

# Термические модели

Тренинги 2016



**t**Navigator

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:

1. **Карты для каждого компонента:** Молярная плотность, К-значения, Молярная доля нефти и Молярная доля газа
2. **Шаблоны графиков:**
  - Степень сепаратора Добычи газа, Добычи нефти
  - Массовая и молярная добычи компонента
  - Сумма по скважинам Массовой добычи нескольких компонент (компоненты могут быть сгруппированы любым способом: C1-C4, C5-C8 и т.д.)
3. **Композиционный калькулятор (phase envelope)**

Для термических композиционных моделей дополнительно:

**Карты:** Температура, Плотность энергии, Полная энергия, Теплопроводность блока, Тепловые потери

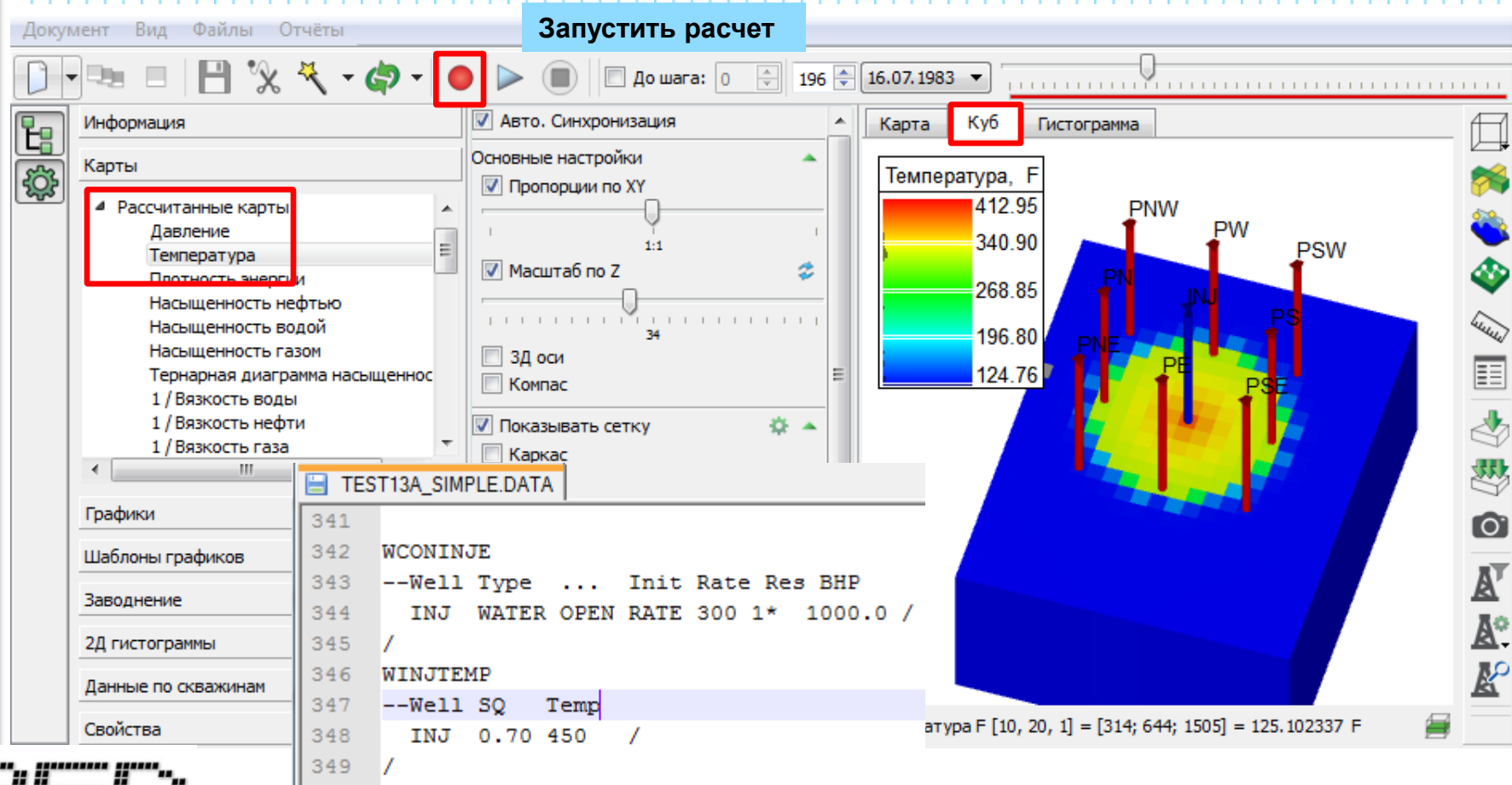
**Графики:** Добыча пара (в Дебитах), Накопленный пар (в Накопл. показателях), Забойная температура, Устьевая температура (в Анализе)

***Test13A\_simple***

***Закачка пара. Модель в формате e300***

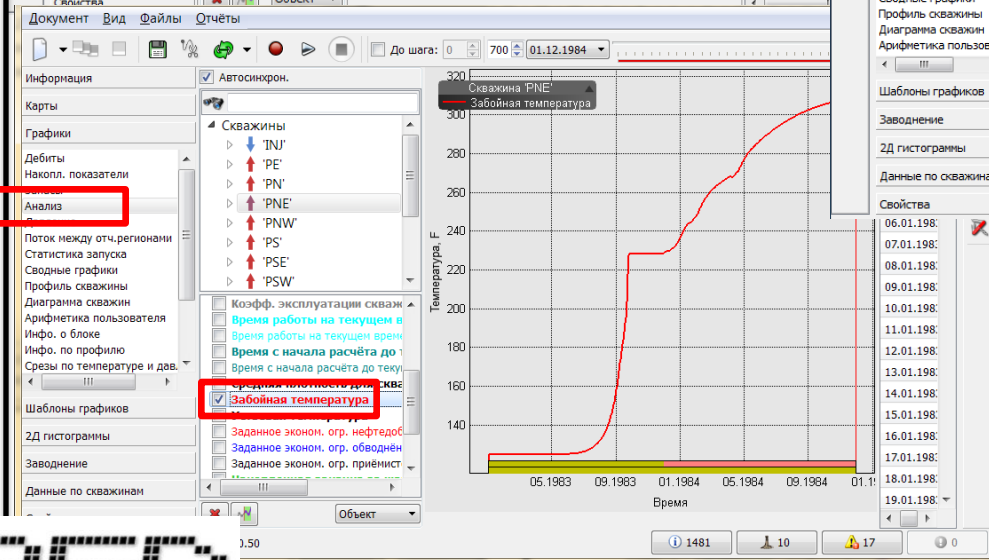
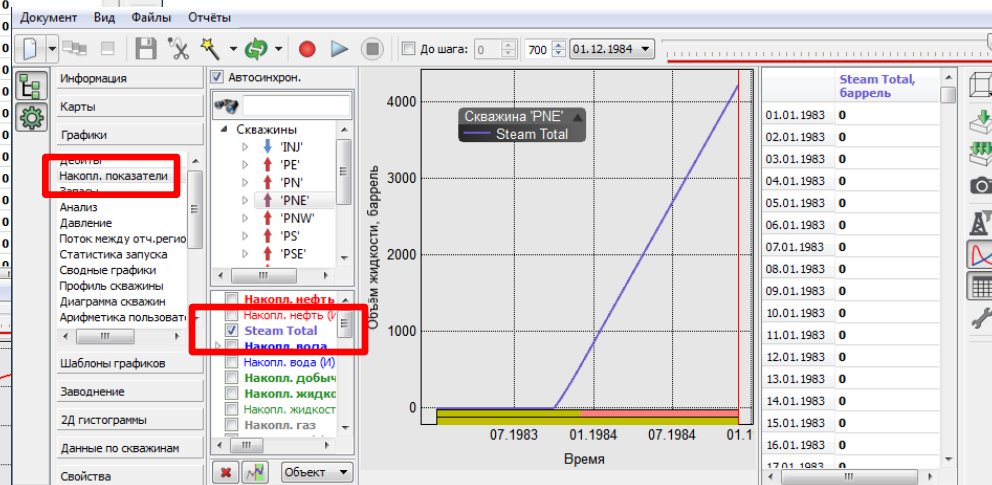
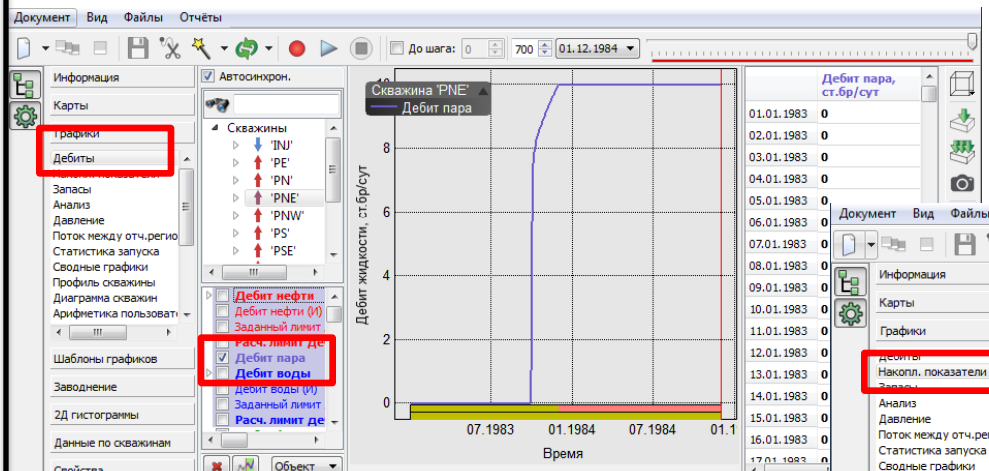
# Закачка пара e300

1. Главное окно *tNavigator*. **Файл. Открыть**
2. Выберите модель **Test13\_simple/ Test13A\_simple.data**
3. **Запустить расчет**
4. **Карты. Куб. Рассчитанные карты: Температура, Плотность энергии, Теплототери**
5. Скважина **INJ** закачивает воду температурой **450F** (массовое паросодержание – 0.7) – ключевое слово **WINJTEMP**



# Закачка пара e300

1. **Графики. Дебиты. Дебит пара по каждой скважине**
2. **Графики. Накопл. показатели. Накопленный пар по каждой скважине**
3. **Графики. Анализ. Забойная температура, Устьевая температура по каждой скважине**

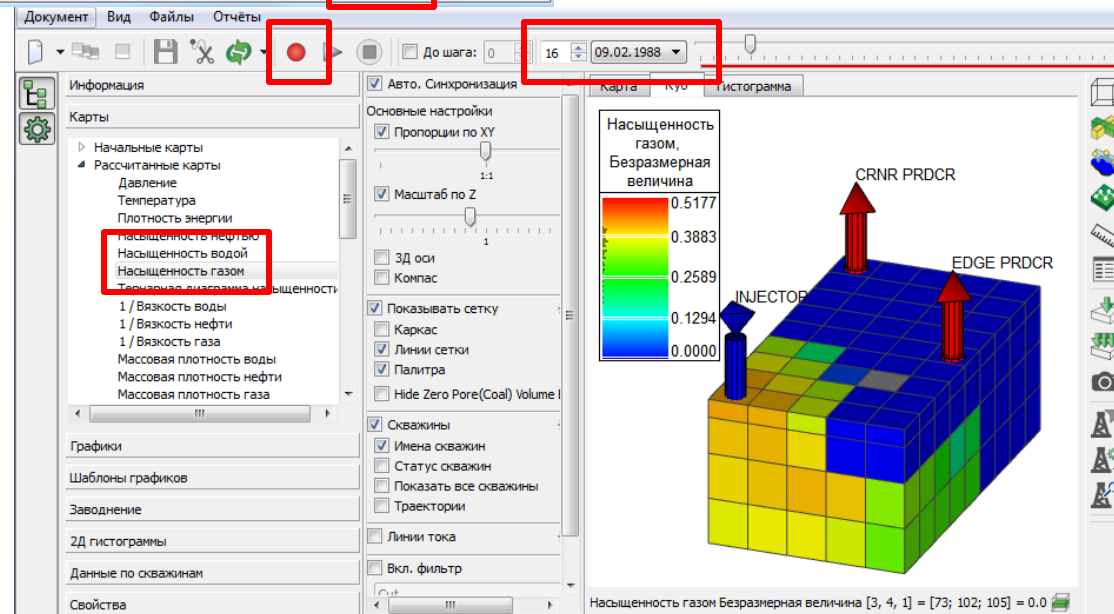
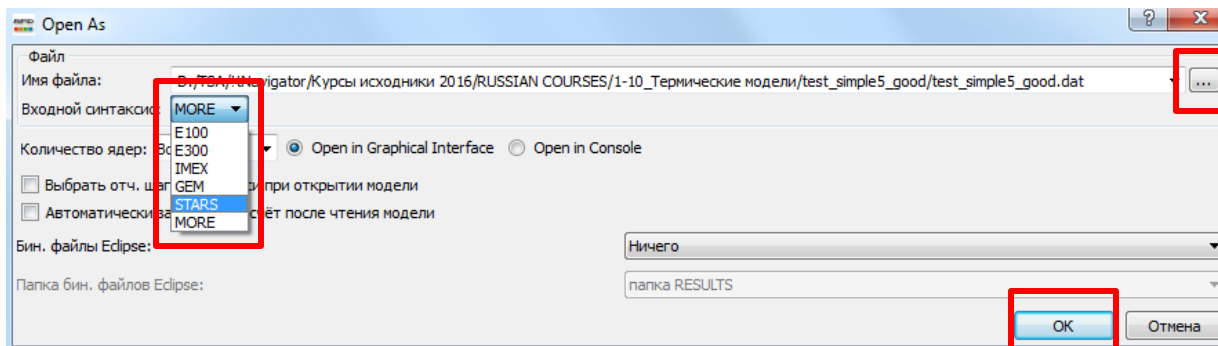


***Test\_simple5***  
***Закачка пара. Модель в формате STARS***



# Закачка пара STARS

1. Главное окно *tNavigator*. **Файл. Открыть как.** Выберите формат данных **STARS** в поле **Входной Синтаксис**
2. Выберите модель **test\_simple5.dat**. **OK**
3. **Запустить расчет.** Выберите карту **Насыщенность газом**, чтобы видеть процесс вытеснения нефти

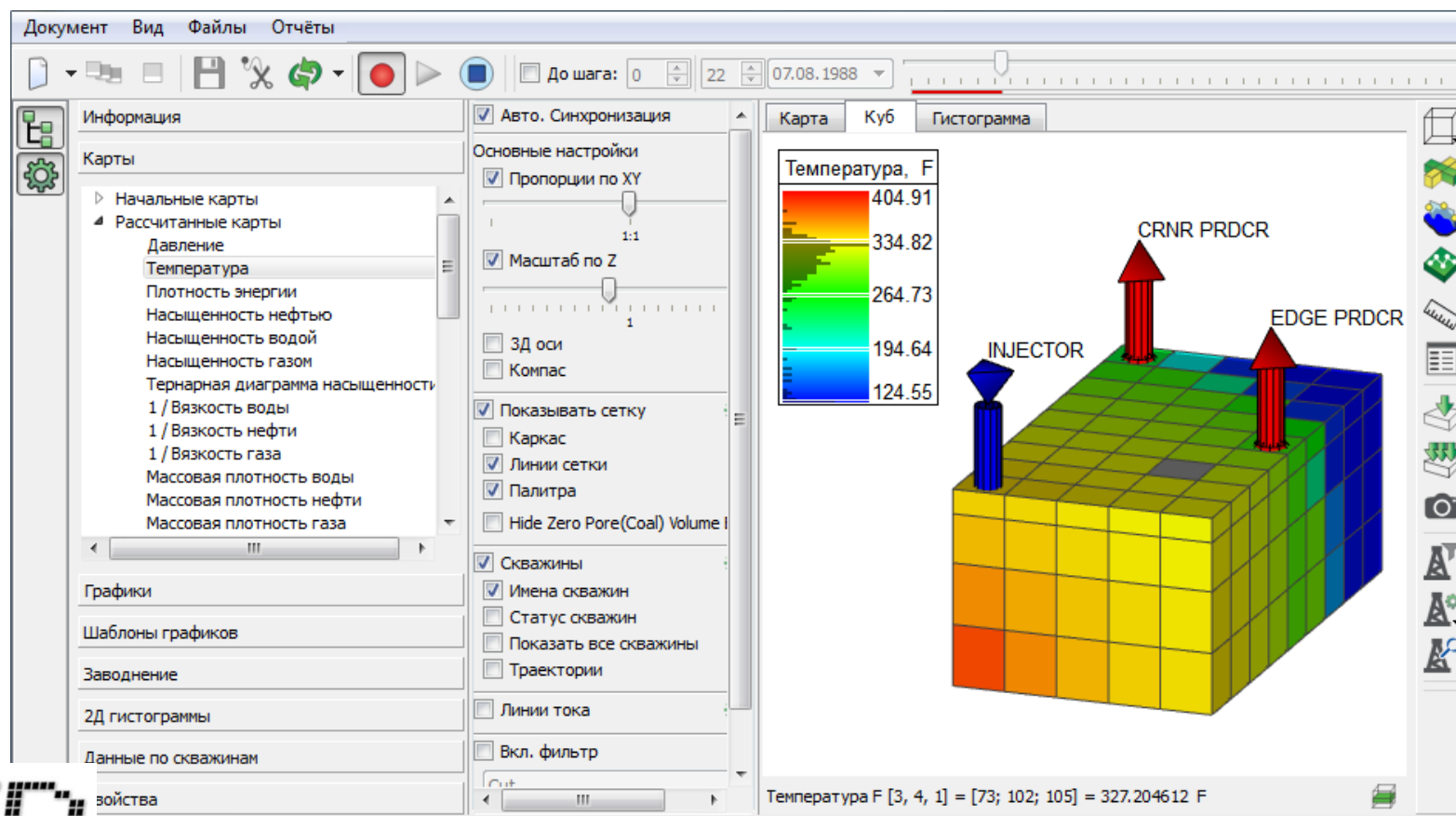




# Описание модели. Закачка пара STARS

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

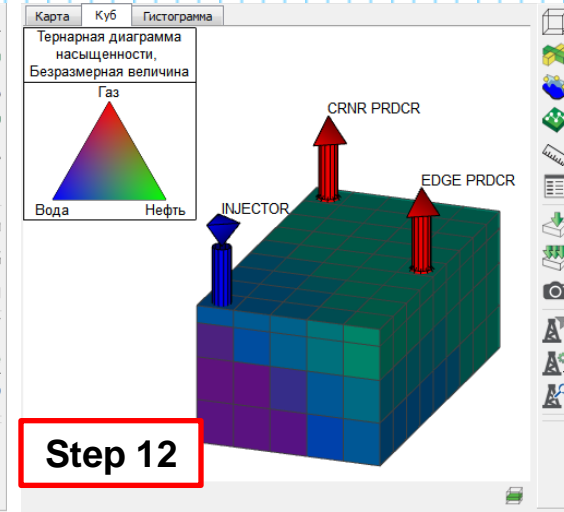
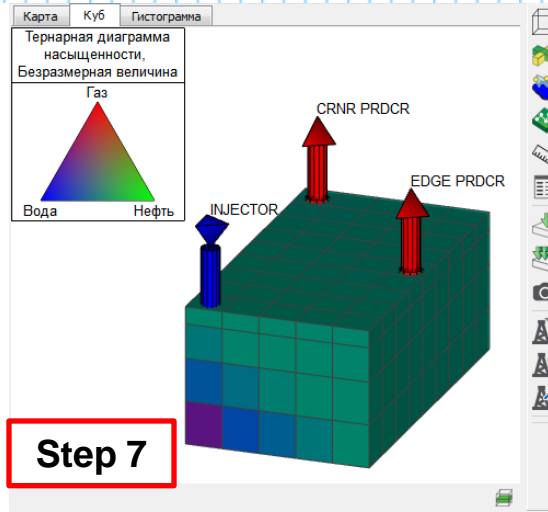
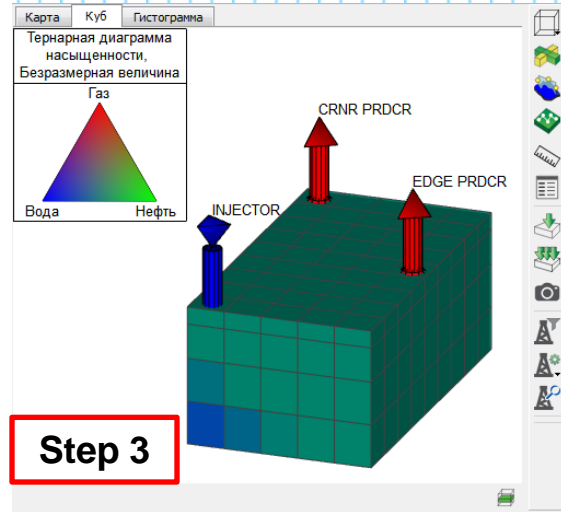
1. 4 компонента: WATER, LITE OIL, MEDIUM OIL и HEVY OIL
2. Сетка 9x5 блоков с 2-мя добывающими и 1-ой нагнетательной скважинами
3. Начальная пластовая температура равна 125 °F (~52 °C). Вязкость нефти при пластовых температуре и давлении равна 14.5 cP
4. Температура нагнетаемого пара равна 450 °F (~232 °C)



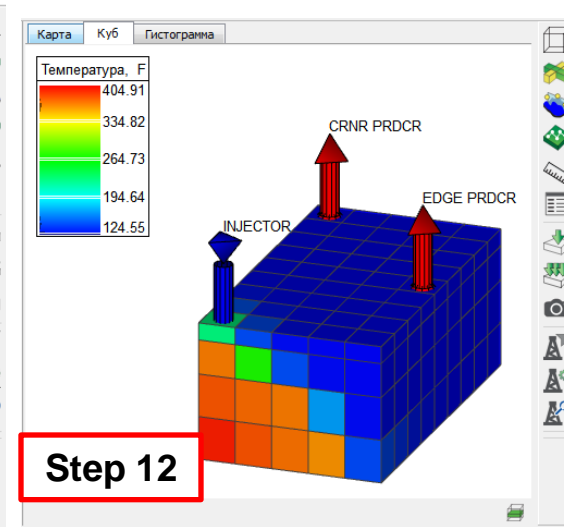
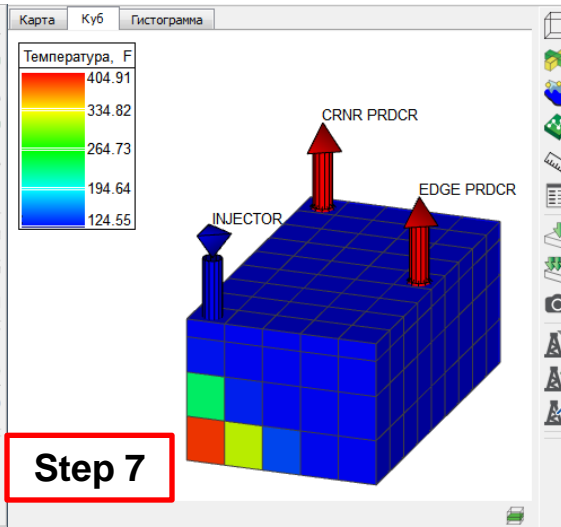
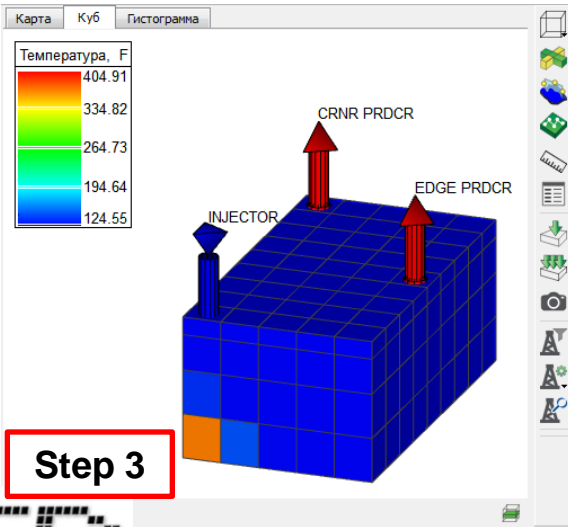
# Закачка пара STARS

**Карта. Рассчитанные карты. Тернарная диаграмма насыщенности.** При закачке пара происходит создание оторочки конденсировавшейся воды на границе фронта нагнетаемого агента, что способствует вытеснению нефти

Тернарная диаграмма насыщенности

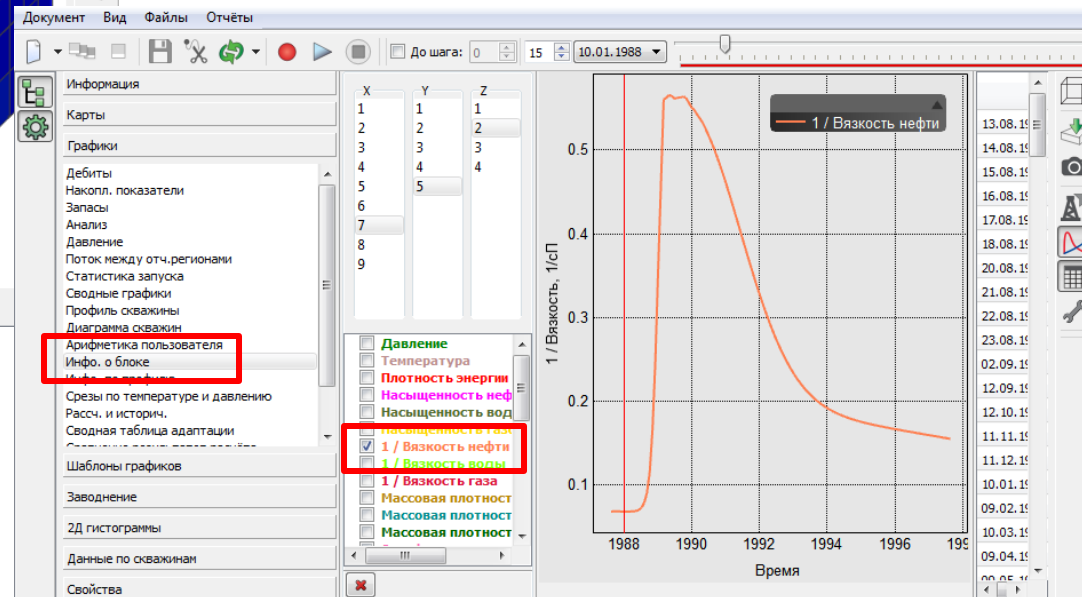
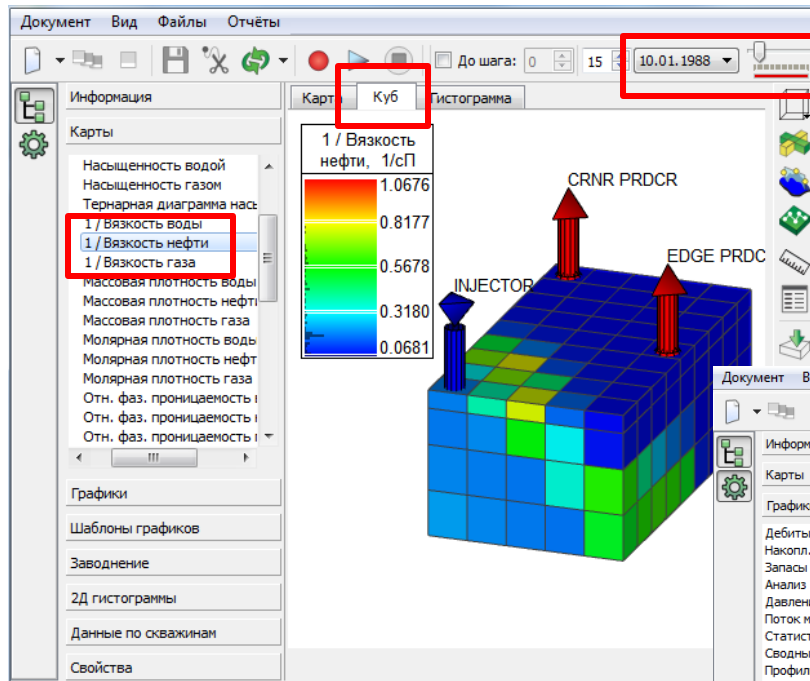


Температура, °F



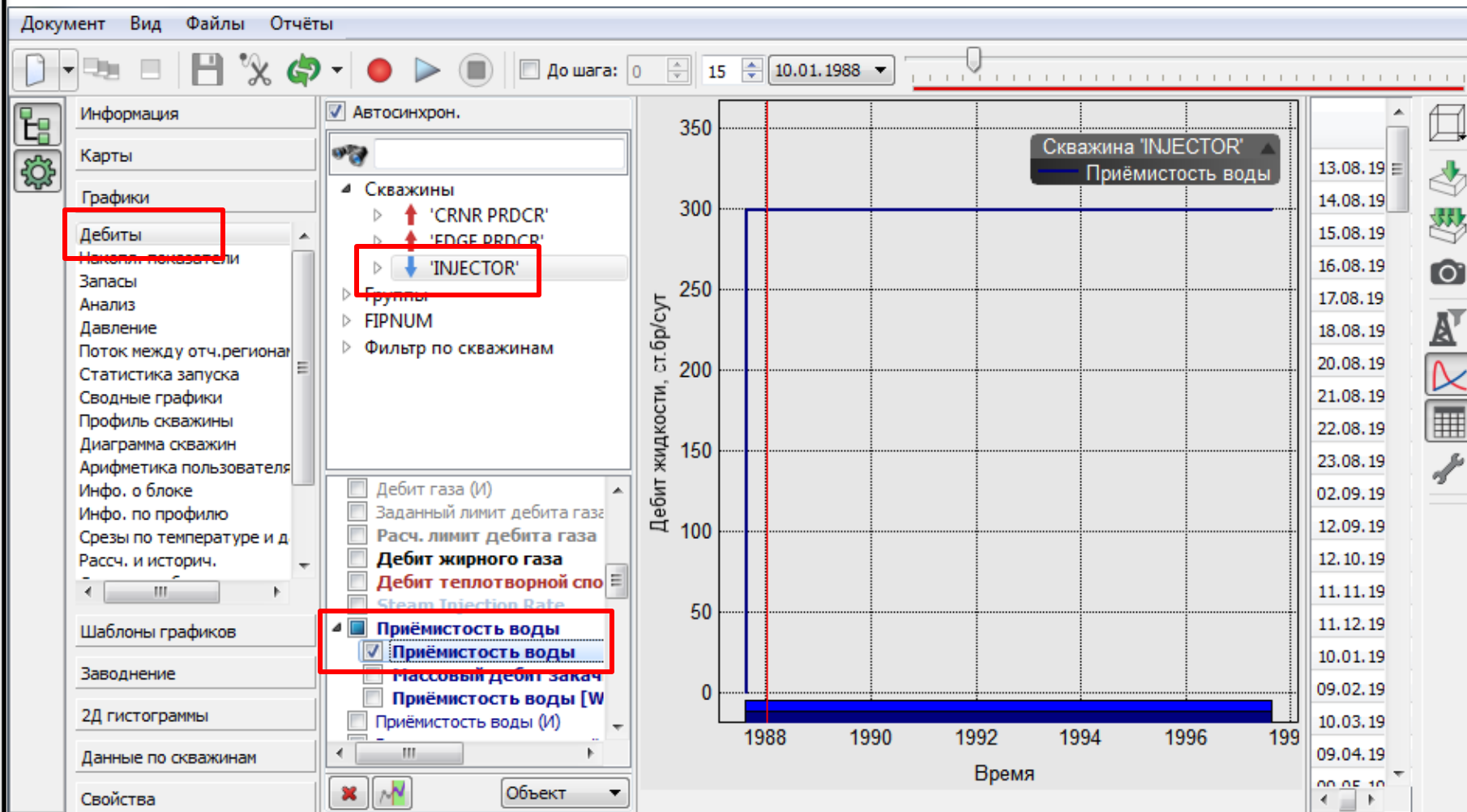
# Закачка пара STARS

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



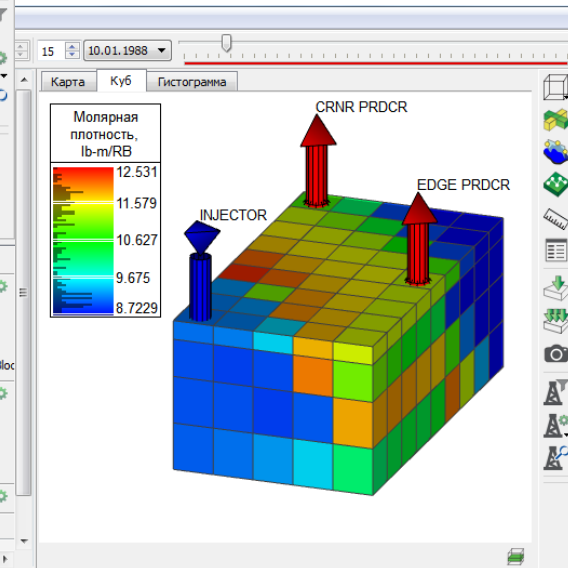
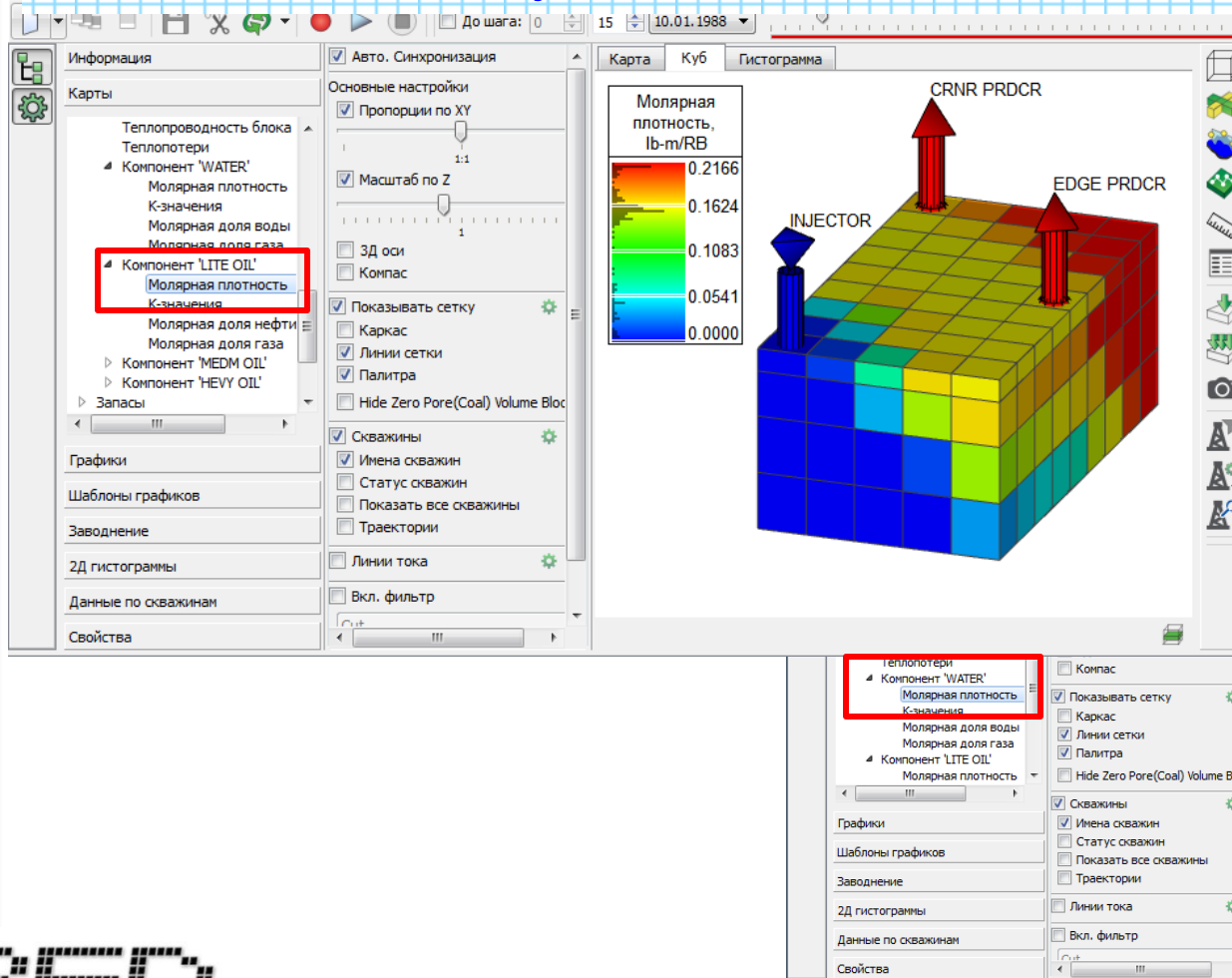
# Закачка пара STARS

1. **Графики. Дебиты.** Выберите **Скважины. INJECTOR**. Приемистость воды. Закачка воды (в парообразном состоянии) равна 300 ст.бар/сут



# Закачка пара STARS

1. Карты. Рассчитанные карты. Компонент 'LITE OIL'. Молярная плотность. Можно 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



***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

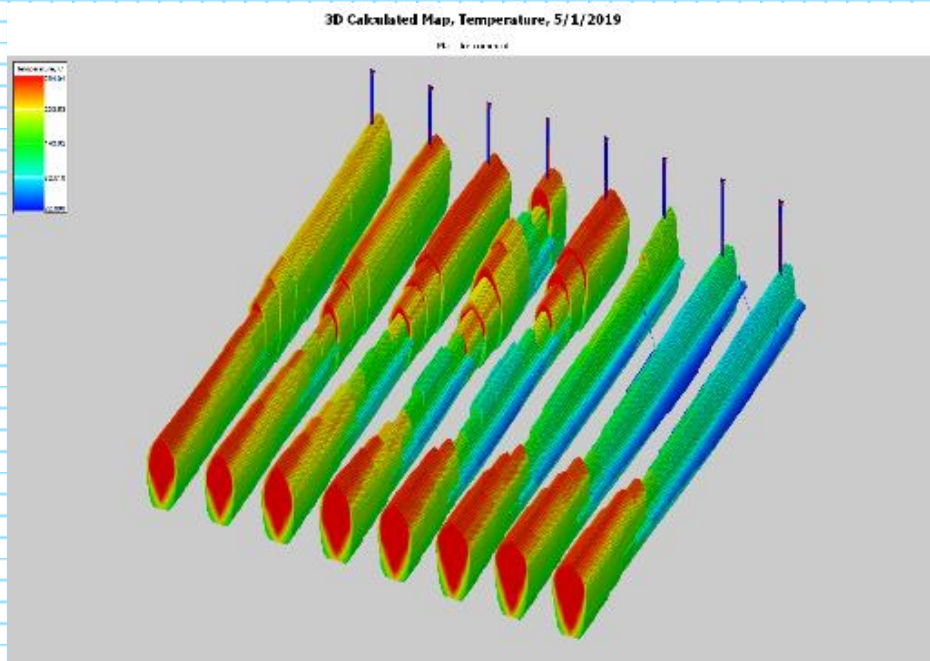
**Для:** разработки тяжелой нефти, битума

## Моделирование:

- Неоднородной структуры месторождения
- Термических процессов
- Длинных горизонтальных скважин

## Реализовано в термических моделях:

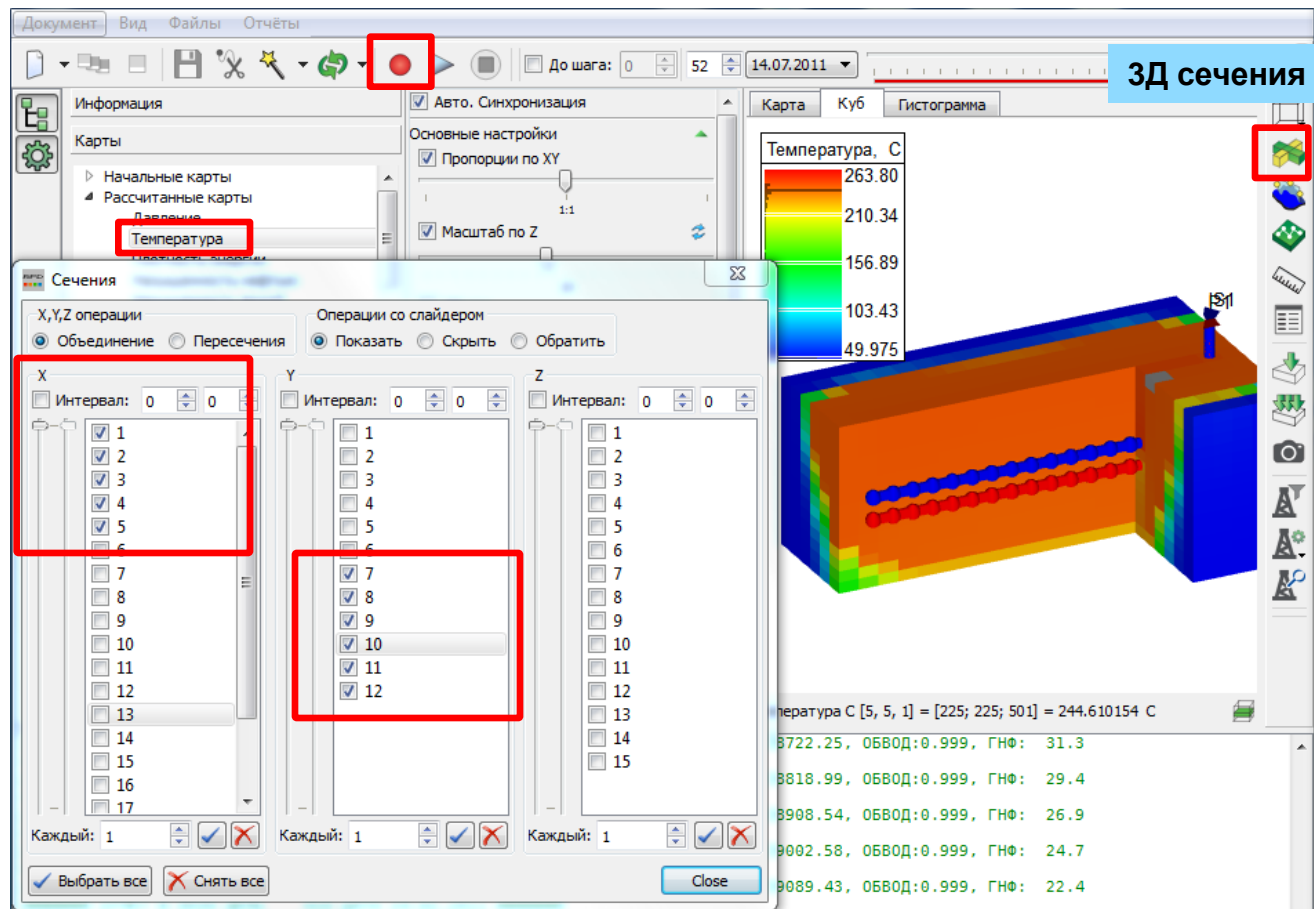
- Контроль скважин по пару
- Электрические нагреватели
- Термические аквиферы
- Визуализация потоков
- Многосегментные скважины
- Двойная пористость/Двойная проницаемость
- Чтение входных ключевых слов E300 и STARS напрямую





# 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. **3Д сечения**



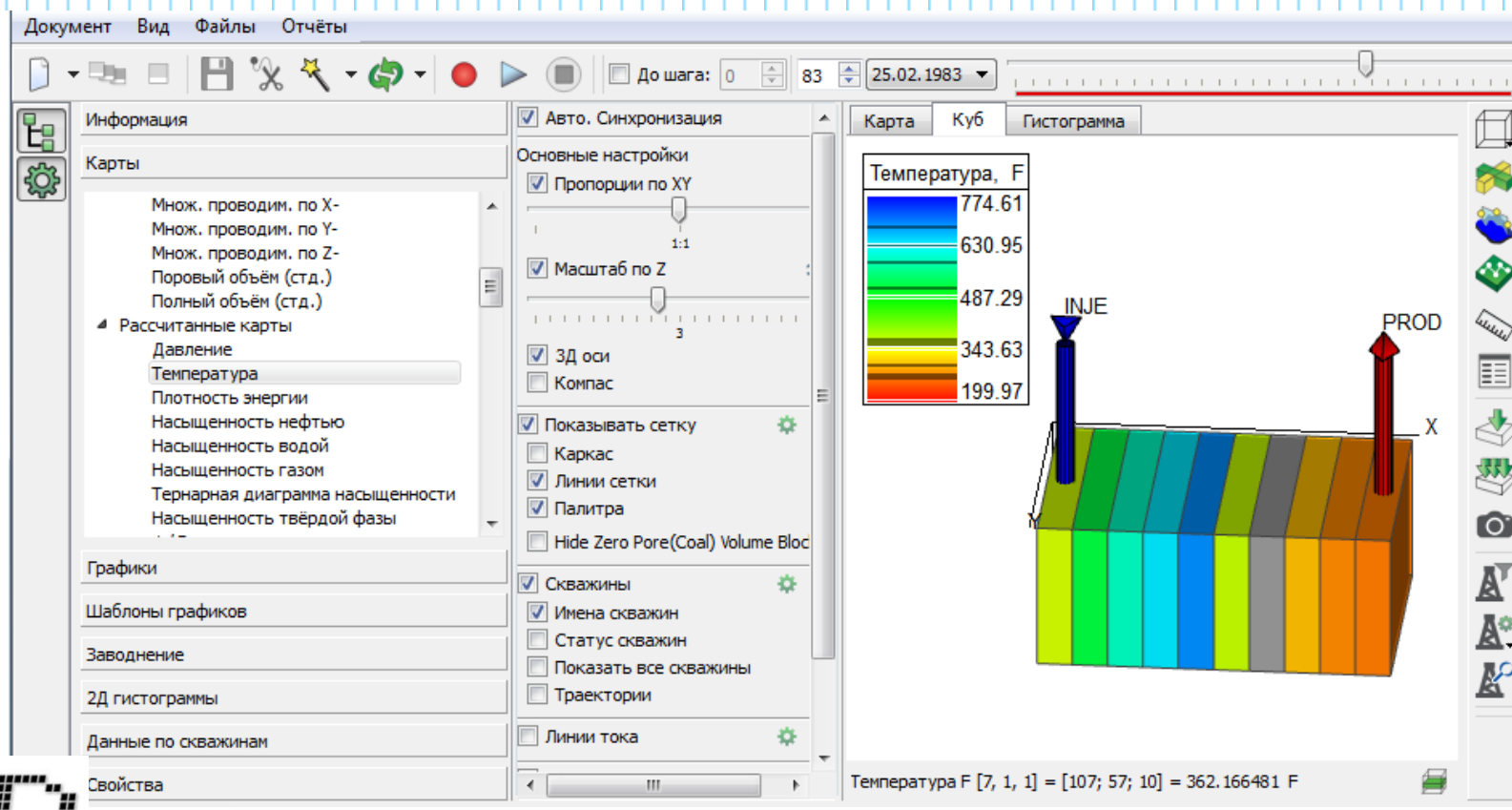
***THERM11\_FIX***

***Пластовое горение.  
Модель в формате e300***

# Пластовое горение e300

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), O<sub>2</sub> (GAS), CO<sub>2</sub> (GAS) и твердый компонент COKE (SOLID); 4 химических реакций
2. Сетка 10x1x1 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 cP



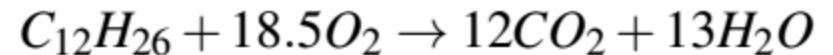
# Пластовое горение e300

Химические реакции: основные ключевые слова в форматах *Eclipse* и *STARS*

STOREAC  
(STOREAC)

STOPROD  
(STOPROD)

REACCORD,  
REACSORD,  
(RORDER)



	$C_{12}H_{26}$	$C_3H_8$	$O_2$	$CO_2$	$H_2O$
$S_{Rr}$	1	0	18.5	0	0
$S_{Pr}$	0	0	0	12	13
$N_r$	1	0	1	0	0

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

# Пластовое горение e300

## Химические реакции: Скорость реакции

Скорость реакции  
**REACRATE**  
(FREQFAC)

Энергия активации  
реакции  
**REACACT** (EACT)

Концентрация  
компонента

Температура  
(приведенная)

Вес компонента

Объем блока

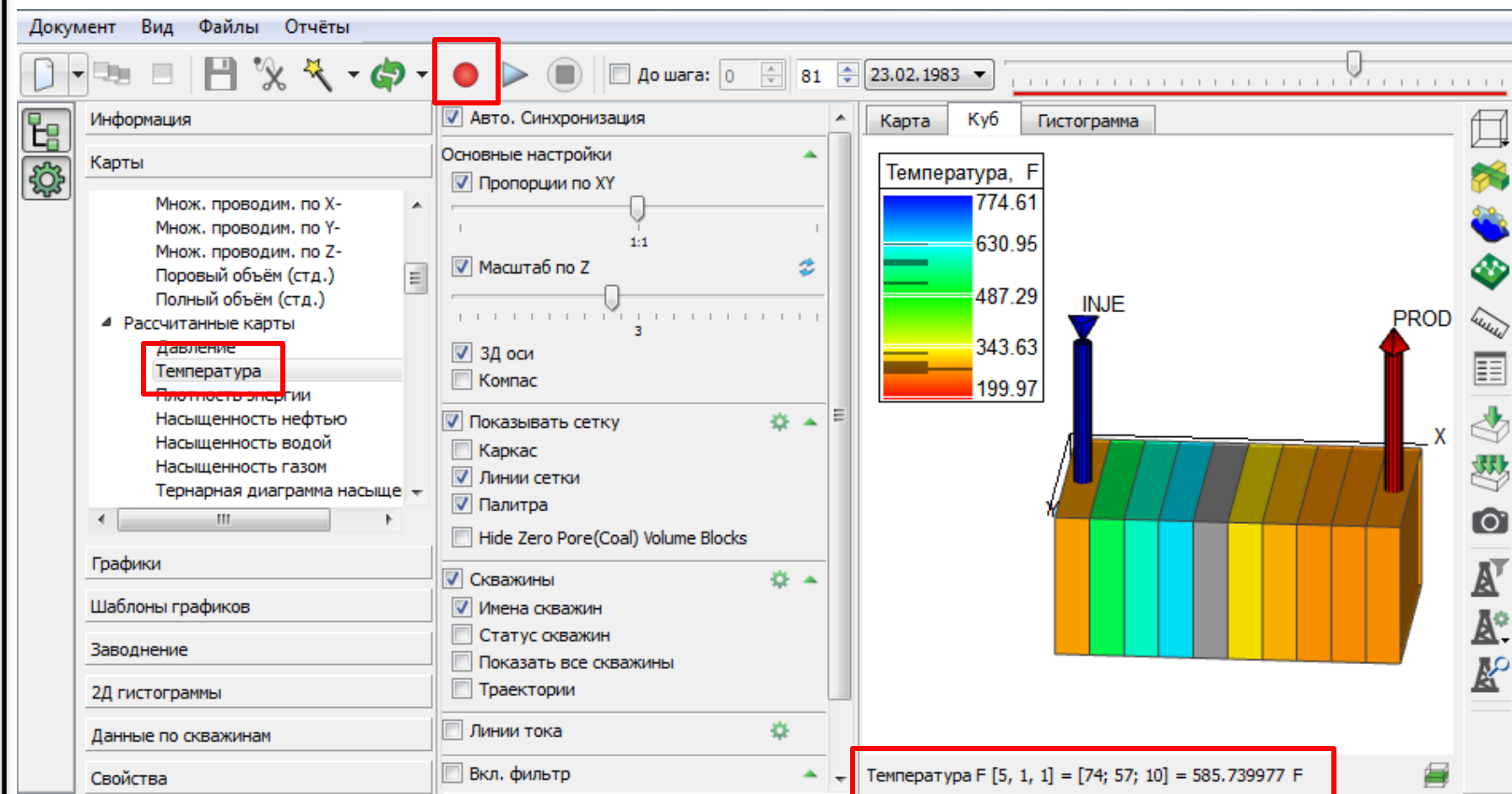
$$R_r = V_b \cdot A_r \cdot e^{-E_r / (RT')} \cdot \prod_{i=1}^{n_c} (c'_{ri})^{n_{ri}}$$

Универсальная газовая постоянная 8.3143

**Скорость реакции** - один из основных рассчитываемых параметров

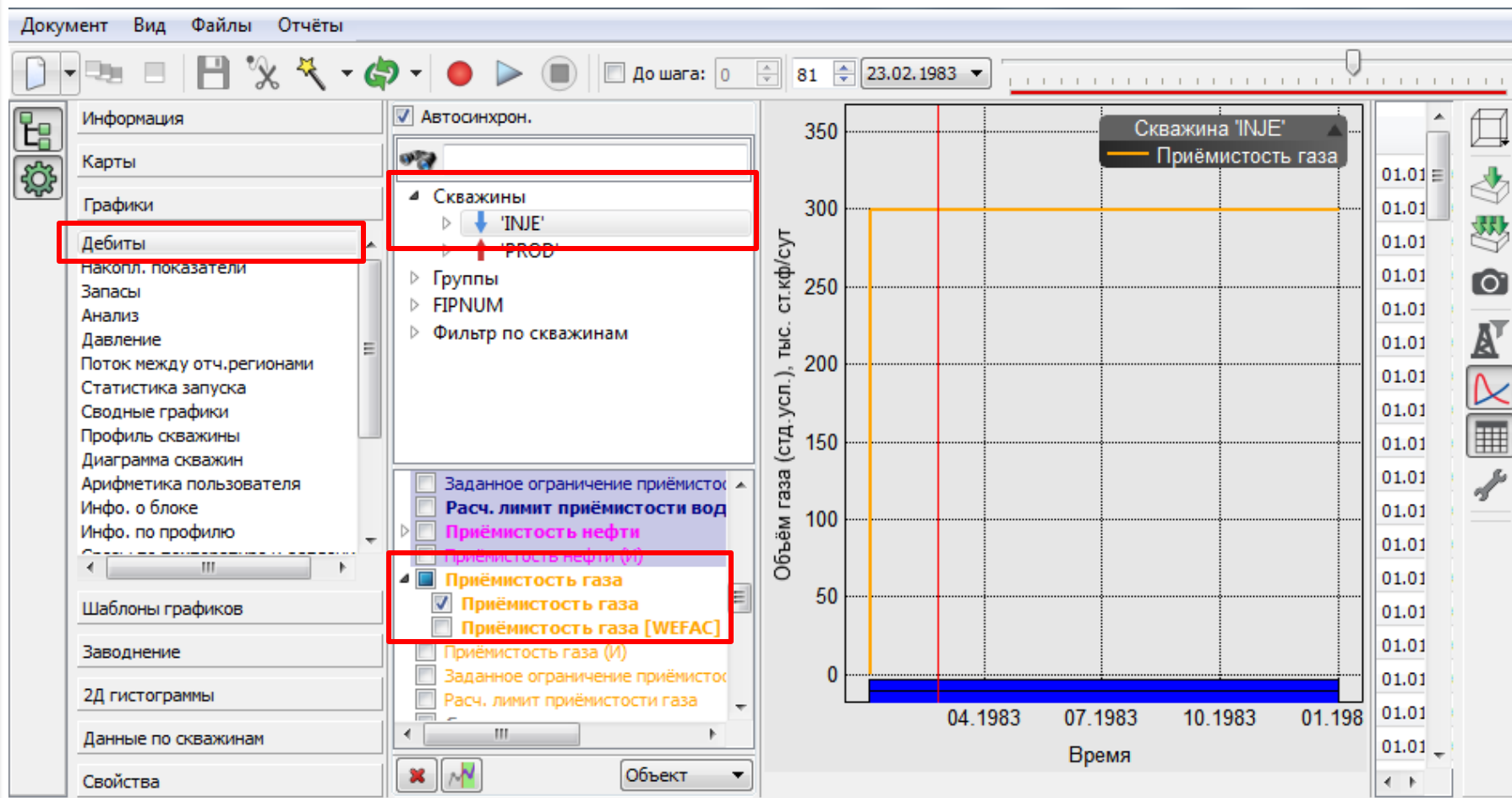
# Пластовое горение e300

1. Главное окно tNavigator. **Файл. Открыть**
2. Выберите модель **THERM11\_FIX.DATA. Открыть**
3. **Запустить расчет. Выберите карту Температура, чтобы видеть фронт горения нефти**



# Пластовое горение e300

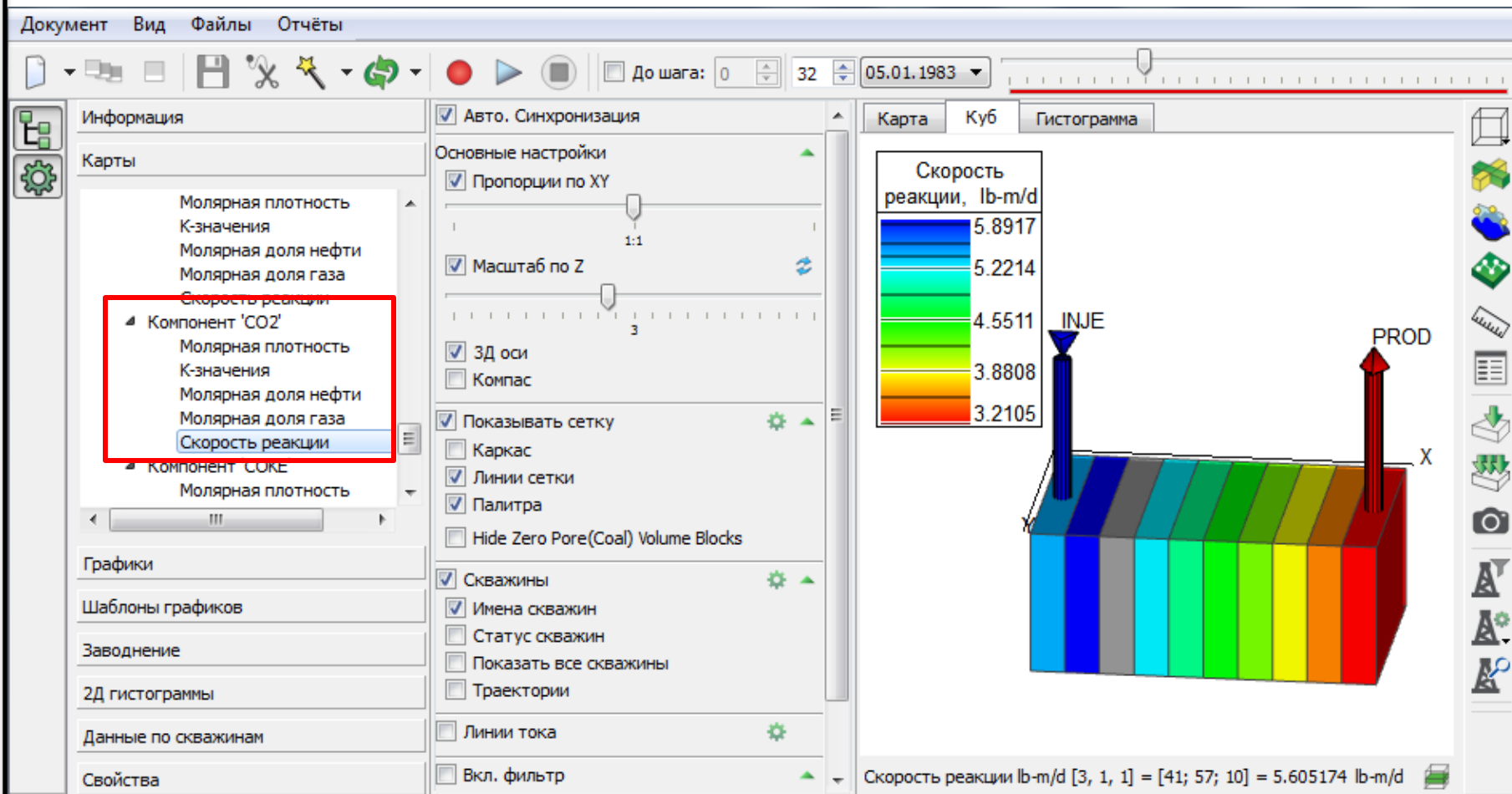
1. **Графики. Дебиты. Скважины. 'INJE'**
2. **Выберете Приёмистость газа**
3. **Приёмистость кислорода (O2) равна 300 тыс. ст.кф/сут**





# Пластовое горение e300

1. Карты. Компонент 'CO2'
2. Выберите Скорость реакции
3. ....



# Пластовое горение e300

1. **Свойства. Химические свойства**
2. Показаны свойства каждой химической реакции: Коэффициенты реагента (STOREAC), коэффициенты продукта (STOPROD), порядок взаимодействия компонентов (REACCORD), критическая концентрация (REACCONC)

Документ Вид Файлы Отчёты

До шага: 0 32 05.01.1983

Информация  
Карты  
Графики  
Шаблоны графиков  
Заводнение  
2Д гистограммы  
Данные по скважинам  
Свойства  
ОФП вода-нефть (таблица)  
ОФП нефть-газ (таблица)  
Порода  
Св-ва компонентов  
Поверхностные св-ва компонент  
Химические свойства  
МОП нефть-вода  
МОП газ-нефть  
Дебиты и SWAT  
Функции потока  
Пропанты

Reaction #1  
Reaction #2  
Reaction #3  
Reaction #4

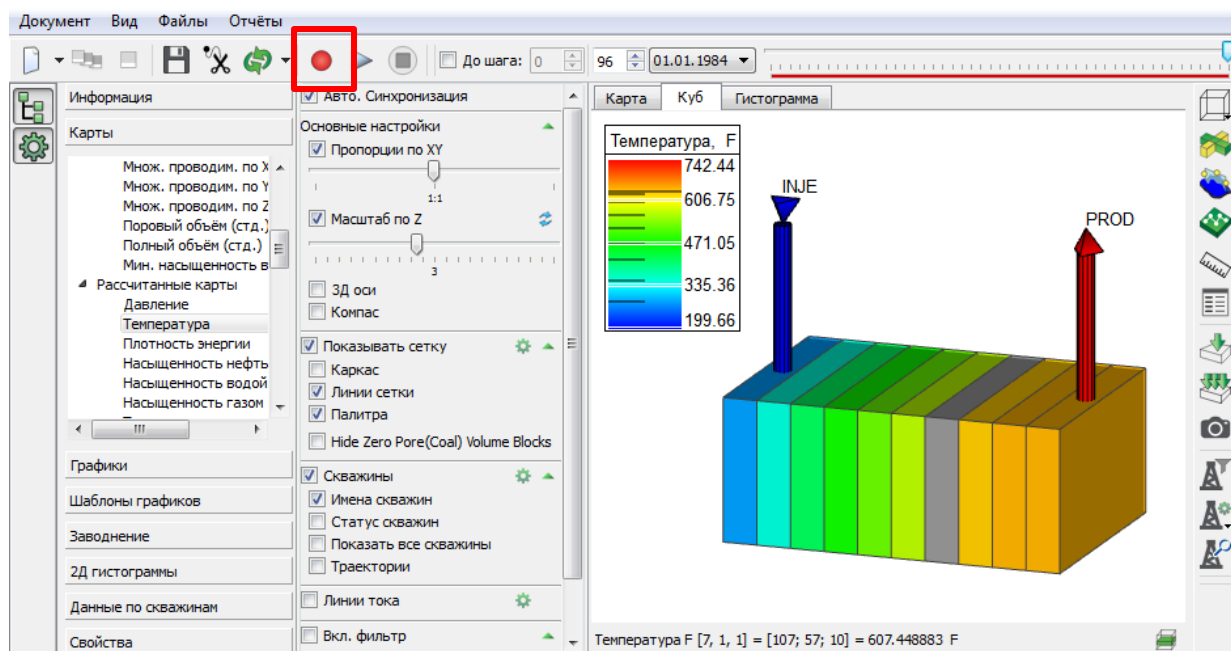
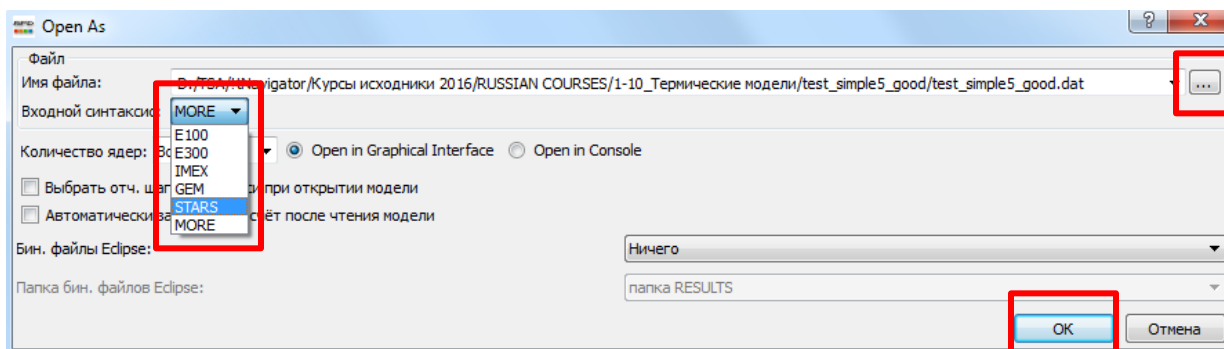
	Коэффициенты реагента	Коэффициенты продукта	Порядок взаимодей...	Критическая конце...
HEAVY	0	0	0	0
LIGHT	1	0	1	0
O2	5	0	1	0
CO2	0	3	0	0
COKE	0	0	0	0
H2O	0	4	0	0

***Therm\_SPE11\_initmod***

***Пластовое горение. Модель в формате  
STARS***

# Пластовое горение STARS

1. Главное окно tNavigator. **Файл. Открыть как.** Выберите формат данных **STARS** в поле **Входной Синтаксис**
2. Выберите модель **Therm\_SPE11\_initmod.dat**. **Запустить расчет**

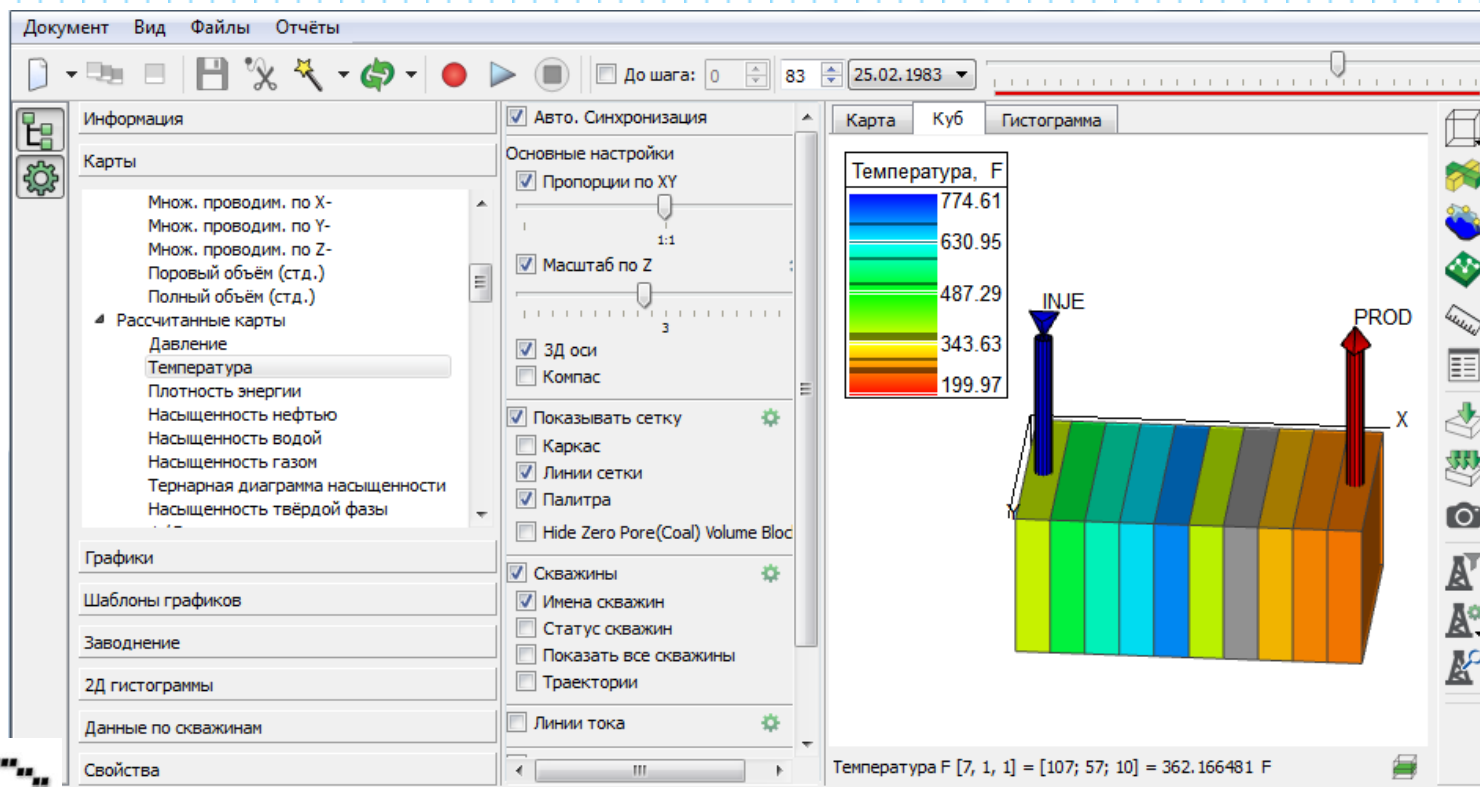


# Пластовое горение STARS


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

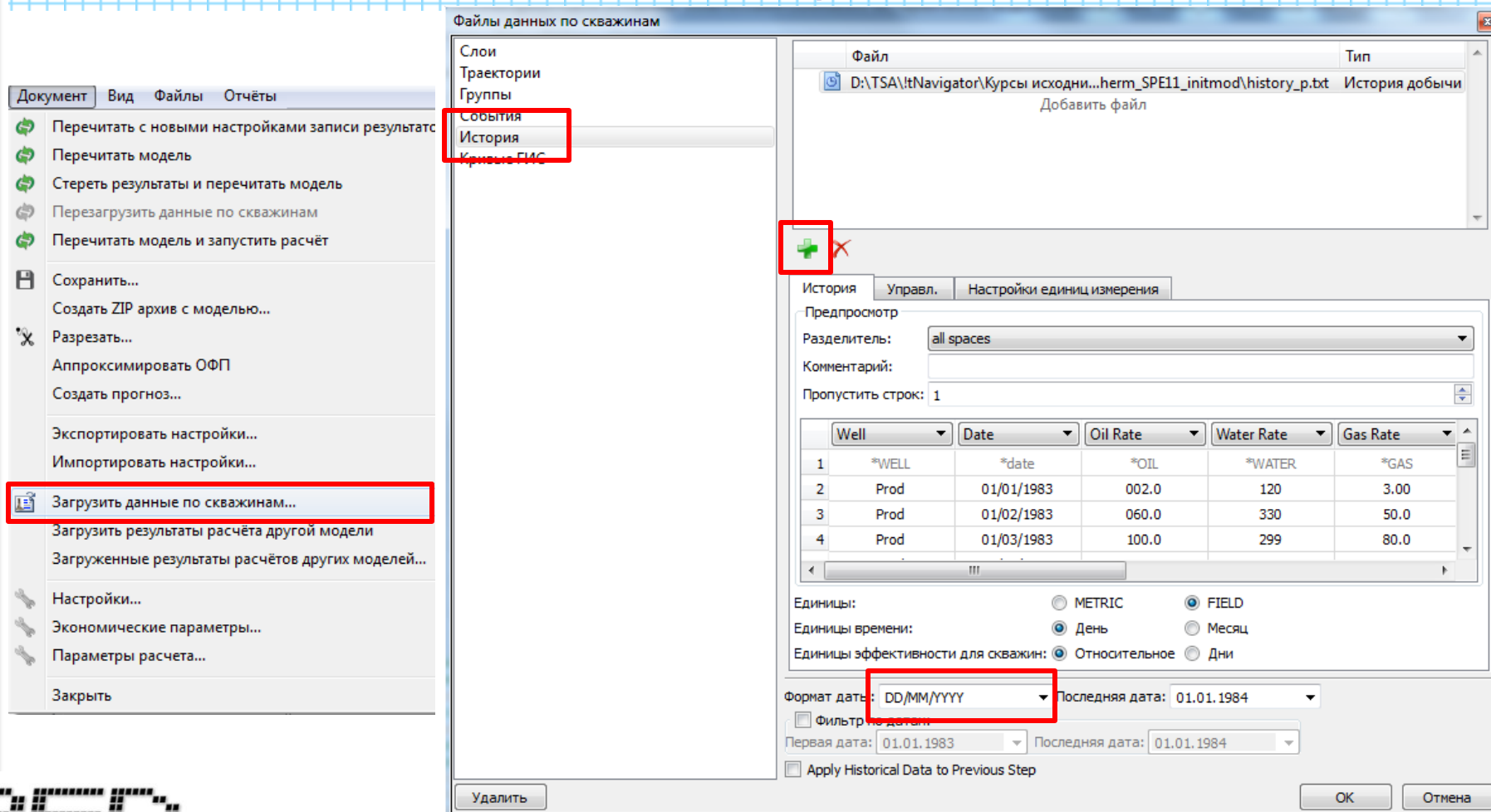
*Данная модель включает:*

- 1. 5 компонентов: HEAVY OIL (LIVE), LITE OIL (LIVE), O<sub>2</sub> (GAS), CO<sub>2</sub> (GAS) и твердый компонент COKE (SOLID); 4 химических реакций*
- 2. Сетка 10x1x1 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 cP*



# Пластовое горение STARS

1. **Документ. Загрузить данные по скважинам...**
2. **История.** Нажмите на , чтобы загрузить файл с историческими данными. Выберите файл **history\_p.txt**
3. **Подберите названия столбцов, чтобы они соответствовали как в текстовом файле: Well, date, Oil, Water, Gas, skip, WEF, Skip line; Формат даты - DD/MM/YYYY**



Файлы данных по скважинам

Слой  
Траектории  
Группы  
События  
История  
Кривые FIC

Файл

Тип

D:\TSA\ItNavigator\Курсы исходни...herm\_SPE11\_initmod\history\_p.txt История добычи

Добавить файл

История Управл. Настройки единиц измерения

Предпросмотр

Разделитель: all spaces

Комментарий:

Пропустить строк: 1

	Well	Date	Oil Rate	Water Rate	Gas Rate
1	*WELL	*date	*OIL	*WATER	*GAS
2	Prod	01/01/1983	002.0	120	3.00
3	Prod	01/02/1983	060.0	330	50.0
4	Prod	01/03/1983	100.0	299	80.0

Единицы: ☐ METRIC ☒ FIELD

Единицы времени: ☒ День ☐ Месяц

Единицы эффективности для скважин: ☒ Относительное ☐ Дни

Формат даты: DD/MM/YYYY Последняя дата: 01.01.1984

Первая дата: 01.01.1983 Последняя дата: 01.01.1984

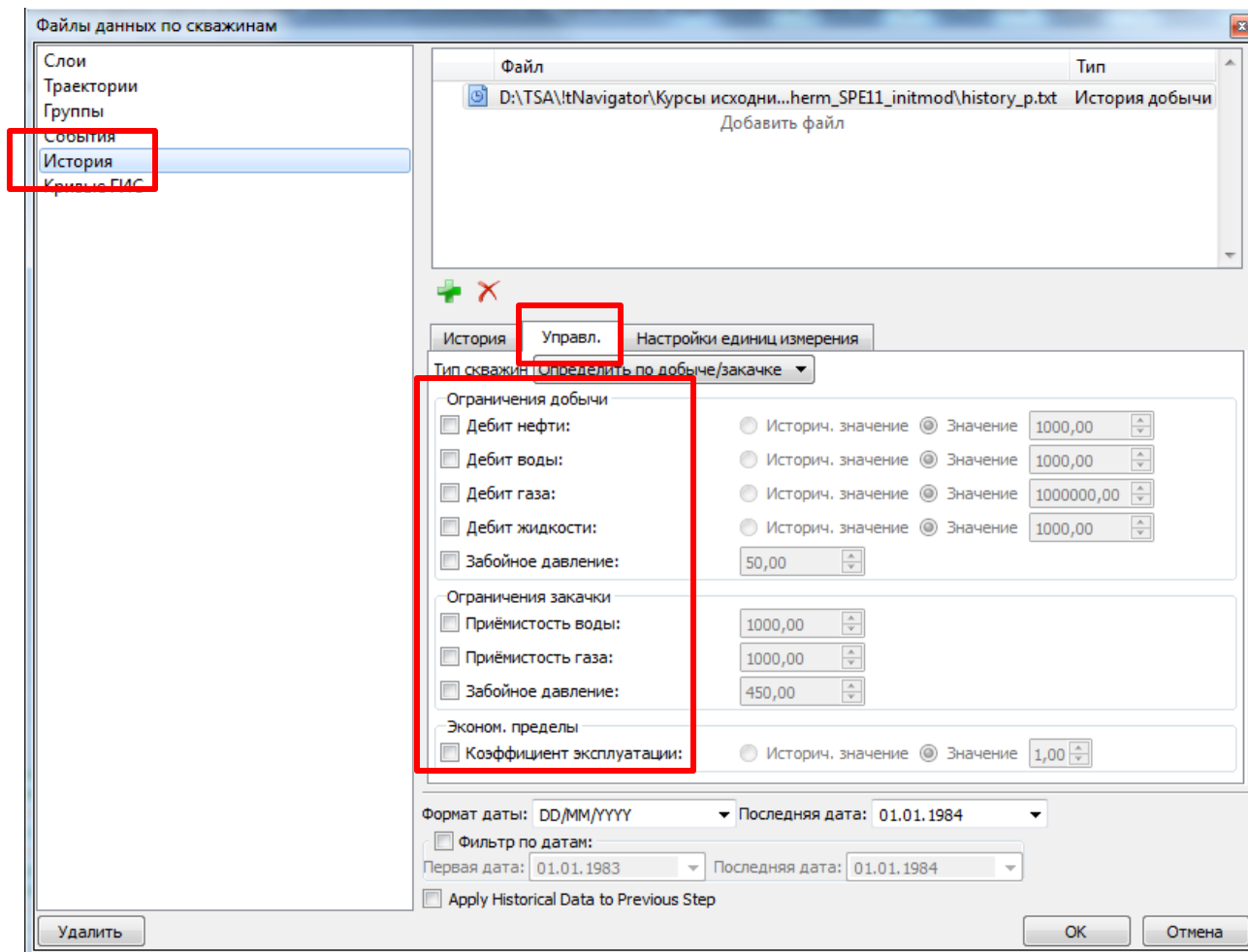
Apply Historical Data to Previous Step

Удалить

OK Отмена

# Пластовое горение STARS

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***

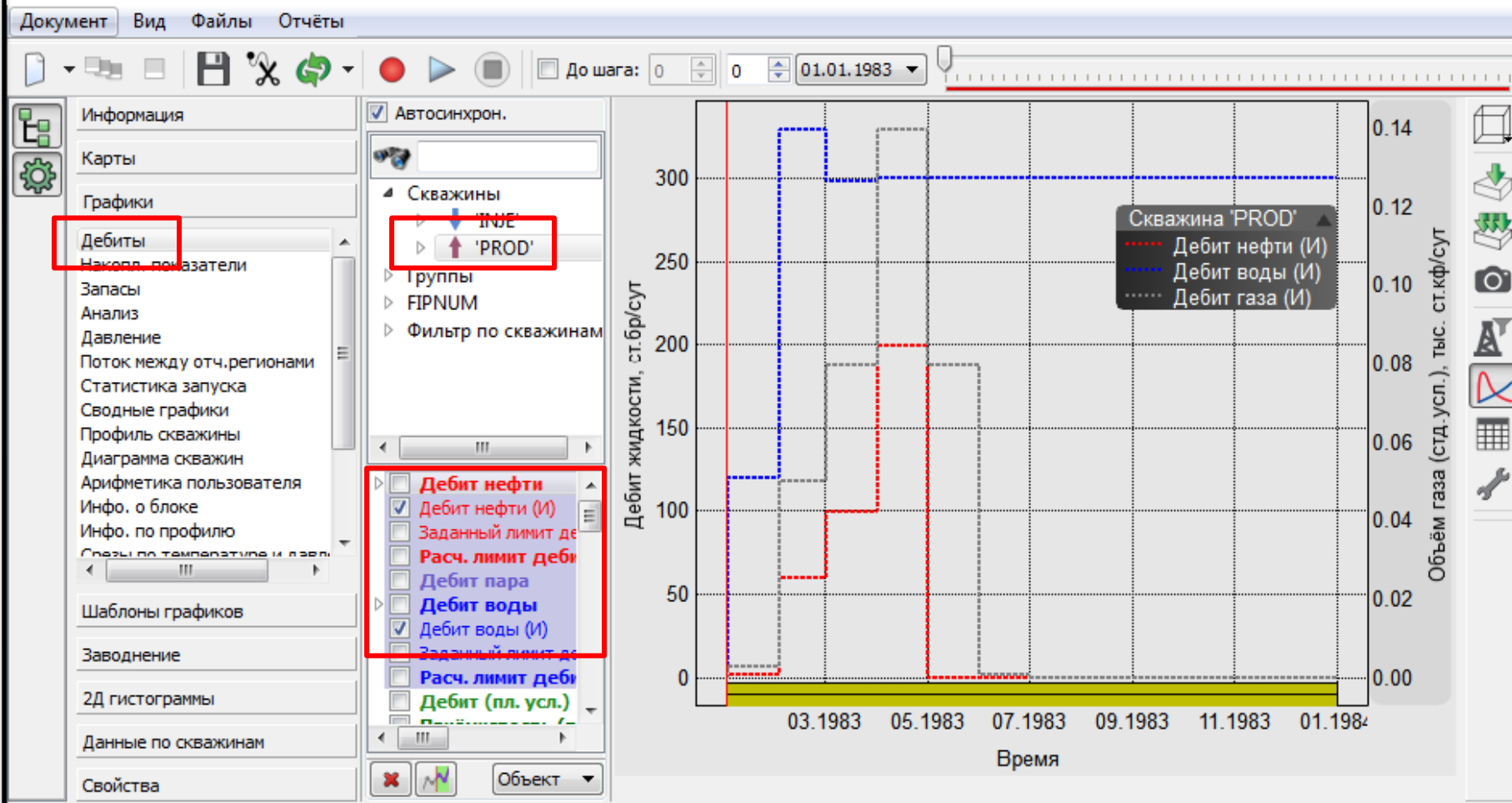




# Пластовое горение STARS

1. **Графики. Дебиты**

2. **Скважины. 'PROD'. Выберите Дебит нефти (И), Дебит газа (И), Дебит воды (И)**



**Спасибо за внимание!**