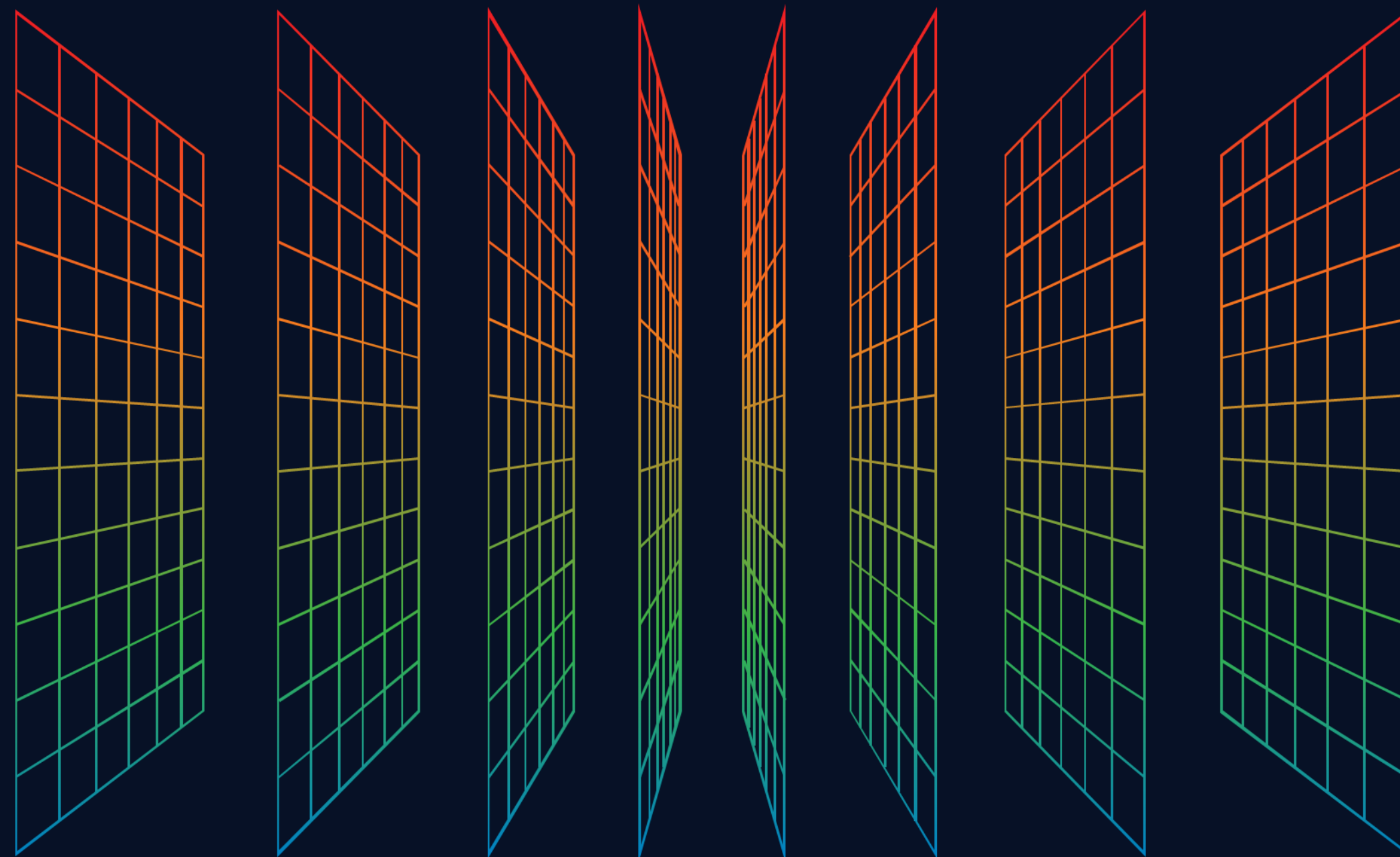


# Полимерное заводнение, ПАВ и температурная опция



**Внимание!** При прохождении данного курса следует помнить, что методики, описанные в рамках урока, носят рекомендательный характер и не являются единственно верными. Основной целью данного курса является рассмотрение всех основных функций, доступных в тНавигатор. В реальных проектах применяемые методики могут отличаться от описанных в данном курсе. Все данные, используемые в курсе, не являются реальными.

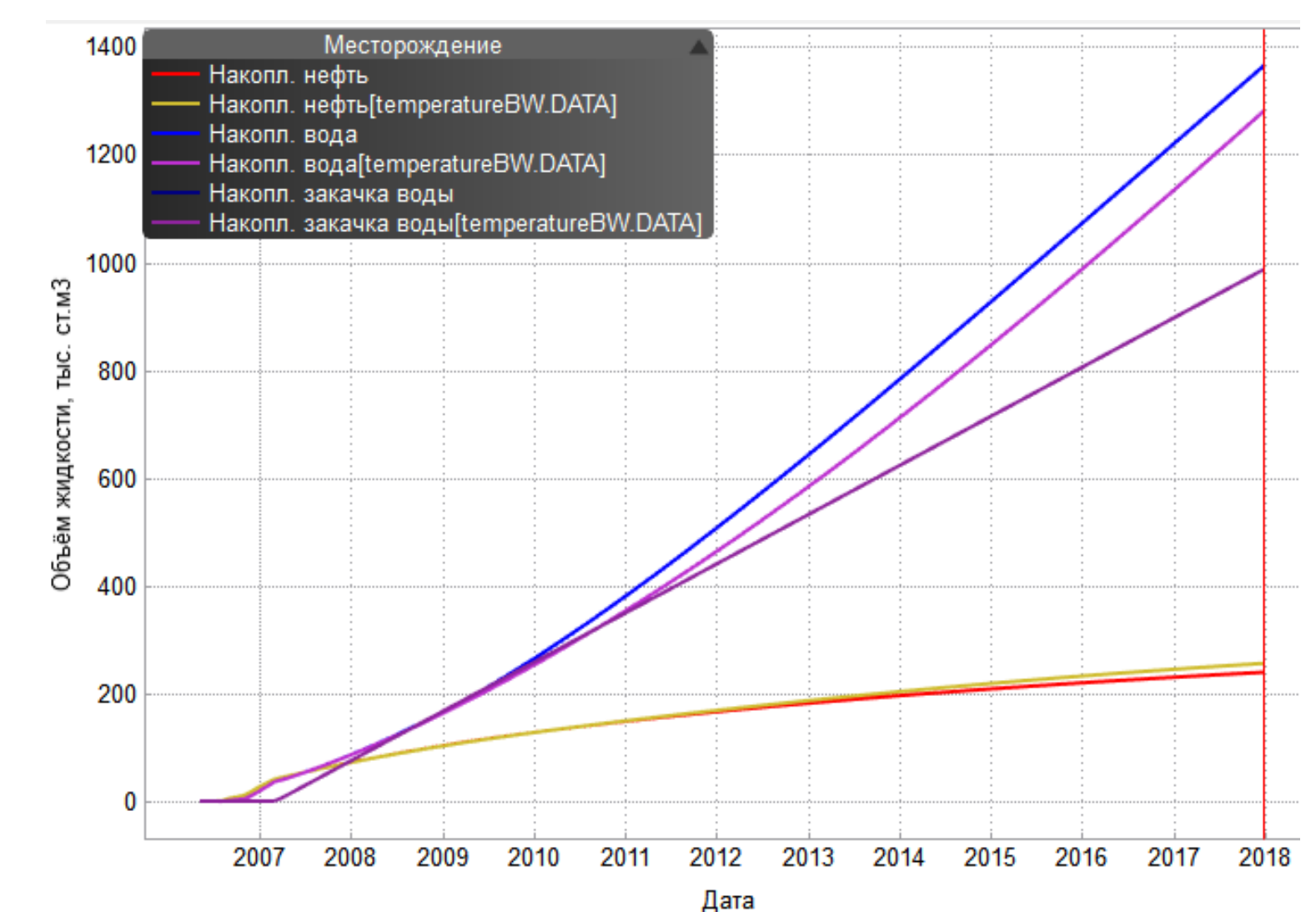
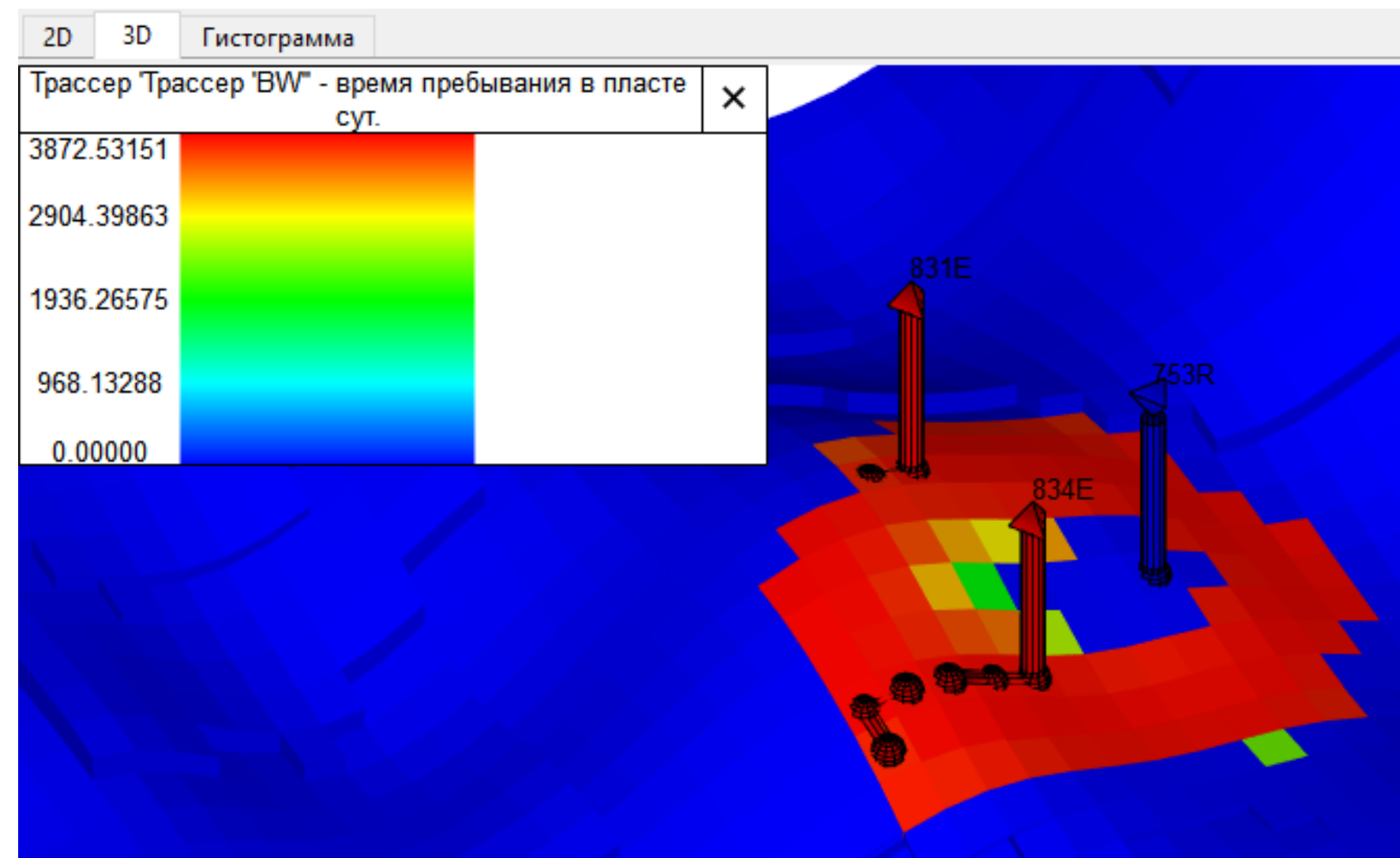
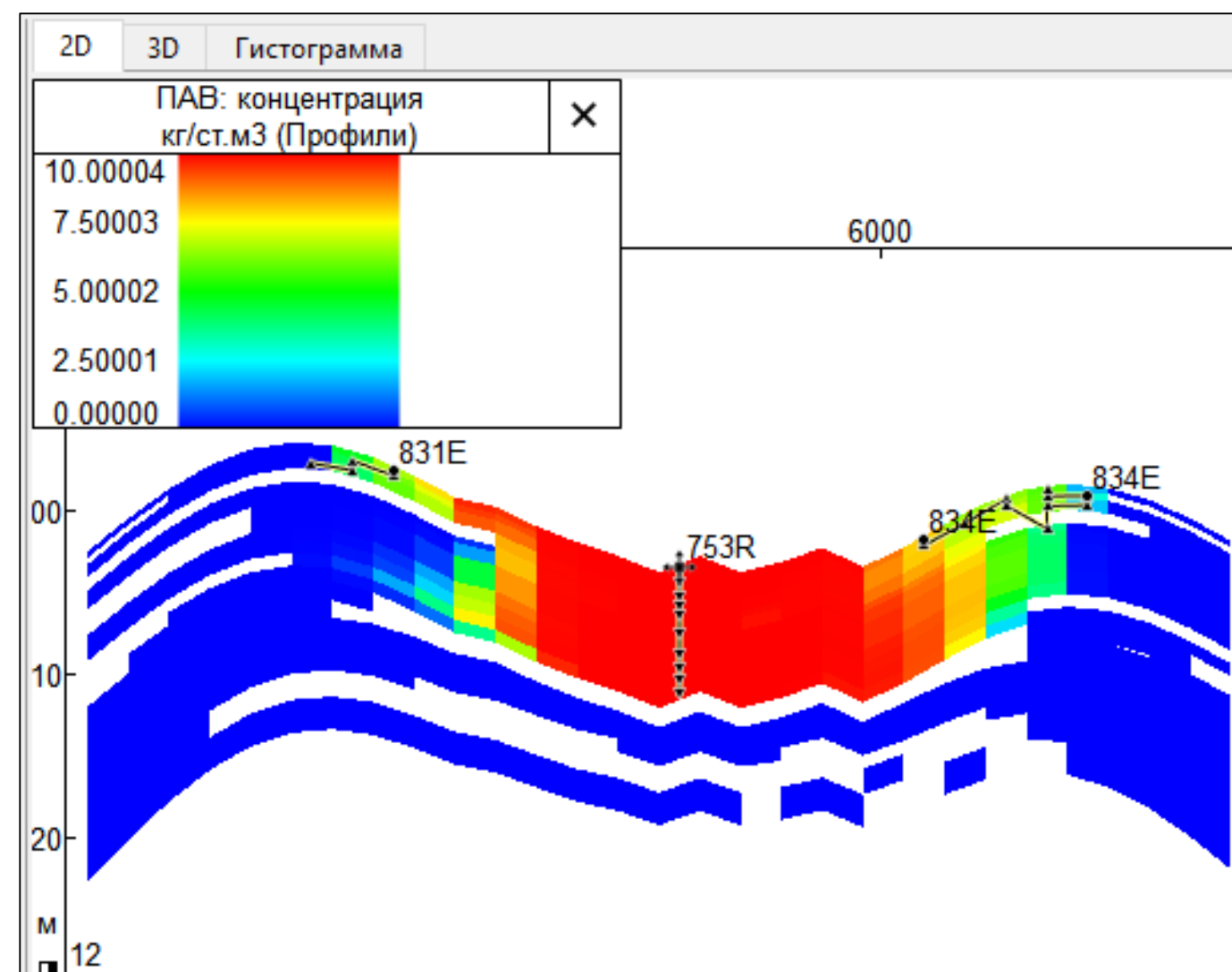
# Описание курса

## Цель курса:

- Ознакомление с опцией полимерного заводнения, ПАВ и температурной опцией.

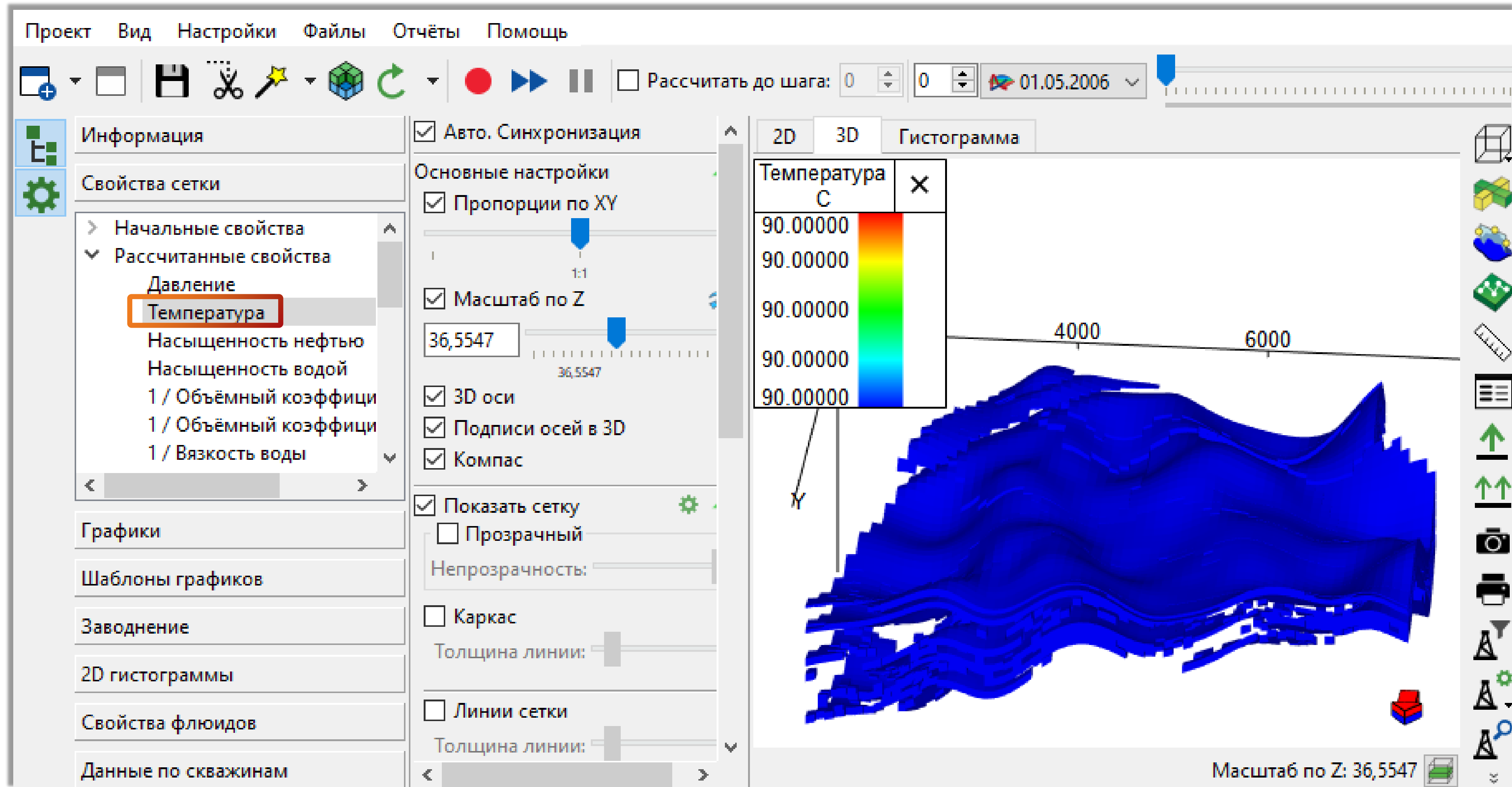
## Программа курса:

- Сравнить результаты расчета двух вариантов модели с активной температурной опцией — задается температура закачиваемого флюида для нагнетательной скважины. В одном варианте (temperatureBW.data) присутствует полимерная обработка, за счет которой ожидается увеличение нефтеотдачи, в другом (temperatureBW\_no.data) — нет.



# Открытие модели

1. В главном окне тНавигатор **Расчет. Открыть**. Выбираем файл данных модели **BrightWaterTemperature/temperatureBW.data**



# Температурная опция: ключевые слова

## ● Секция **RUNSPEC**:

- **TEMP** – указывает, что в модели будет использоваться температурная опция, для моделирования эффектов, возникающих при закачке в пласт холодной воды

## ● Секция **PROPS**:

- **SPECROCK** – задает удельную теплоемкость породы в зависимости от температуры
- **SPECHEAT** – задает удельную теплоемкость нефти, газа, воды в зависимости от температуры
- **OILVISCT** – задает таблицы зависимости вязкости нефти от температуры для каждого PVT региона
- **WATVISCT** – задает таблицы зависимости вязкости воды от температуры для каждого PVT региона
- **VISCREF** – задает опорное давление и опорную концентрацию растворенного в нефти газа для каждого PVT региона

## ● Секция **SOLUTION**:

- **RTEMPA** – определяет начальную температуру резервуара
- **RTEMPVD** – задает зависимость начальной температуры резервуара от глубины

## ● Секция **GRID**:

- **THCONR** – задает удельную термоэлектропроводность горной породы

## ● Секция **SCHEDULE**:

- **WTEMP** – задает температуру нагнетаемой воды



# Выбор участка для полимерного заводнения

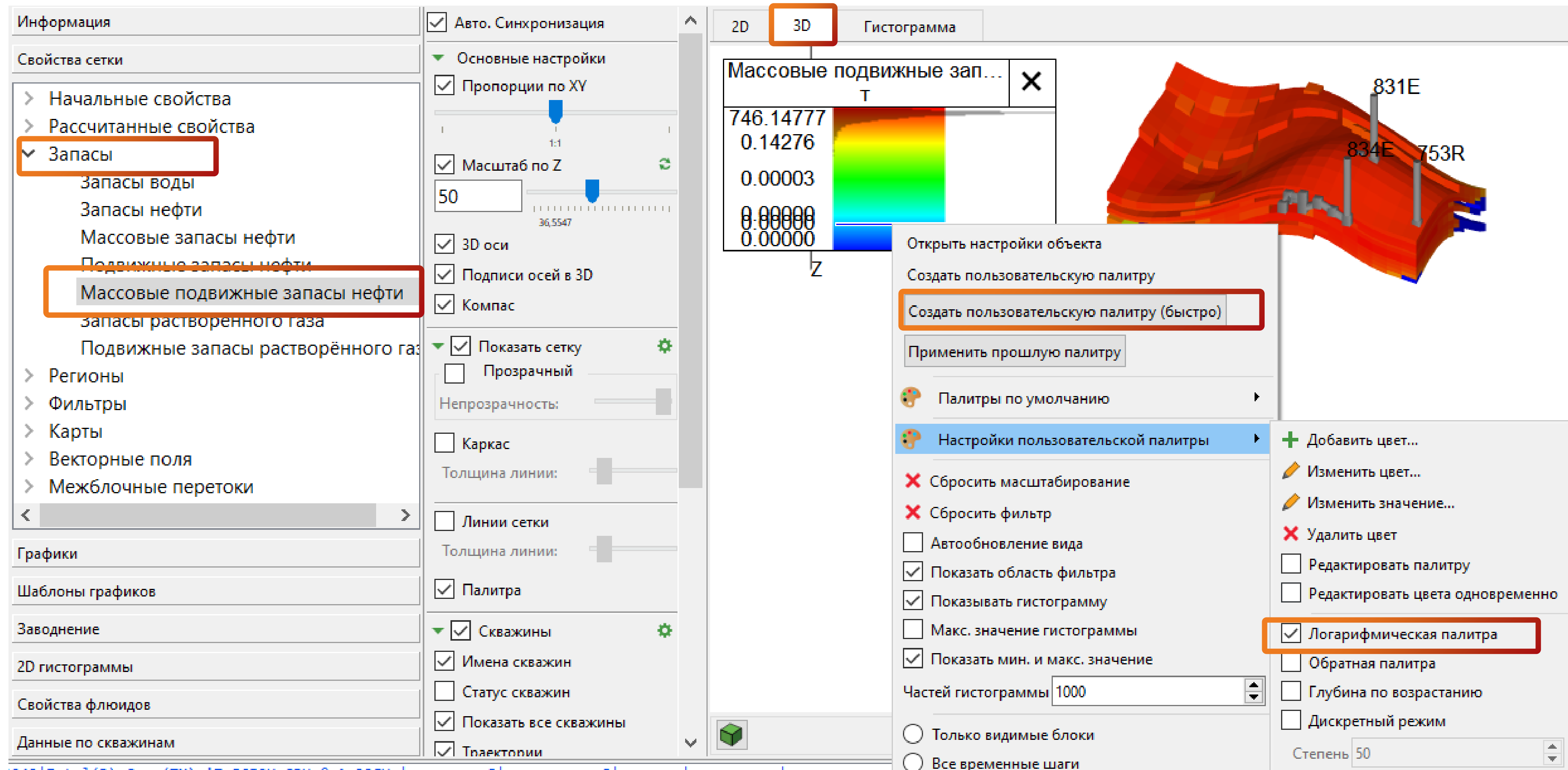
1. Галочка **Показать все скважины**. Три скважины: добывающие 831E, 834E и нагнетательная 753R. 753R закачивает полимер и ПАВ
2. Слоистость, большая проницаемость на данном участке – просматриваем карту **Начальные свойства**. Проницаемость по X на **3D сечениях**

The screenshot displays the TNAVIGATOR software interface. On the left, the 'Информация' (Information) panel shows 'Свойства сетки' (Grid properties) with 'Начальные свойства' (Initial properties) selected. A red box highlights 'Проницаемость по X' (Permeability along X). The 'Сечения' (Sections) dialog box is open, showing 'Пересечения' (Intersections) selected under 'I,J,K операции' (I,J,K operations). A red box highlights the 'Интервал' (Interval) settings for each axis: I (27-47), J (7-19), and K (0-32). A green button labeled 'Снять все' (Remove all) is visible. On the right, a 3D model of a geological section is shown with wells 831E, 834E, and 753R. A green box labeled '3D сечения' (3D sections) points to the model. A green text box at the bottom right contains the following text:

Выбираем «Пересечения»  
Снять все (не будет отображен ни один слой)  
Галочка «Интервал» и слайдерами задаем интервалы по IJK

# Распределение извлекаемых запасов

1. Свойства сетки. Запасы. Массовые подвижные запасы нефти
2. Нажмите правой кнопкой мыши на палитру, выберите **Создать пользовательскую палитру (быстро)**
3. В **Настройки пользовательской палитры** выберите **Логарифмическая палитра**



# Описание модели с полимерной обработкой

$$k = k_{mult}(C_{pol}, t_{pol}, T_{pol}) k_0$$

- $k$  – абсолютная проницаемость в модели с полимерной обработкой
- $k_0$  – исходная абсолютная проницаемость, которая была в модели до начала нанополимерного заводнения

temperatureBW.DATA		
156	TRACER	
157	BW WAT/	
158	/	
159		
160	TRACERM	
161	BW /	
162	/	
163		
164	TRMMULTC	
165	BW	
166	0	1
167	0.05	0.3
168	0.1	0.25
169	0.15	0.2
170	0.2	0.15
171	0.25	0.1
172	0.3	0.09
173	0.35	0.08
174	0.4	0.07 /
175	/	
176		
177	TRMTEMP	
178	BW	
179	10	1
180	20	0.9
181	60	0.5
182	70	0.4
183	90	0.3 /
184	/	
185		
186	TRMMULTT	
187	BW	

$$k_{mult}(C_{pol}, t_{pol}, T_{pol}) = 1 - \left(1 - k_{conc}(C_{pol})\right) \left(1 - k_{time}(t_{pol})\right) \left(1 - k_{temp}(T_{pol})\right)$$

Смотрим файл данных модели **temperatureBW.data**:

**TRACER** задает трассер BW

**TRACERM** задает расчет для BW времени пребывания в пласте

**TRMMULTC** – зависимость множителя абс. проницаемости от концентрации трассера. 1-ый столбец – концентрация, 2-ой – функция  $k_{conc}$

**TRMMULTT** – зависимость множителя абс проницаемости от времени пребывания индикатора в пласте. 1-ый столбец – время, 2-ой – функция  $k_{time}$

**TRMTEMP** – зависимость множителя абс. проницаемости от температуры. 1-ый столбец – температура, 2-ой – функция  $k_{temp}$

Множитель проницаемости может только убывать (при закачке полимера), но не возрастать (при промывании пласта после закачки полимера). Таким образом берется минимум его значения со всех шагов.



# Закачка полимера и ПАВ

- 1. **WTRACER** задает закачку трассера скважиной: Имя скважины, Трассер (в данном случае это полимер BW), концентрация трассера в потоке нагнетания
- 2. 28 марта 2007 начал закачиваться полимер (0.3 концентрация при закачке). 28 октября 2007 – закончил закачиваться
- 3. **WSURFACT** – закачка ПАВ (ПАВ закачивается с 28 марта 2007 до конца расчета). 10кг/м3 – концентрация ПАВ в потоке нагнетания
- 4. **WTEMP** – температура закачиваемой воды 20С

```
temperatureBW.DATA
513 WCONINJE
514 -- name phase status control volume_s.c. volume_r.c. bhp
515 '753R' 'WATER' 'OPEN' 'RATE' 250 1* 1* 1* 1* /
516 /
517
518 WTEMP
519 '753R' 20 /
520 /
```

```
temperatureBW.DATA
566 DATES
567 28 'OCT' 2007 /
568 /
569
570 WTRACER
571 '753R' 'BW' 0.0 /
572 /
```

```
527
528 --***** START POLYMER INJECTION
529
530 DATES
531 28 'MAR' 2007 /
532 /
533
534 WTRACER
535 '753R' 'BW' 0.3 /
536 /
537
538 WSURFACT
539 '753R' 10 /
540 /
```

# Влияние ПАВ на свойства фаз

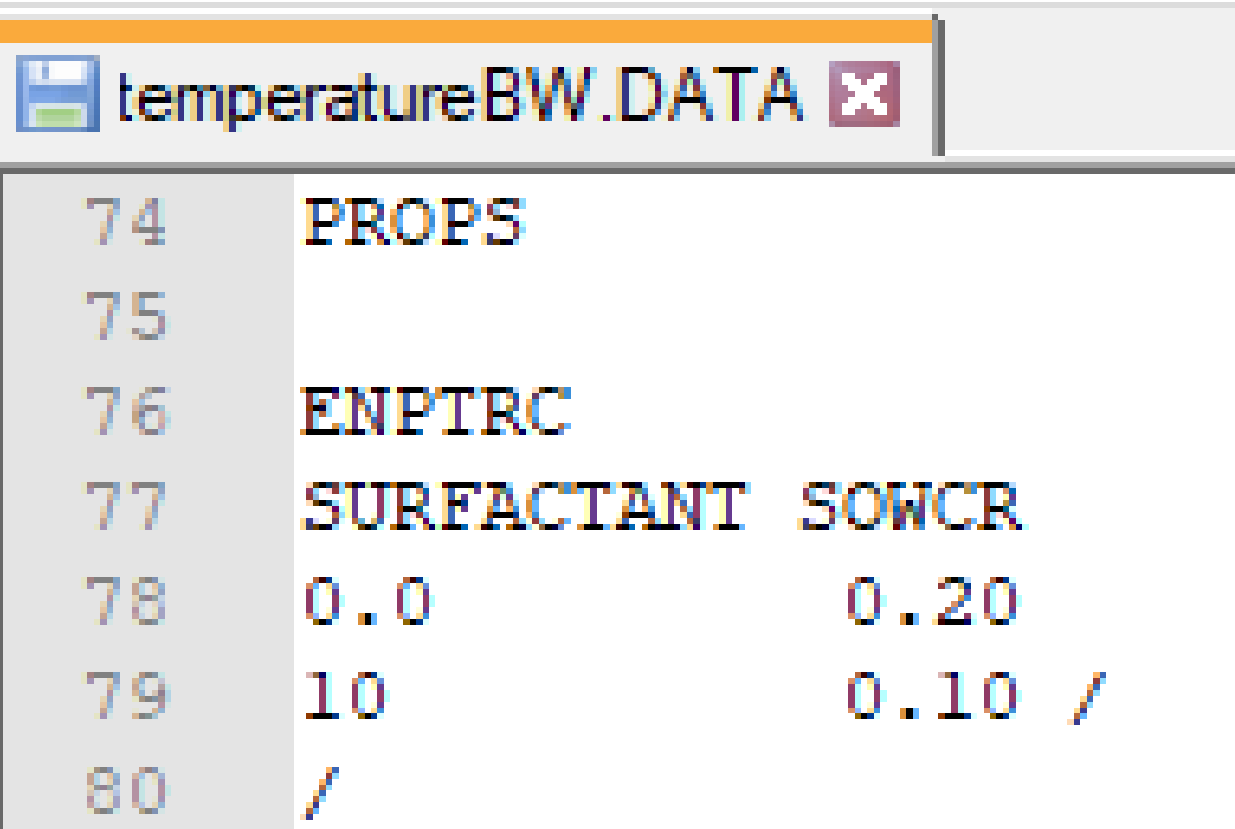
- Влияние ПАВ на свойства фаз реализуется через масштабирование относительных проницаемостей с помощью слова **ENPTRC**, его формат имеет вид:

**ENPTRC**

'tracer name' 'end point name'

таблица

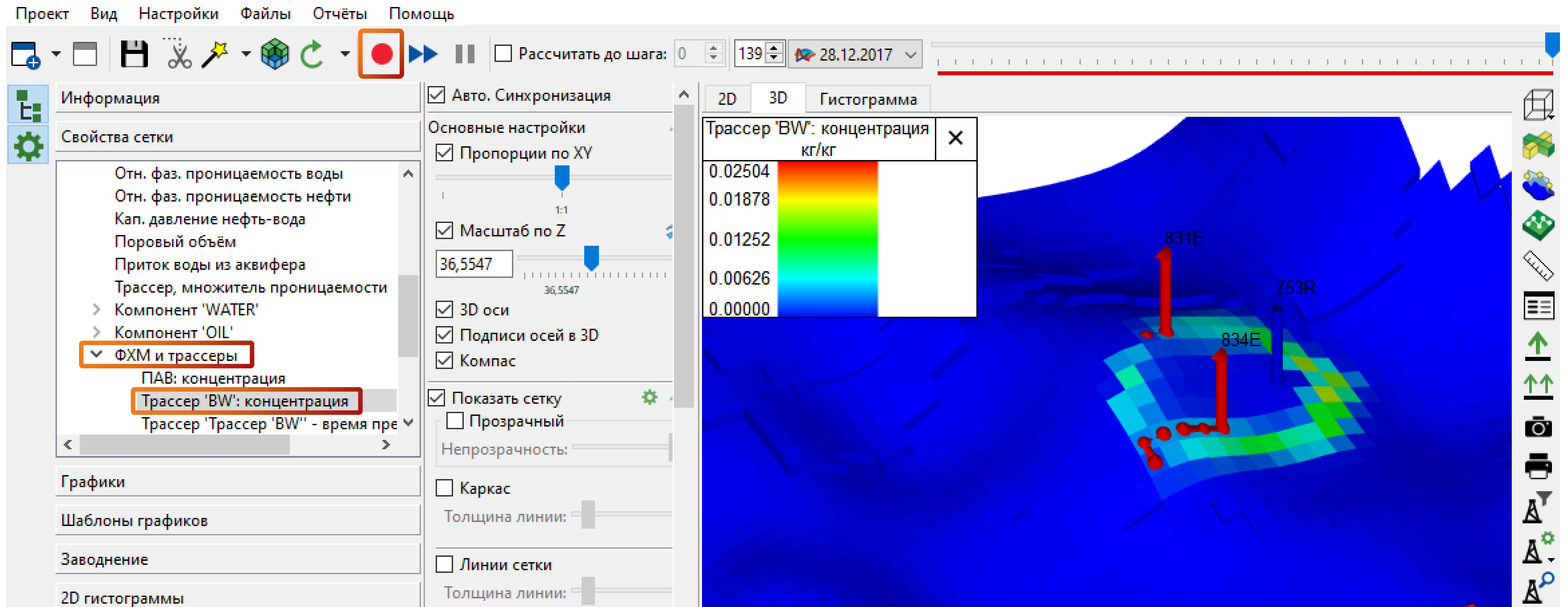
- 'tracer name' – имя трассера, в случае ПАВ – 'SURFACTANT'
- 'end point name' – одна из 8 возможных конечных точек насыщенности: 'SWL', 'SWCR', 'SWU', 'SGL', 'SGCR', 'SGU', 'SOWCR', 'SOGCR'
- В таблице задается концентрация трассера (в случае ПАВ в размерном виде (kg/m<sup>3</sup>)) и значение соответствующей конечной точки



74	PROPS		
75			
76	ENPTRC		
77	SURFACTANT	SOWCR	
78	0.0	0.20	
79	10	0.10	/
80	/		

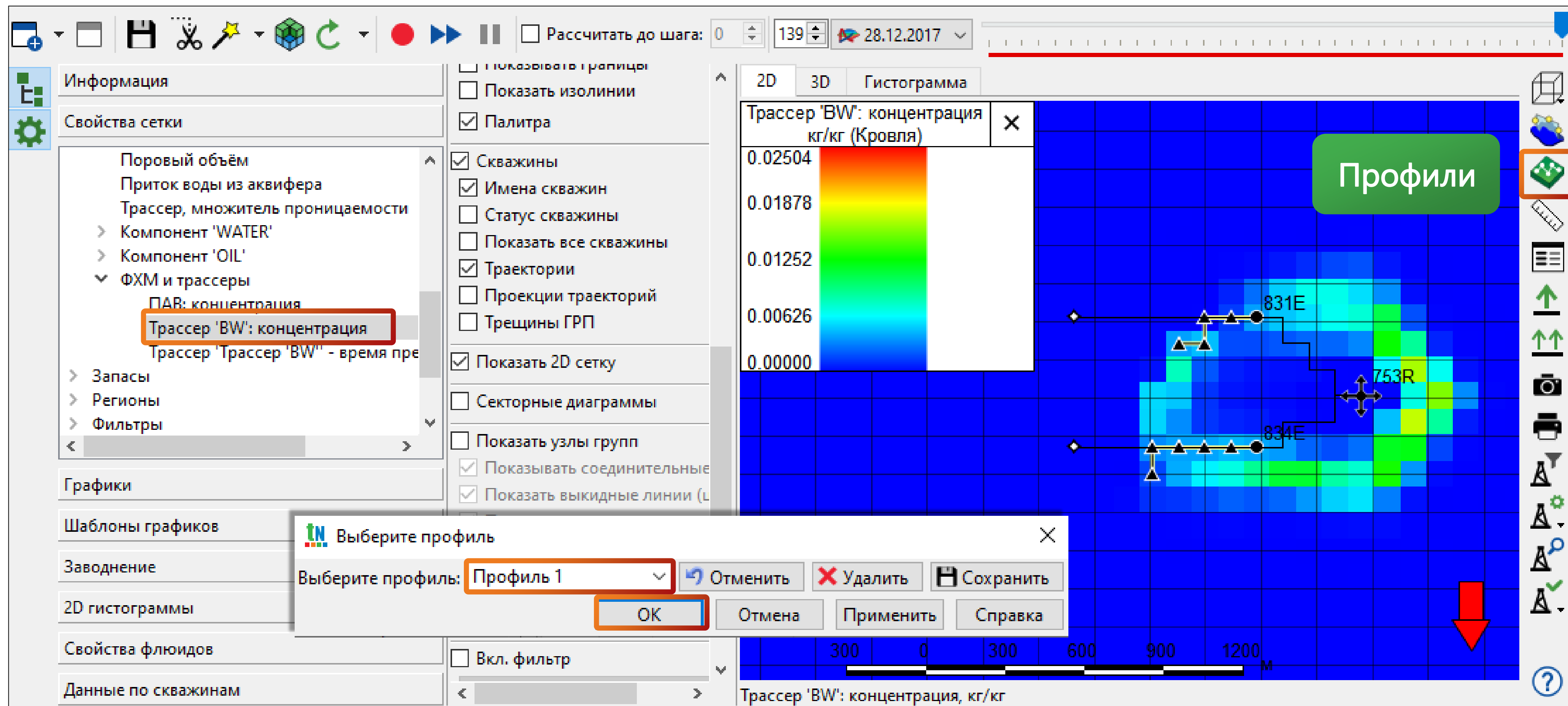
# Концентрация трассера (закачки полимера)

1. Отключите сечение, т.е. покажите всю модель (3D сечения. Выбрать всё)
2. Запускаем расчет модели [temperatureBW.data](#)
3. Для просмотра закачки полимера выберите: [Свойства сетки. Рассчитанные свойства. ФХМ и трассеры.](#)  
[Трассер 'BW': Концентрация](#)



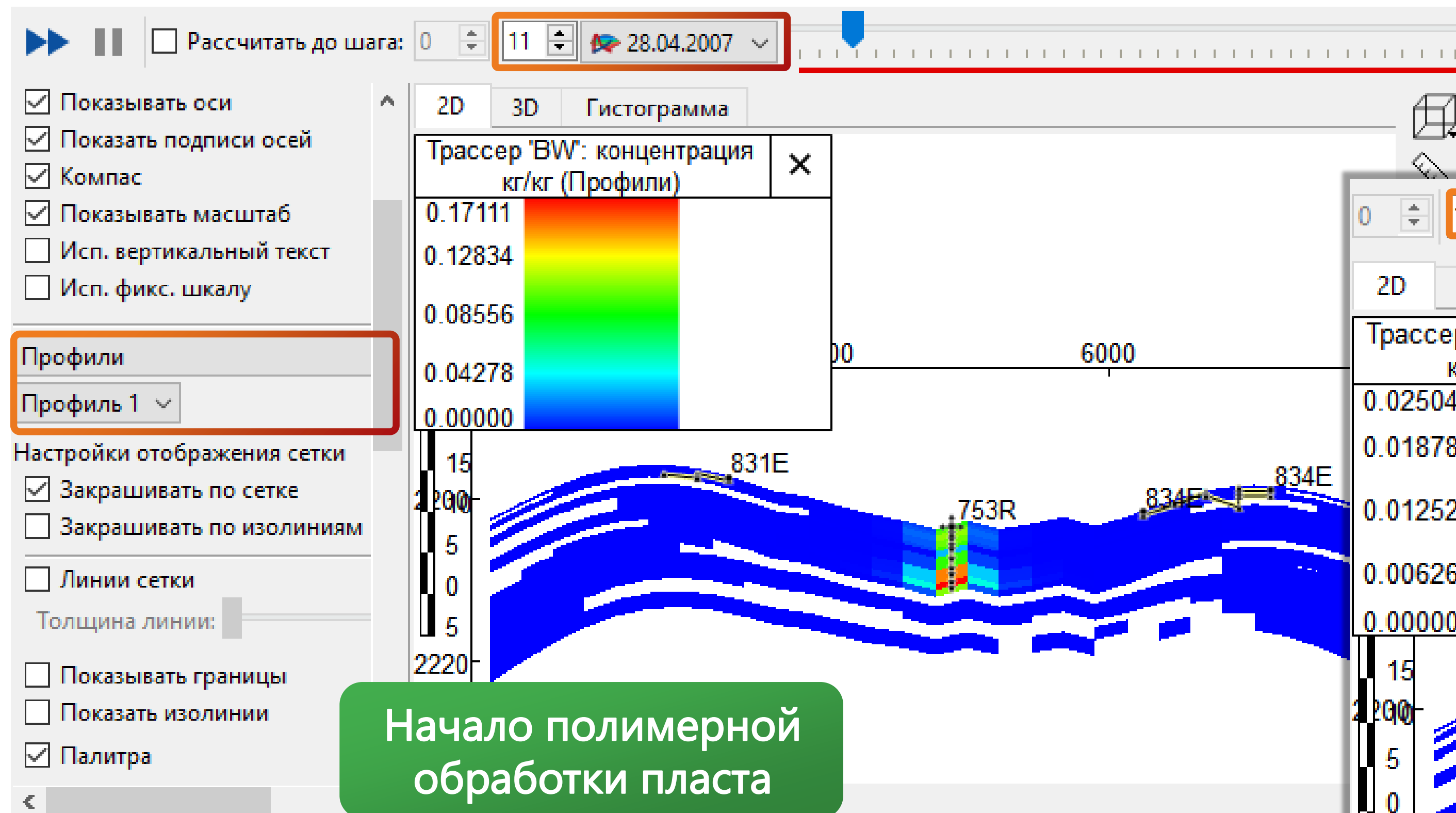
# Профиль для просмотра закачки полимера

1. Создадим профиль (вертикальный разрез) на 2D виде
2. Кнопка **Профили** на правой панели. **Профиль 1**
3. Проводим линию профиля через добывающие скважины и нагнетательную 753R между ними

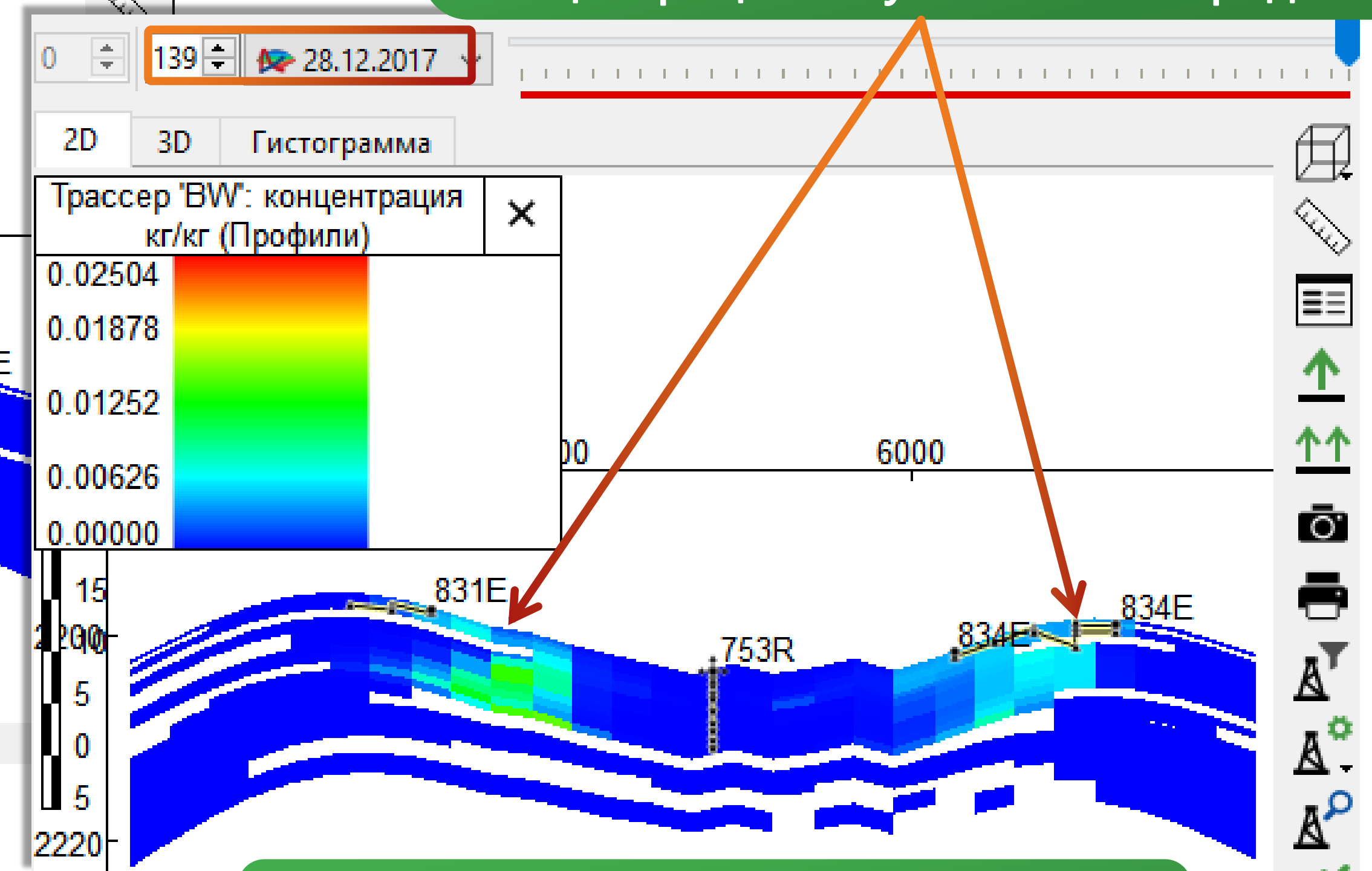


# Начало и конец расчета при закачке полимера

1. Начало и конец расчета при закачке полимера на профиле (Свойства сетки. Рассчитанные свойства. ФХМ и трассеры. Трассер 'BW': концентрация)
2. Закладка 2D. Выберите Профили – Профиль 1. (Для визуализации профиля одновременно щелкните на 2D виде правой и левой кнопками мыши)



Активация полимера между добывающими и нагнетательной скважиной – максимальная концентрация на участках посередине





# Время пребывания в пласте

1. Время пребывания полимера в пласте на 3D виде
2. Выберите **Свойства сетки. Рассчитанные свойства. ФХМ и трассеры. Трассер 'Трассер 'BW' - время пребывания в пласте**

Проект Вид Настройки Файлы Отчёты Помощь

Информация

Свойства сетки

- Трассер, множитель проницаемости
  - > Компонент 'WATER'
  - > Компонент 'OIL'
  - ФХМ и трассеры
    - ПАВ: концентрация
    - Трассер 'BW': концентрация
    - Трассер 'Трассер 'BW' - время пребывания в пласте
  - > Запасы
  - > Регионы
  - > Фильтры
  - > Карты
  - > Векторные поля
  - > Межблочные перетоки

Графики

Шаблоны графиков

Заводнение

2D гистограммы

2D 3D Гистограмма

Трассер 'Трассер 'BW' - время пребывания в пласте сут.

3872.53151	
2904.39863	
1936.26575	
968.13288	
0.00000	

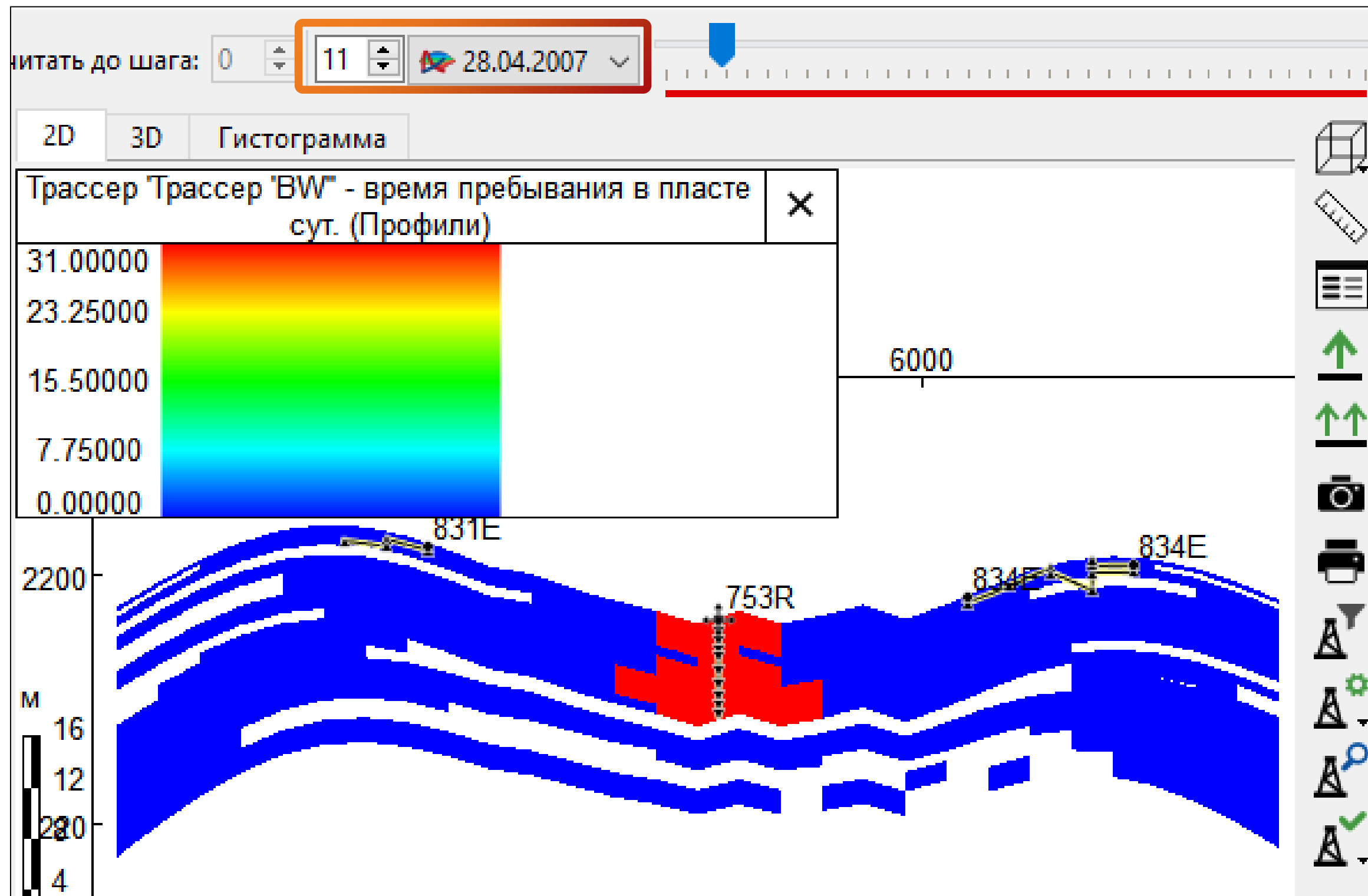
831E

753R

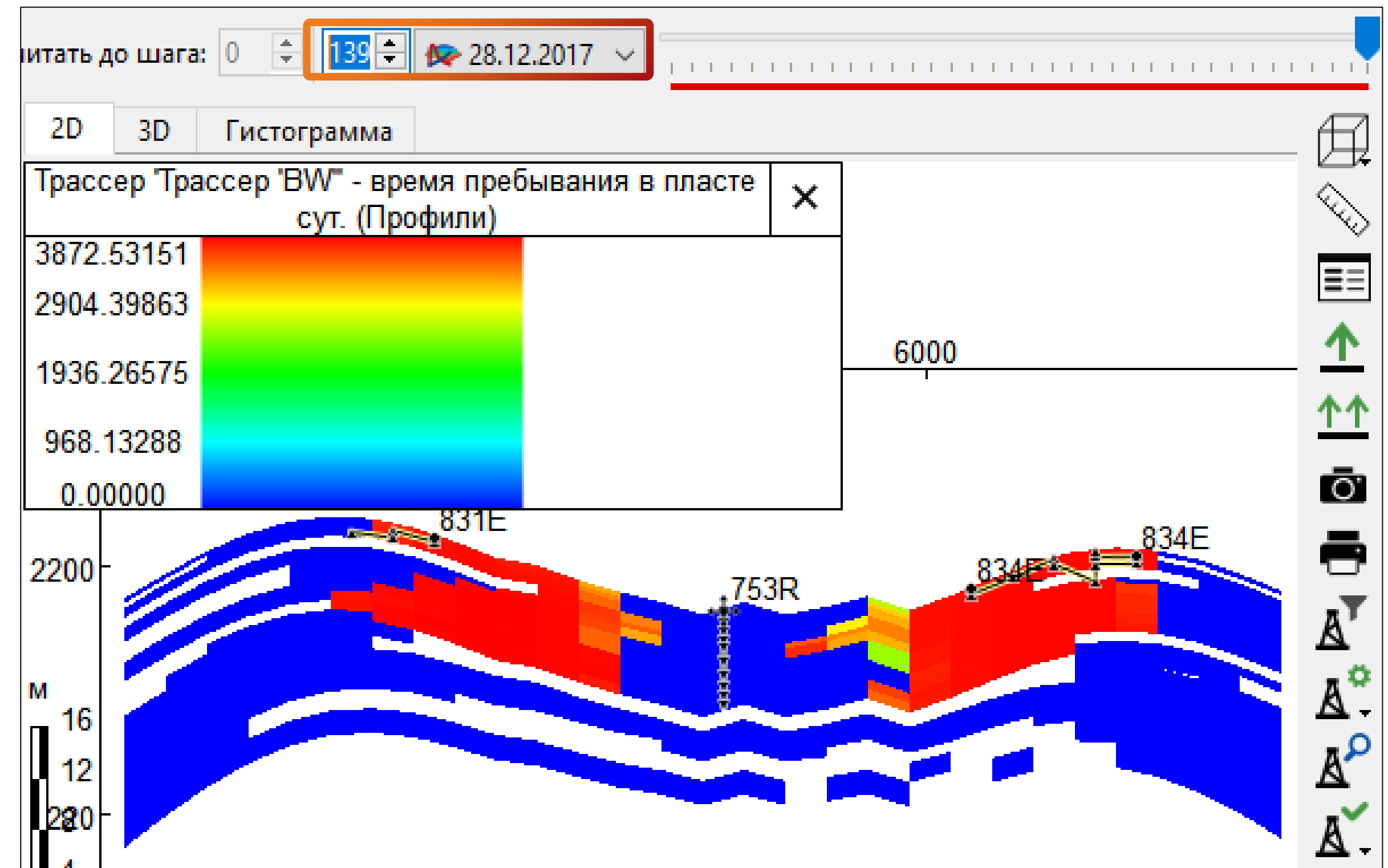
834E

# Время пребывания в пласте на профиле

1. Перейдите на **2D. Профили – Профиль 1**



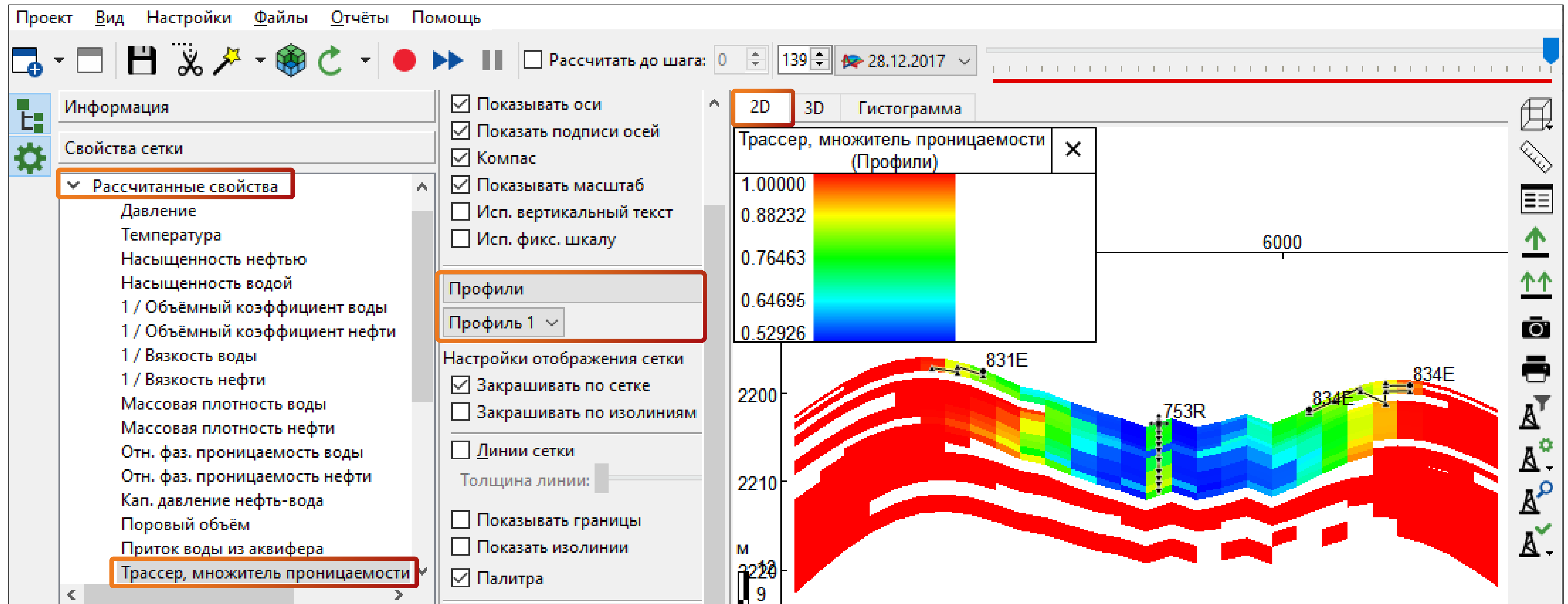
Начало полимерной  
обработки пласта



Конец расчета при полимерной  
обработке пласта (шаг 139)

# Множитель проницаемости

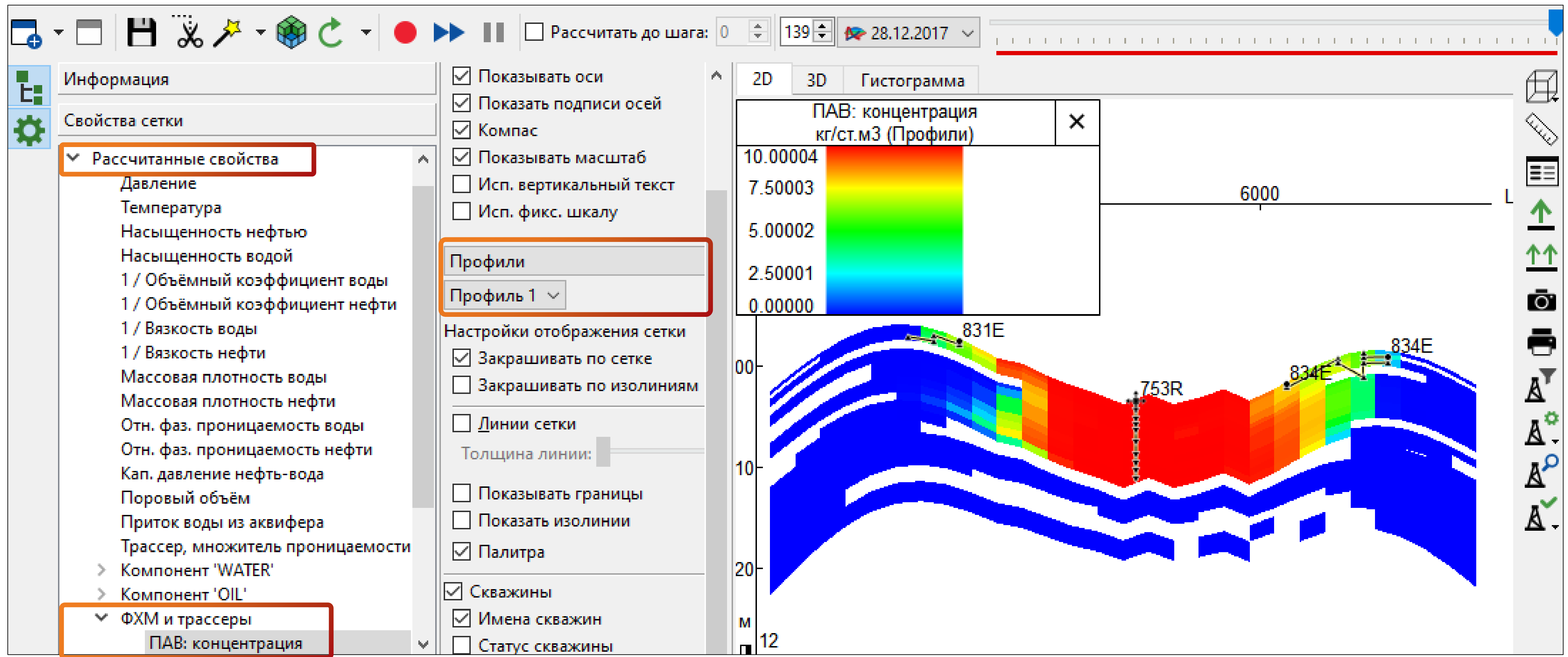
1. Множитель проницаемости на профиле в конце расчета
2. 2D. Свойства сетки. Рассчитанные свойства. Трассер, множитель проницаемости
3. Множитель проницаемости может только убывать (при закачке полимера), но не возрастать (при промывании пласта после закачки полимера)



# ПАВ

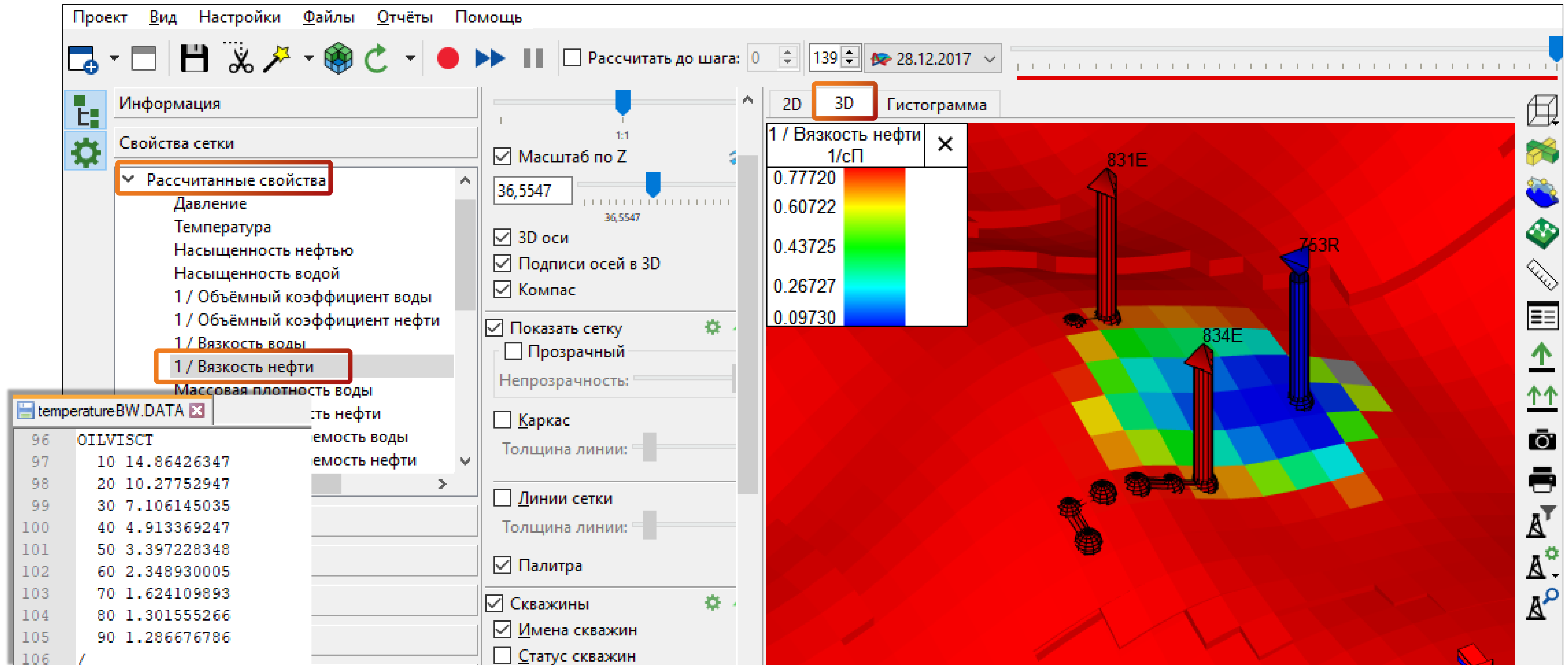
## 1. ПАВ (кг\ст. м3)

## 2. Свойства сетки. Рассчитанные свойства. ФХМ и трассеры. ПАВ: концентрация



# Вязкость нефти

1. 3D. Свойства сетки. Рассчитанные свойства.1/Вязкость нефти
2. Зависимость вязкости нефти от температуры задана ключевым словом **OILVISCT**





# Расчет вязкости нефти

- Вязкость нефти при текущем давлении и  $R_s$  (концентрация растворенного в нефти газа) вычисляется как:

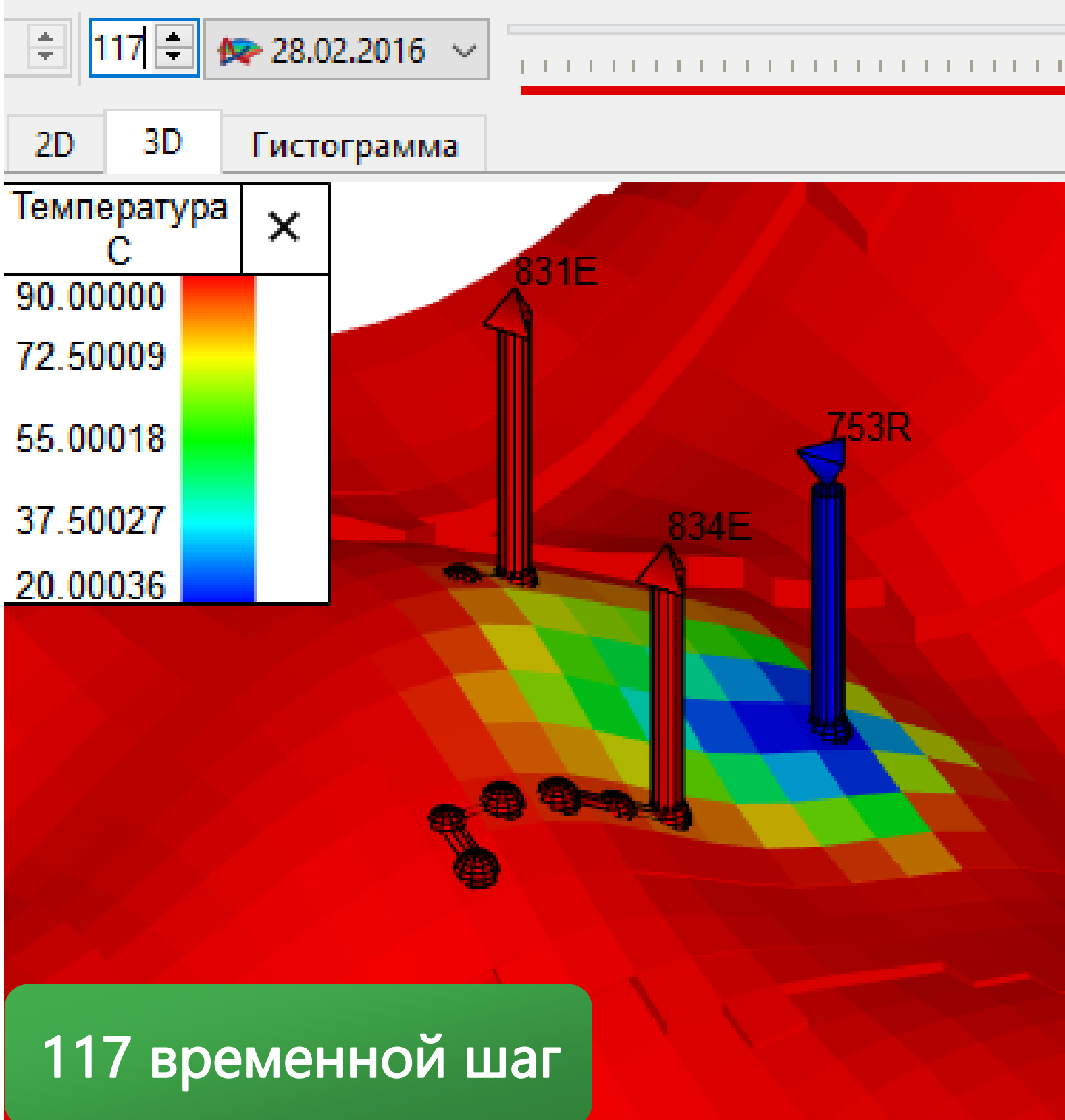
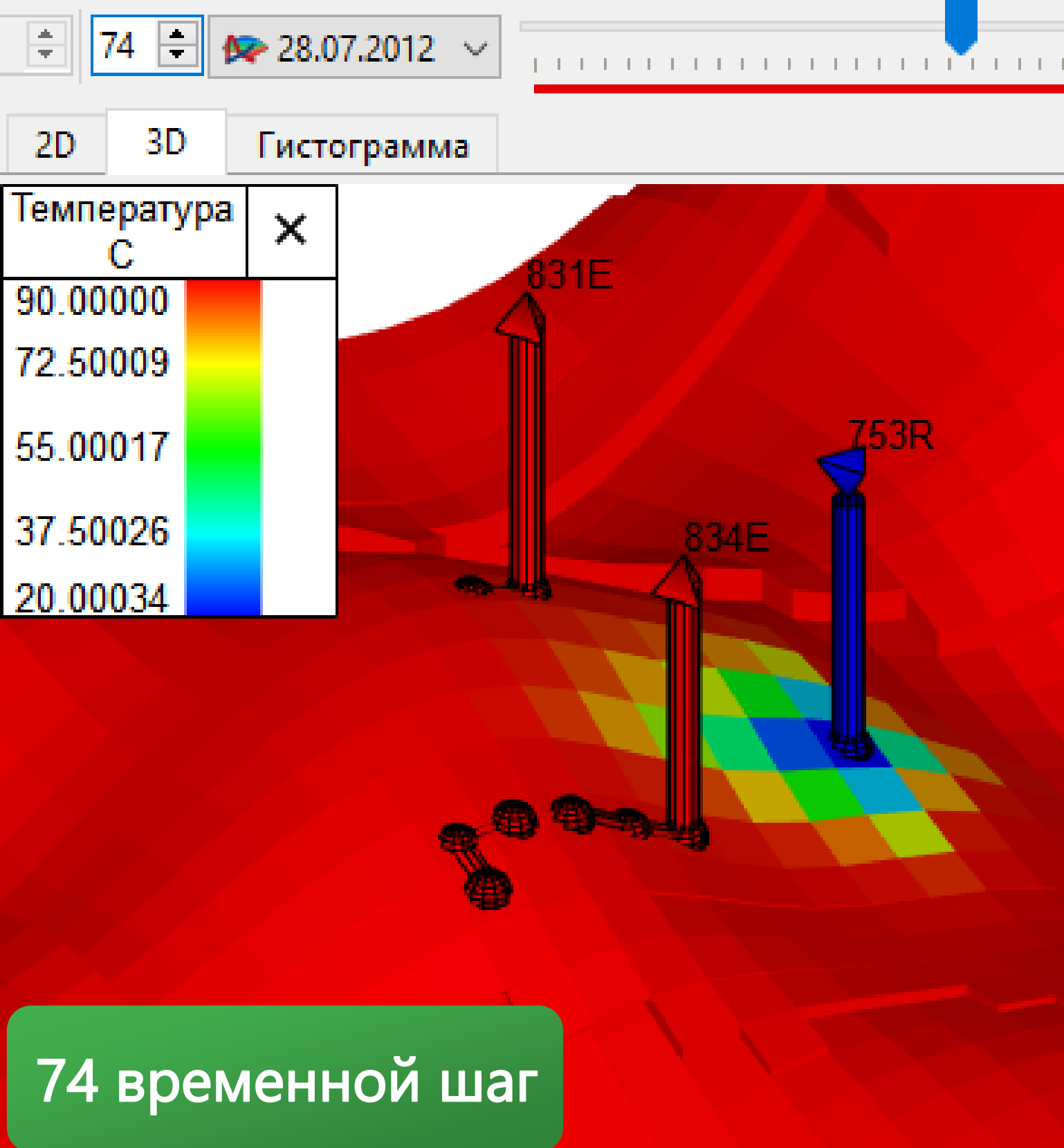
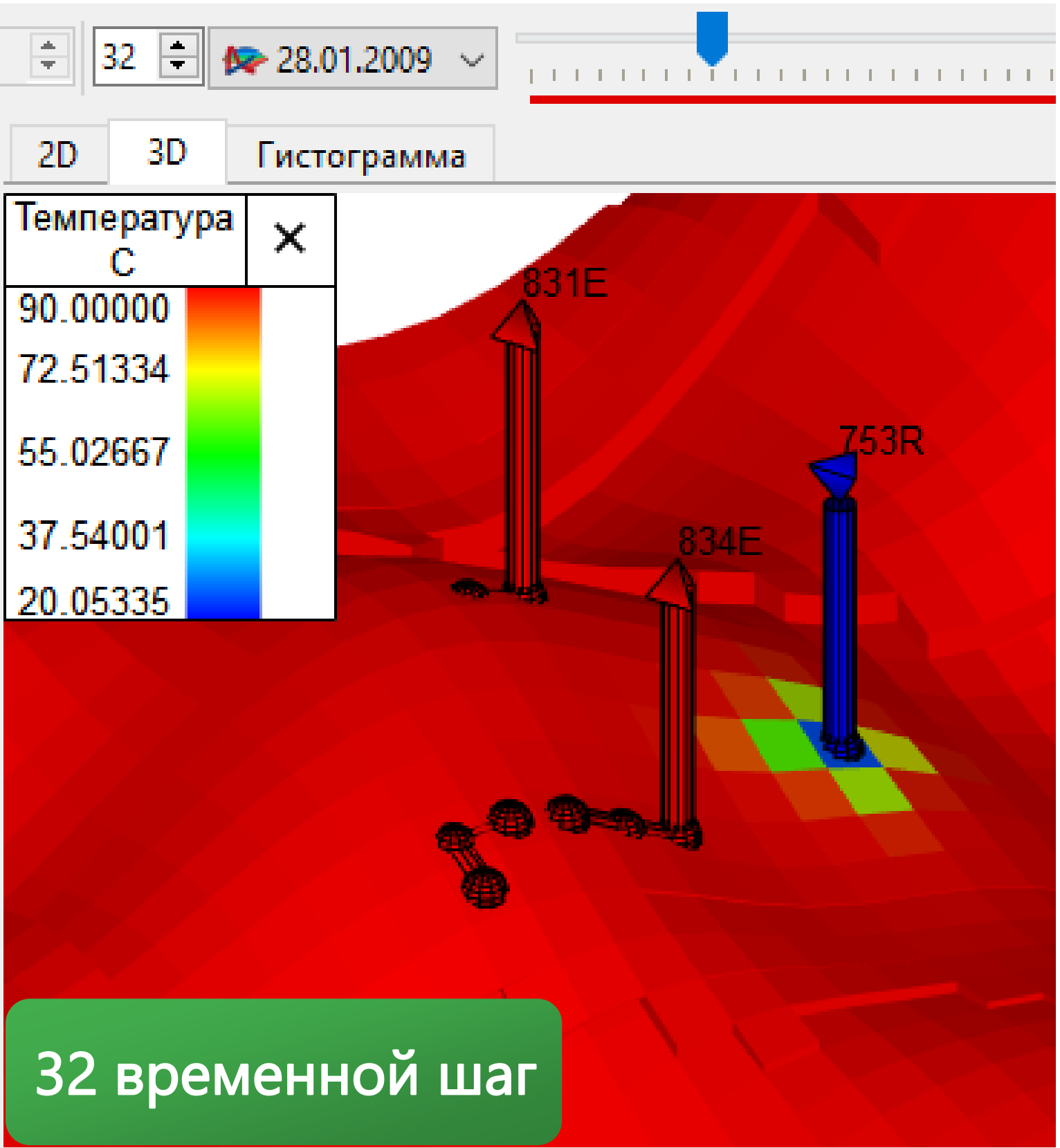
$$\mu_o = \mu_T(T) \frac{\mu_p(P, R_s)}{\mu_p(P_{ref}, R_{sref})}$$

- $\mu_T$  - вязкость, задаваемая **OILVISCT** (предполагается взятой при опорном давлении и  $R_s$ , заданном **VISCREF**)
- $\mu_p$  - функция вязкости, задаваемая **PVCO** или **PVDO**
- $P_{ref}$  - опорное давление, задаваемое **VISCREF**
- $R_{sref}$  - опорное  $R_s$ , задаваемое **VISCREF**

# Температура на различных временных шагах

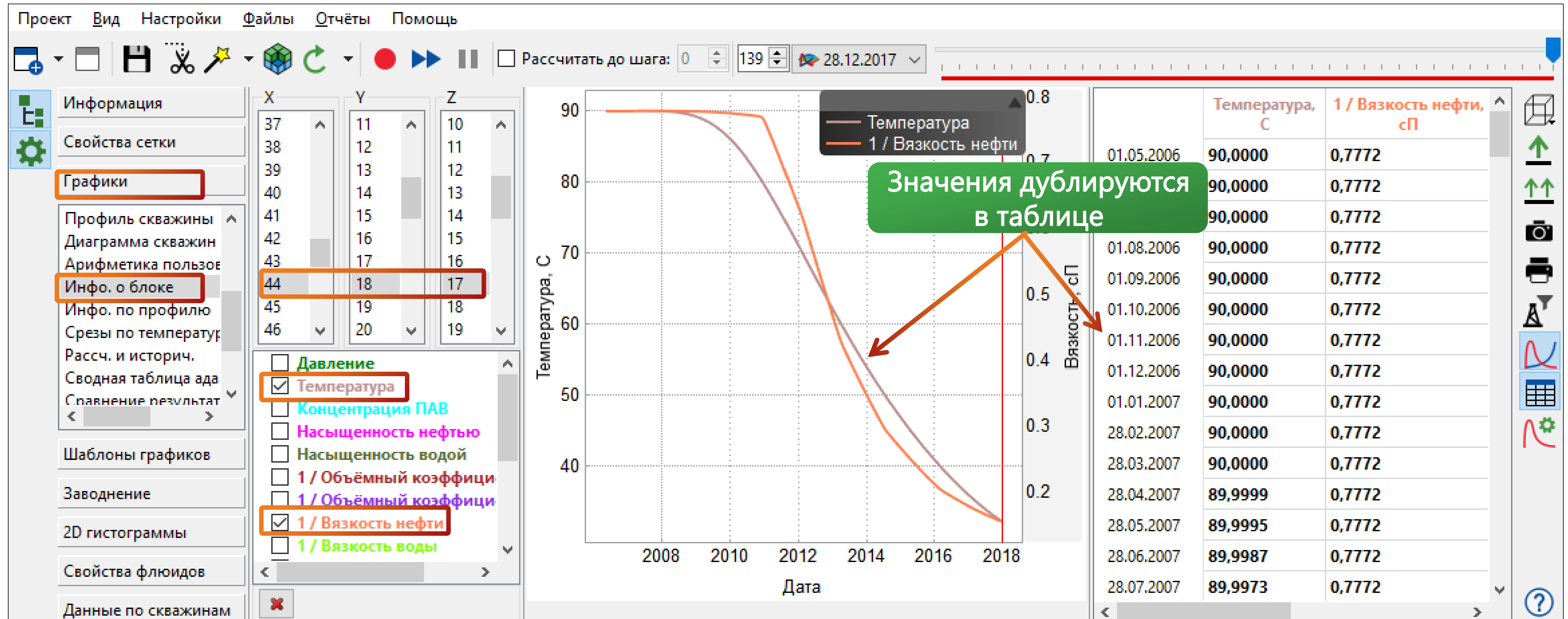
1. Температура закачиваемой воды – 20С

2. **WTEMP** для всех нагнетательных скважин: **WTEMP**  
**'753R' 20 /**  
.....



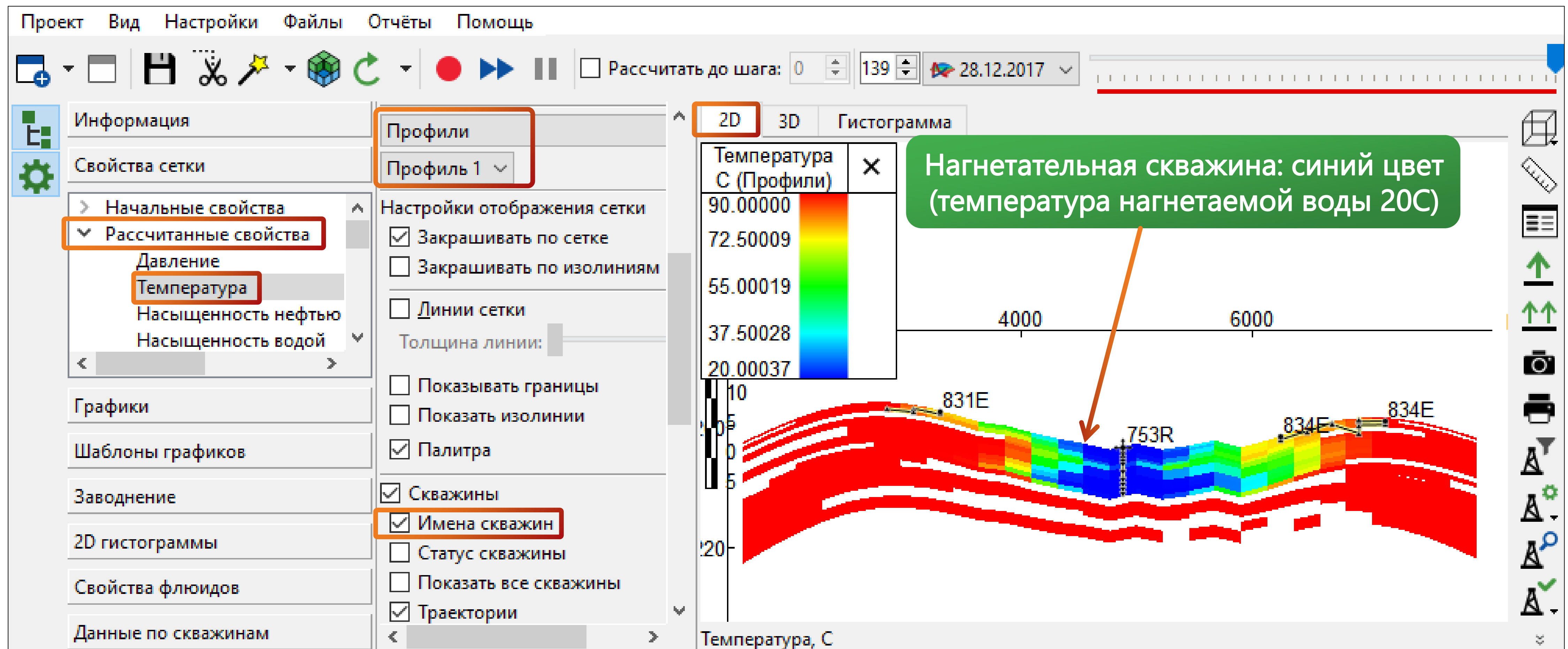
# График температуры и вязкости для блоков

1. **Графики. Инфо о блоке.** Выбираем IJK координаты блока ([44, 18, 17] как на рисунке)
2. Параметры – **Температура, 1/Вязкость нефти**
3. Видим зависимость вязкости нефти от температуры в блоке



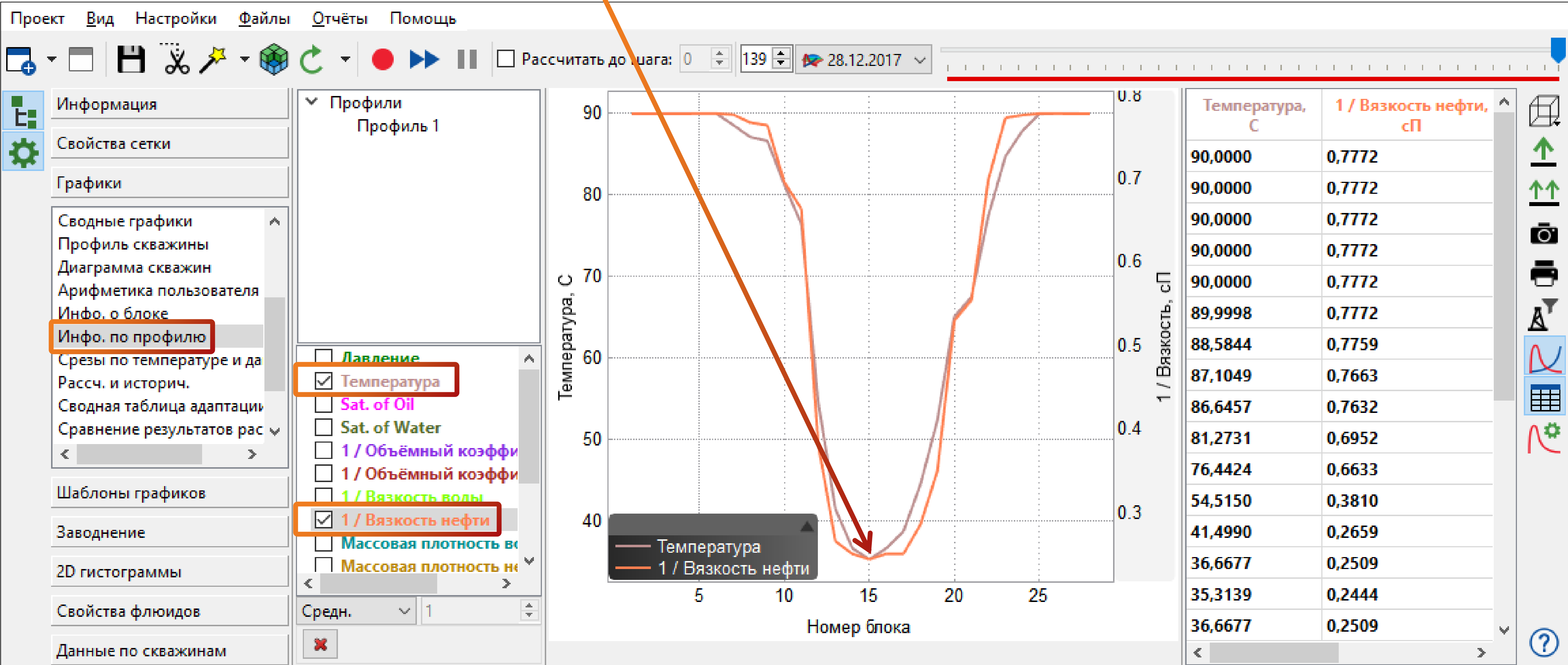
# Температура на вертикальном профиле

1. **2D. Рассчитанные свойства. Температура.** 90С – начальная температура резервуара, 20С – температура нагнетаемой воды
2. **Профили** - Профиль 1. (Для визуализации профиля одновременно щелкните на 2D виде правой и левой кнопками мыши)
3. Установите галочку **Имена скважин**. Смотрим температуру на **Профиле 1**



# Температура и вязкость нефти вдоль профиля

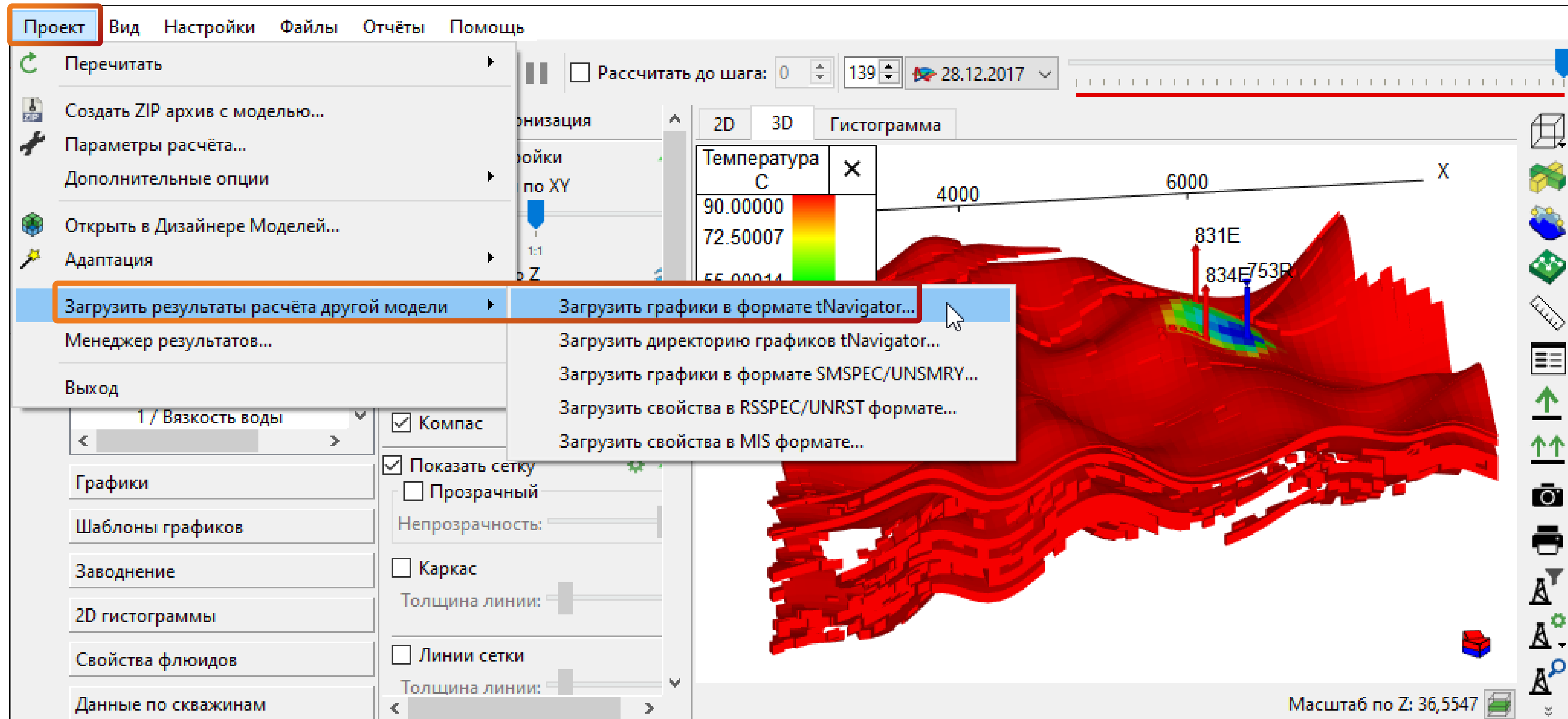
1. **Графики. Инфо по профилю** – Номера блоков в порядке пересечения профилем
2. Параметры – **Температура, 1/Вязкость нефти**
3. Минимум на графике соответствует нагнетательной скважине на **Профиле 1**





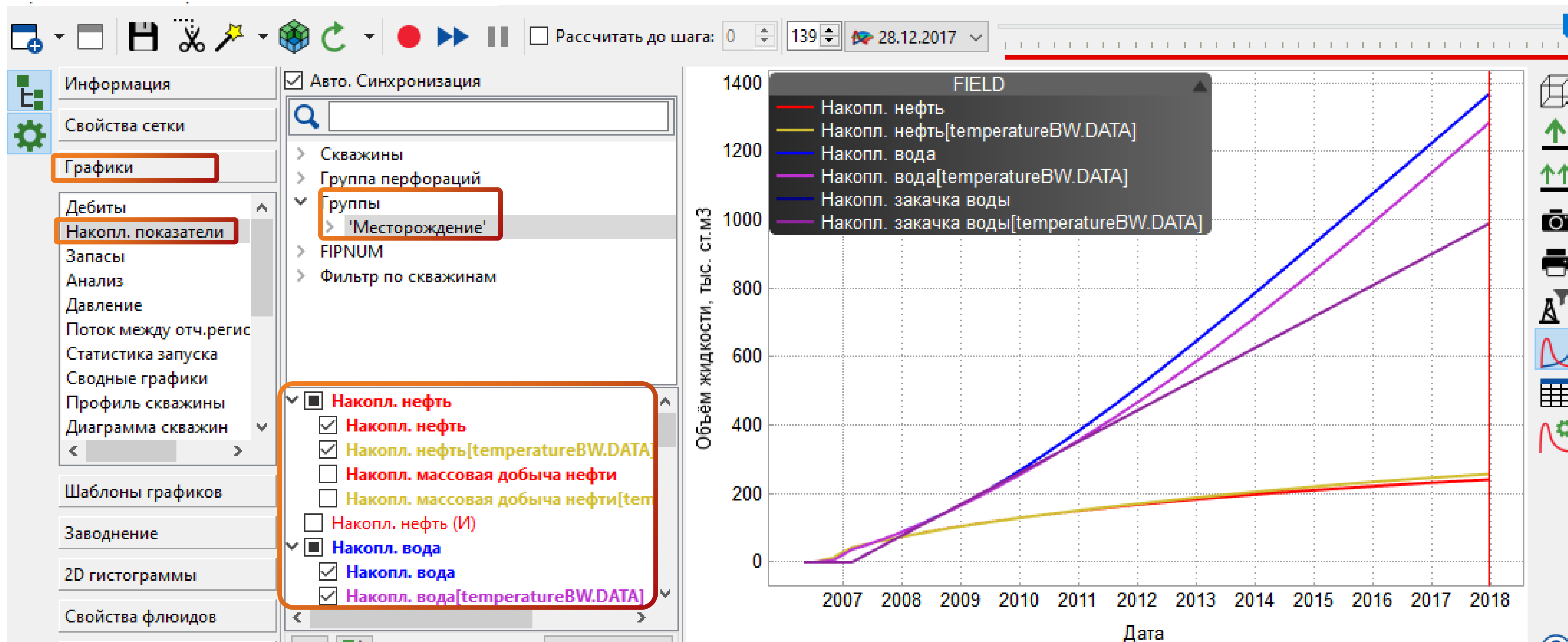
# Загрузка результатов расчета другой модели

1. Открываем модель без полимерной обработки [temperatureBW\\_no.data](#)
2. Запускаем расчет и ждем окончания
3. Сравним расчеты двух моделей в одном окне tНавигатор: [Проект. Загрузить результаты расчета другой модели. Загрузить графики в формате tНавигатор.](#) Выбираем модель с полимером [temperatureBW.data](#)



# Сравнение графиков для моделей

1. **Графики. Накопл. показатели. Группы. Месторождение.** Параметры – **Накопленная нефть, вода. Закачка воды** для текущей модели и temperatureBW.data
2. Количество накопленной нефти несколько больше в модели **temperatureBW.data**, где была сделана полимерная обработка+ПАВ. Количество добытой воды при полимерной обработке – меньше



# Сравнение графиков для моделей

- 1. **Графики. Сравнение результатов расчета.** Таблица сравнения данных по добыче воды и нефти
- 2. **Настройки.** Выбираем отчетные шаги – **Первый и последний шаги**
- 3. Видим при полимерном заводнении прирост нефти и сокращение добычи воды

Информация

Свойства сетки

Графики

Профиль скважины

Диаграмма скважин

Арифметика пользователя

Инфо. о блоке

Инфо. по профилю

Срезы по температуре и давлению

Рассч. и историч.

Сводная таблица адаптации

Сравнение результатов расчёта

Выборка пользователя

Трассеры

Аквиферы

Дата	temperatureBW_NO		temperatureBW		temperatureBW	
	Накопл. нефть, тыс. sm3	Накопл. вода, тыс. sm3	Накопл. нефть, тыс. sm3	Накопл. вода, тыс. sm3	Накопл. нефть Разность, тыс. sm3	Накопл. вода Разность, тыс. sm3
01.05.2006	0	0	0	0	0	0
28.12.2017	240,441	1367,54	256,931	1283,49	16,4899	-84,0584

Настройки

Сравнение результатов расчёта

Показывать данные с: 01.05.2006 0:00

Показывать данные по: 28.12.2017 0:00

☐ Начинать накопленные с нуля

Выбор колонок

Параметры:

☒ Накопл. нефть

☒ Накопл. вода

☐ Накопл. жидкость

☐ Накопл. газ

☐ Накопл. закачка воды

☐ Среднее давление

Выбор отч. шагов

☐ Добавить всё

☐ 1, 5, 15 лет

☒ Первый и последний шаги

☐ Периодически

С

По

01/05/2006

28/12/2017

Добавить период

☒ Разности с базовой моделью:

☒ Абсолютные значения

☐ Относительные значения

# Хотите узнать больше?

Описание функционала, учебные курсы  
и видеоуроки доступны на сайте:

[www.rfdyn.ru](http://www.rfdyn.ru)

# Остались вопросы?

Обратиться в техническую  
поддержку:

[tnavigator@rfdyn.ru](mailto:tnavigator@rfdyn.ru)

