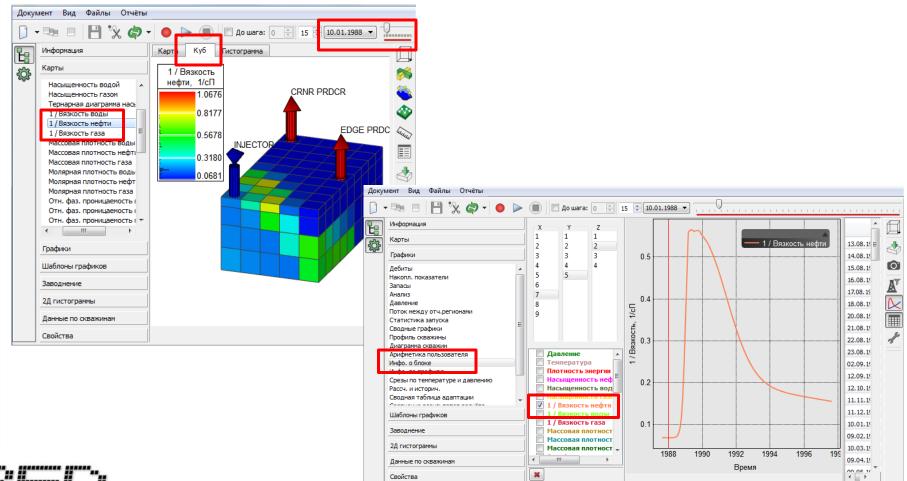
Rock Flow Dynamics

Карта. Рассчитанные карты. Тернарная диаграмма насыщенности. При закачке пара происходит создание оторочки конденсировавшейся воды на границе фронта нагнетаемого агента, что способствует вытеснению нефти Карта Куб Гистограмма Куб Гистограмма Карта Куб Тернарная диаграмма Тернарная диаграмма Тернарная диаграмма насыщенности. насыщенности. насышенности. Безразмерная величина Безразмерная величина Безразмерная величина CRNR PRDCR CRNR PRDCR CRNR PRDCR насыщенности EDGE PRDCR EDGE PRDCR EDGE PRDCR INJECTOR INJECTOR INJECTOR Нефть 0 Step 3 Step 12 Step 7 Карта Куб Гистограмма Куб Куб Гистограмма Температура, F Температура, Температура, F 404.91 404.91 404.91 334.82 CRNR PRDCR 334.82 CRNR PRDCR 334.82 CRNR PRDCR 264.73 264.73 Гемпература, 264.73 194.64 EDGE PRDCR 194.64 EDGE PRDCR 194.64 EDGE PRDCR 124.55 INJECTOR 124.55 INJECTOR 124.55 NJECTOR 0 0

Step 7

Step 12

- 1. Карты. Рассчитанные карты. 1/Вязкость нефти. В результате закачки горячего пара можно видеть динамику снижения вязкости нефти, что увеличивает ее подвижность и способствует добыче
- 2. Графики. Инфо. о блоке. 1/Вязкость нефти. Динамику изменения вязкости нефти также можно видеть в графическом виде для каждого блока отдельно





1. Графики. Дебиты. Выберете Скважины. INJECTOR. Приемистость воды. Закачка воды (в парообразном состоянии) равна 300 ст.бар/сут Документ Вид Файлы Отчёты 🔲 До шага: 0 15 章 10.01.1988 ▼ H ŵ Автосинхрон. Информация 350 Скважина 'INJECTOR' 9 Карты Приёмистость воды ■ Скважины Графики 14.08.19 300 'CRNR PRDCR' 15.08.19 Дебиты 'EDGE DRDCR' 'INJECTOR' 16.08.19 Ô Запасы 250 17.08.19 Анализ ст.бр/сут FIPNUM Давление 18.08.19 Фильтр по скважинам Поток между отч.регионал 20.08.19 200 Статистика запуска жидкости, 21.08.19 Сводные графики Профиль скважины 22.08.19 Диаграмма скважин 150 23.08.19 Арифметика пользователя Дебит ) Дебит газа (И) Инфо. о блоке 02.09.19 Заданный лимит дебита газа Инфо, по профилю 12.09.19 Расч. лимит дебита газа Срезы по температуре и д Дебит жирного газа 12, 10, 19 Рассч. и историч. Дебит теплотворной спо 11, 11, 19 50 11, 12, 19 ■ Приёмистость воды Шаблоны графиков 10.01.19 Заводнение **Массовый дебит закач** 09.02.19 Приёмистость воды [W 2Д гистограммы Приёмистость воды (И) 10.03.19 1988 1990 1992 1994 1996 199 09.04.19 Данные по скважинам Время 00 DE 10 NN × Объект Свойства



Карты. Рассчитанные карты. Компонент 'LITE OIL'. Молярная плотность. <mark>Можно</mark> видеть изменение во времени Молярной плотности, К-значений, Молярной доли нефти, Молярной доли газа для каждого из компонентов. В процессе вытеснения молярная плотность для компонента 'LITE OIL' уменьшается, в то время как для компонента 'WATER' - увеличивается Авто, Синхронизация Информация Основные настройки CRNR PRDCR Молярная ▼ Пропорции по XY плотность, Теплопроводность блока 🔺 Ib-m/RB Теплопотери ■ Komnohent 'WATER' 0.2166 ▼ Масштаб по Z EDGE PRDCR Молярная плотность К-значения 0.1624 INJECTOR Молярная доля воды ■ 3Д оси 0.1083 ■ Kompohent 'LITE OIL' Компас Молярная плотность  $0.054^{\circ}$ Показывать сетку Молярная доля нефти = Каркас 0.0000 Молярная доля газа Линии сетки ▶ Компонент 'MEDM OIL' ▼ Палитра ▶ Компонент 'HEVY OIL' Вапасы Hide Zero Pore(Coal) Volume Bloc ▼ Скважины ✓ Имена скважин Графики 15 ♦ 10.01.1988 ▼ Статус скважин Карта Куб Гистограмма Шаблоны графиков Показать все скважины CRNR PRDCR **Траектории** Молярная Заводнение плотность ø П Линии тока lb-m/RB 2Д гистограммы EDGE PRDCR 🔲 Вкл. фильтр Данные по скважинам 11.579 INJECTOR Свойства 10.627 Компонент 'WATER' Молярная плотность Каркас Молярная доля водь Линии сетки Молярная доля газа √ Палитра Hide Zero Pore(Coal) Volume Bloc Молярная плотность Статус скважин Шаблоны графиков Показать все скважинь Заволнение Линии тока 2Д гистограммь Вкл. фильтр Данные по скважинам

Свойства

Test5\_SAGD
Steam assisted gravity drainage (SAGD) e300



### Тестовая модель SAGD

#### SAGD

Steam assisted gravity drainage technology (технология разработки тяжелой нефти, парогравитационный дренаж)

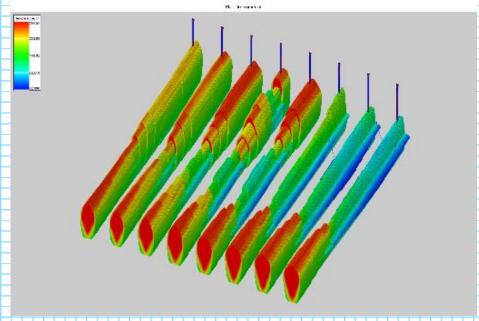
Использование: пара горизонтальных скважин с перфорациями одна над другой Для: разработки тяжелой нефти, битума

### Моделирование:

- Неоднородной структуры месторождения
- Термических процессов
- Длинных горизонтальных скважин

### Реализовано в термических моделях:

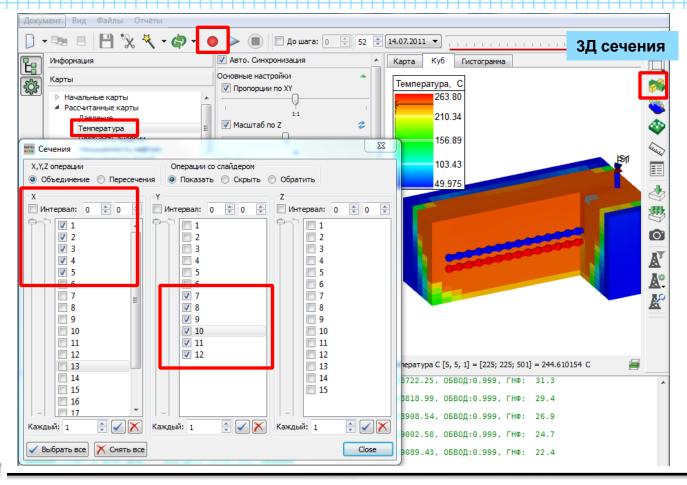
- Контроль скважин по пару
- Электрические нагреватели
- Термические аквиферы
- Визуализация потоков
- Многосегментные скважины
- Двойная пористость/Двойная проницаемость
- Чтение входных ключевых слов E300 и STARS напрямую





### SAGD e300

- 1. Главное окно tNavigator. Файл. Открыть
- 2. Выберите модель Test5\_SAGD / Test5\_SAGD.data
- 3. Запустить расчет
- 4. Карты. Куб. Рассчитанные карты: Температура
- 5. Рассмотрим пару горизонтальных скважин с перфорациями одна над другой
- 6. ЗД сечения



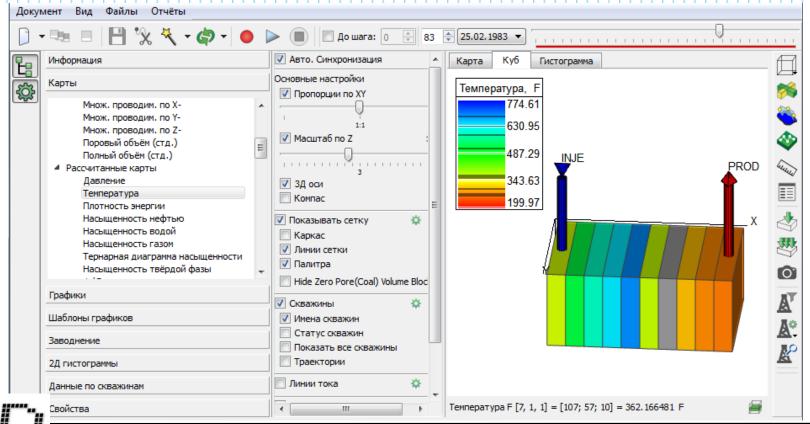


## ТНЕRM11\_FIX Пластовое горение. Модель в формате е300

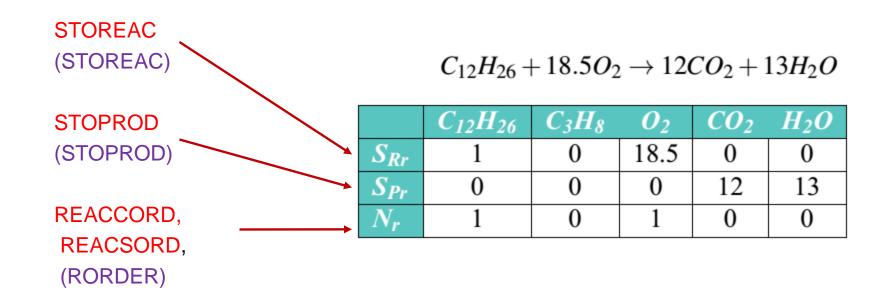


Данный пример показывает возможность использования такого МУН, как пластовое горение, путем моделирования химических реакций. Данная модель включает:

- 1. 5 компонентов: HEAVY OIL (LIVE), LITE OIL (LIVE), O2 (GAS), CO2 (GAS) и твердый компонент COKE (SOLID); 4 химических реакций
- 2. Сетка 10х1х1 блоков с 1-ой добывающей и 1-ой нагнетательной скважинами на противоположных концах
- 3. Начальная пластовая температура равна 200 °F (~93 °C). Вязкость нефти при пластовых температуре и давлении равна 140 сР

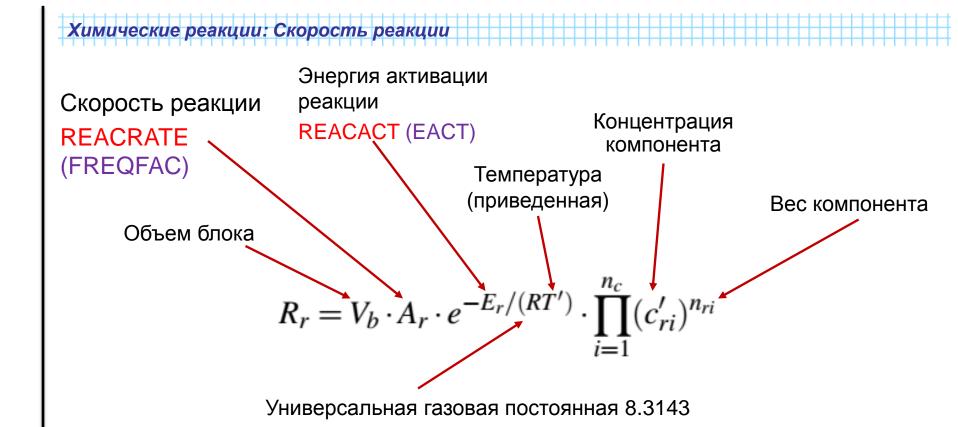


Химические реакции: основные ключевые слова в форматах <mark>Eclipse</mark> и STARS



Каждая реакция определяется ее векторами стехиометрических коэффициентов для реагента и продукта: STOREAC и STOPROD





Скорость реакции - один из основных рассчитываемых параметров

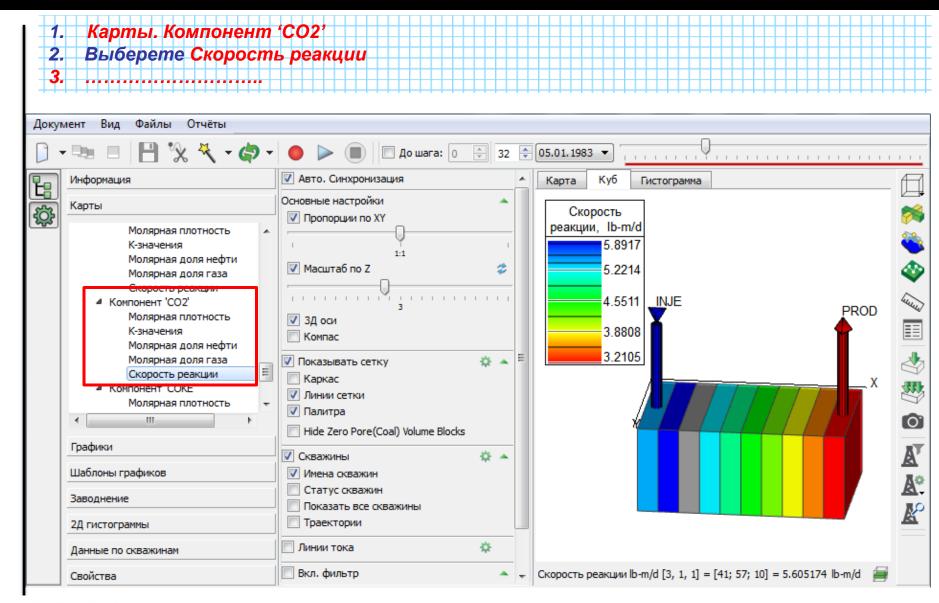


Главное окно tNavigator. Файл. Открыть Выберете модель THERM11\_FIX.DATA. Открыть Запустить расчет. Выберете карту Температура, чтобы видеть фронт горения нефти Файлы Отчёты Документ До шага: 0 Информация Авто. Синхронизация Куб Карта Гистограмма Основные настройки Карты Температура, F ▼ Пропоршии по XY 774.61 Множ. проводим. по X-Множ, проводим, по Y-630.95 Множ, проводим, по Z-✓ Масштаб по Z Поровый объём (стд.) 487.29 Полный объём (стд.) INJF Рассчитанные карты 343.63 ▼ 3Д оси Температура Компас 199.97 Насыщенность нефтью Показывать сетку Насышенность водой Каркас Насыщенность газом Тернарная диаграмма насыще 🔻 √ Палитра 0 Hide Zero Pore(Coal) Volume Blocks Графики ▼ Скважины Шаблоны графиков Имена скважин Статус скважин Заводнение Показать все скважины Траектории 2Д гистограммы Линии тока Данные по скважинам Вкл. фильтр Температура F[5, 1, 1] = [74; 57; 10] = 585.739977 FСвойства

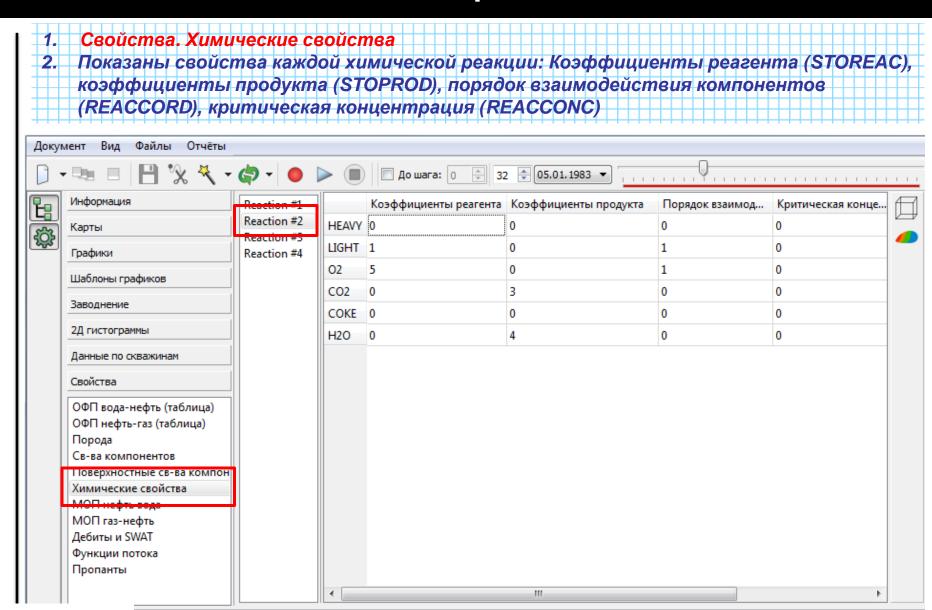


Графики. Дебиты. Скважины. 'INJE' Выберете Приемистость газа Приемистость кислорода (О2) равна 300 тыс. ст.кф/сут Вид Файлы Отчёты Документ 🔳 До шага: 0 81 💠 23.02.1983 🔻 Информация Автосинхрон. te Скважина 'INJE' 350 Приёмистость газа Карты 01.01 ≡ ■ Скважины Графики 300 01.01 ↓ 'INJE' ст.кф/сут 01.01 Дебиты накопл. показатели 01.01 O Группы 250 Запасы FIPNUM 01.01 Анализ Фильтр по скважинам Давление 01.01 200 Поток между отч. регионами (стд.усл.), 01.01 Статистика запуска 01.01 Сводные графики Профиль скважины 01.01 Диаграмма скважин Объём газа 01.01 Арифметика пользователя Заданное ограничение приёмисто: 🔺 Инфо. о блоке Расч. лимит приёмистости вод 01.01 100 Инфо. по профилю Приёмистость нефти 01.01 01.01 Приёмистость газа 50 Приёмистость газа Шаблоны графиков 01.01 Приёмистость газа [WEFAC] 01.01 Заводнение Приёмистость газа (И) Заданное ограничение приёмисто: 01.01 2Д гистограммы Расч. лимит приёмистости газа 07.1983 10.1983 01.198 01.01 04.1983 Данные по скважинам 01.01 \_ Время Объект Свойства 4 1











Therm\_SPE11\_initmod
Пластовое горение. Мо∂ель в формате
STARS



Главное окно tNavigator. Файл. Открыть как. Выберете формат данных STARS в поле Входной Синтаксис 2. Выберете модель Therm\_SPE11\_initmod.dat. Запустить расчет Copen As Файл Имя файла: igator/Курсы исходники 2016/RUSSIAN COURSES/1-10\_Термические модели/test\_simple5\_good/test\_simple5\_good.dat MORE ▼ Входной синтаксис E100 Open in Graphical Interface
 Open in Console Количество ядер: Bd F300 Выбрать отч. цаг GEM при открытии модели Автоматически ёт после чтения модели MORE Бин. файлы Edipse: Ничего Папка бин, файлов Eclipse: папка RESULTS Отмена Документ Вид Файлы Отчёты 🔳 До шага: 0 Информация Куб Гистограмма Основные настройки Карты Температура, F 742.44 Множ, проводим, по X -INJE Множ, проводим, по Y 606.75 Множ. проводим. по 2 ✓ Масштаб по Z Поровый объём (стд.) 471.05 Полный объём (стд.) = Мин. насыщенность в Рассчитанные карты 335.36 ■ 3Д оси Давление Компас 199.66

▼ Показывать сетку

Hide Zero Pore(Coal) Volume Blocks

Температура F [7, 1, 1] = [107; 57; 10] = 607.448883 F

Каркас

▼ Палитра

▼ Скважины ✓ Имена скважин

Линии тока

Вкл. фильтр

Статус скважин

Показать все скважины Траектории

✓ Линии сетки

Температура Плотность энергии

Графики

Заводнение

Свойства

2Д гистограммы

Данные по скважинам

Шаблоны графиков

Насыщенность нефть

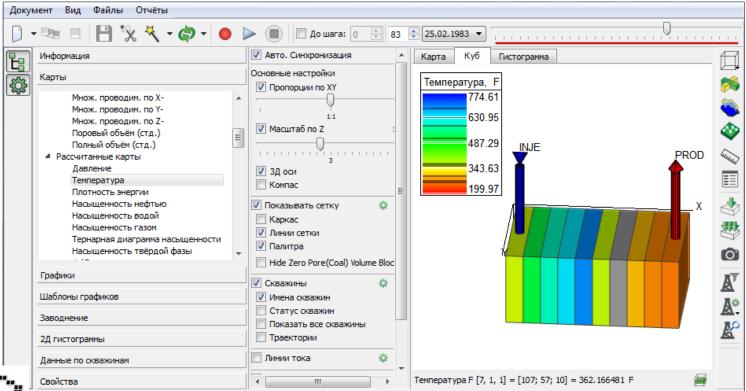
Насыщенность водой

Насыщенность газом

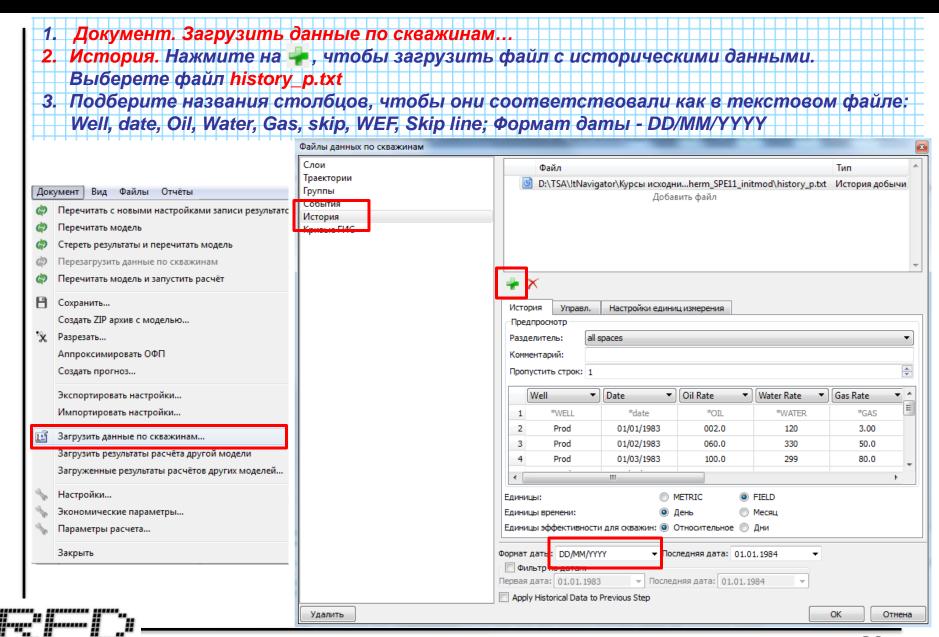
0

Данная модель идентична предыдущей модели пластового горения формата e300. Цель
– показать возможность подгрузки исторических данных для модели формата STARS.
Данная модель включает:

- 1. 5 компонентов: HEAVY OIL (LIVE), LITE OIL (LIVE), O2 (GAS), CO2 (GAS) и твердый компонент COKE (SOLID); 4 химических реакций
- 2. Сетка 10х1х1 блоков с 1-ой добывающей и 1-ой нагнетательной скважинами на противоположных концах
- 3. Начальная пластовая температура равна 200 °F (~93 °C). Вязкость нефти при пластовых температуре и давлении равна 140 сР

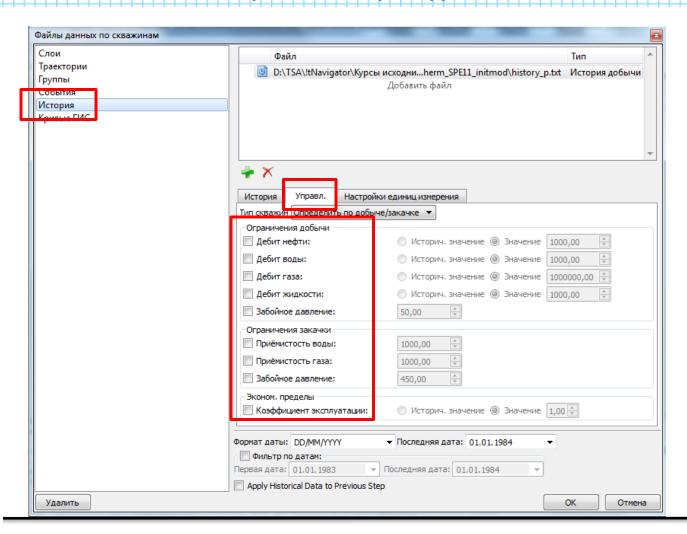




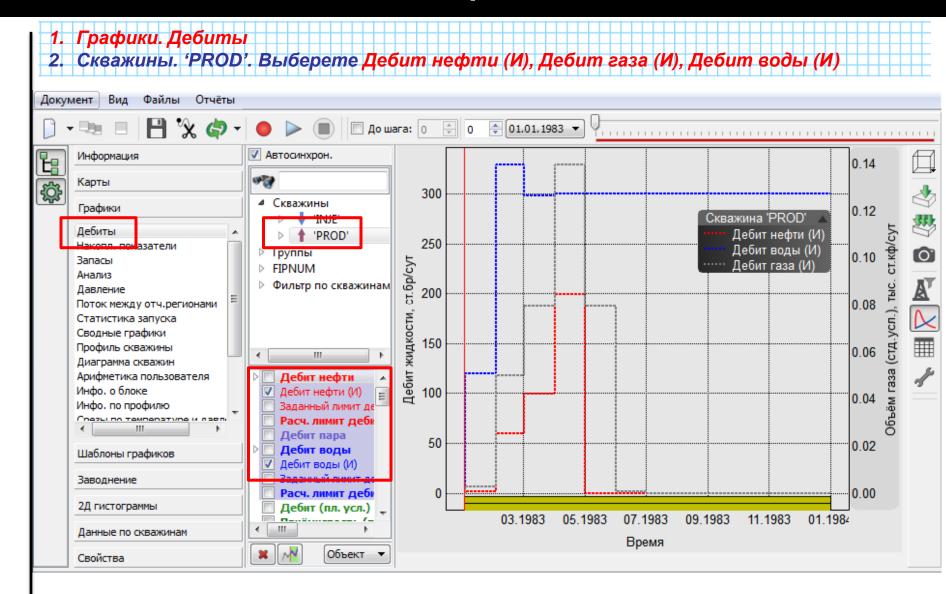


Rock Flow Dynamics

- 1. Перейдите во вкладку Управл.
- 2. Уберите галочки со всех параметров, чтобы скважина не была под контролем исторических значений
- 3. Ок. Появится автоматическое требование перезагрузки модели. Yes









# Спасибо за внимание!

