

Методология учета кавернозного коллектора
при построении геологической модели
(на примере месторождения Тимано-Печорской НГП)

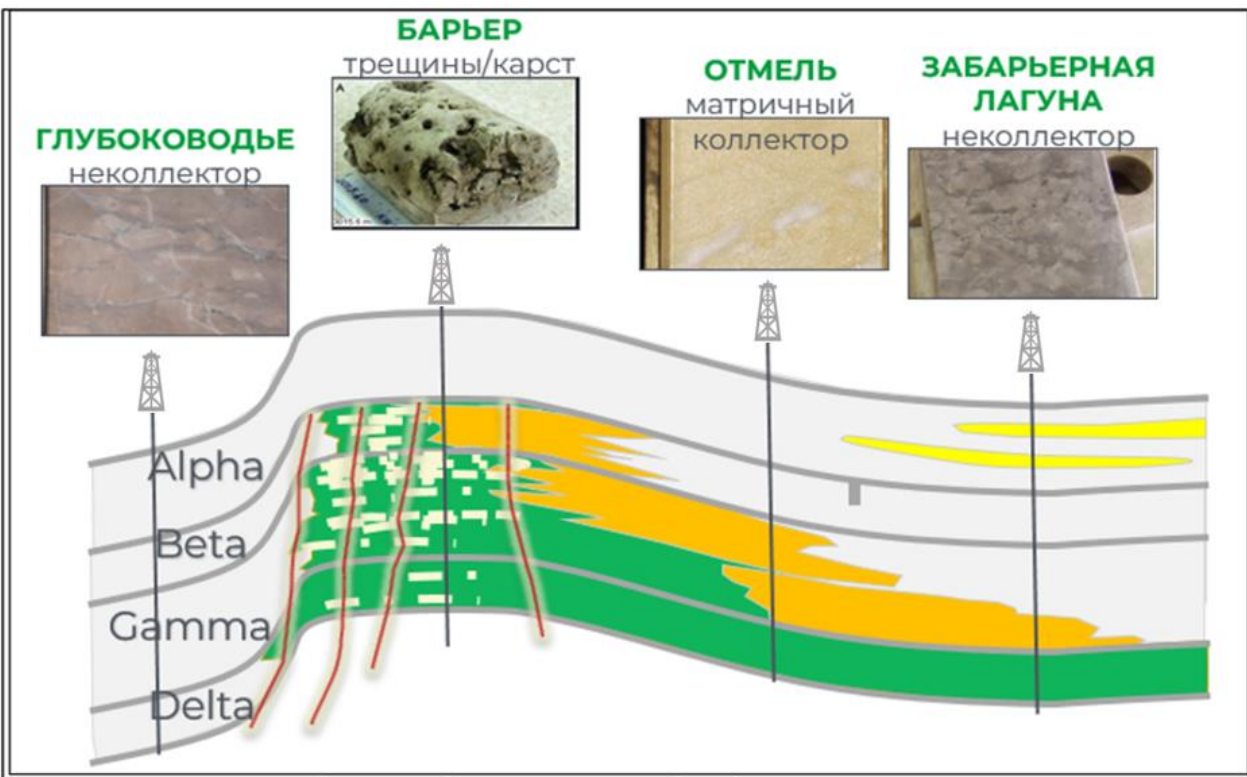
Чурочкин Илья Игоревич

Ведущий инженер ООО «ЗН НТЦ»

План доклада

- 1) Краткая характеристика объекта исследования;
- 2) Особенности распространения карста;
- 3) Проблемы;
- 4) Выделение карстовых интервалов;
- 5) Результаты расчета модели.

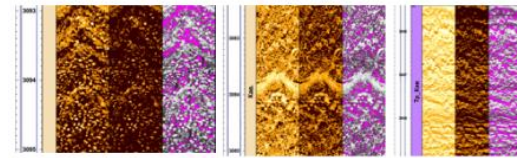
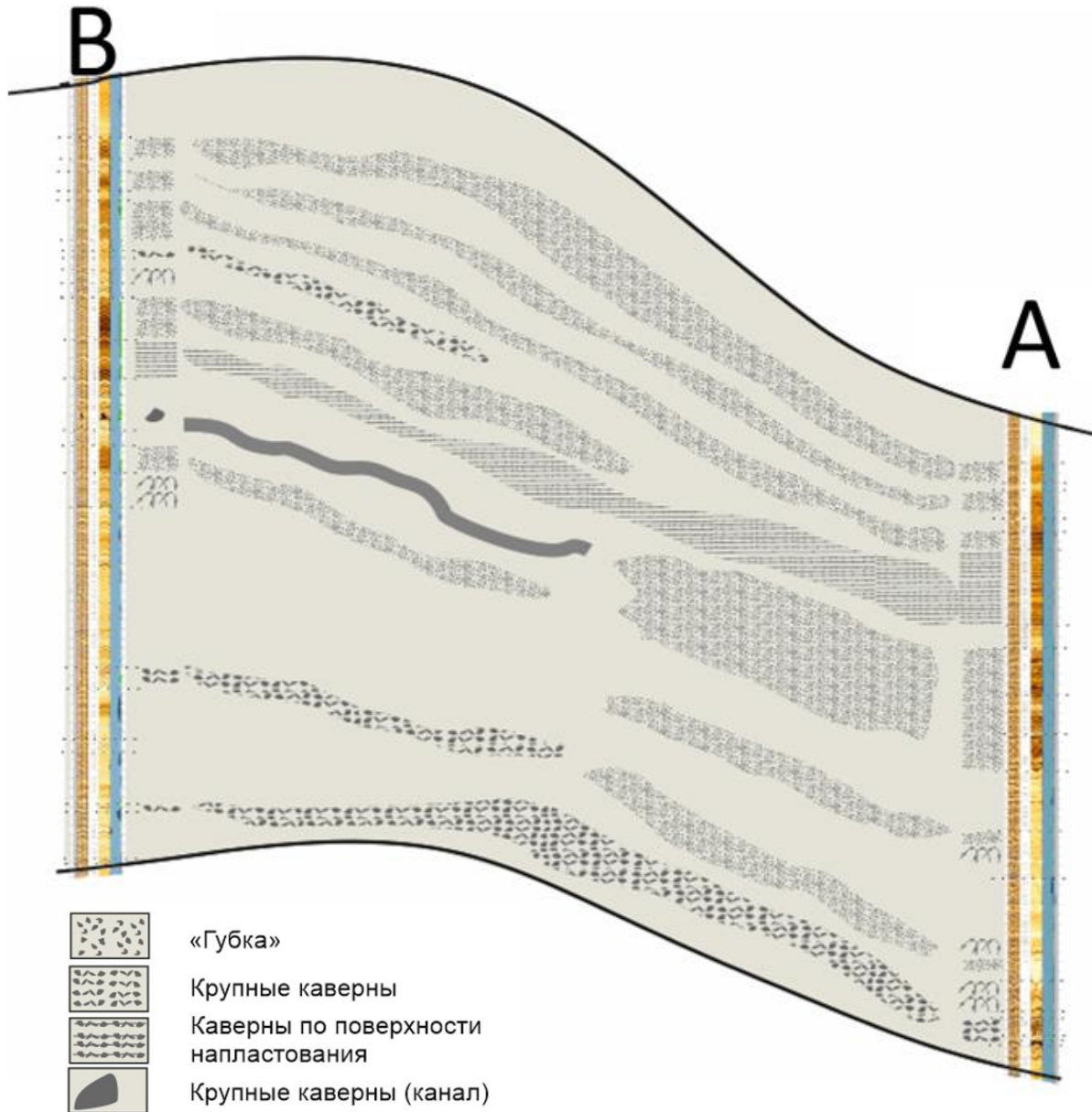
Общие сведения об объекте исследования



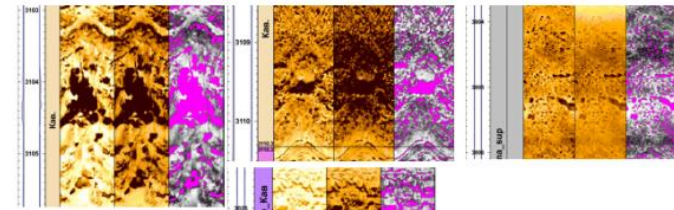
Схематический разрез, отражающий особенности пласта

- Карбонатный коллектор объекта А нефтяного месторождения X, которое расположено в пределах Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции;
- В зарифовой лагуне - отсутствуют разрывные нарушения, трещиноватость или карстообразование;
- Барьерная зона (рифовый массив) характеризуется высокой трещиноватостью и интенсивным карстообразованием, ФЕС в этой зоне зависят от диагенетических процессов, выраженных наложением нескольких этапов развития карста.

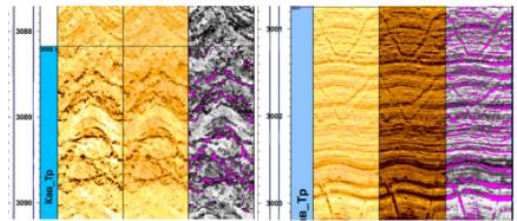
Классификация кавернозных интервалов и построение 2Д модели вторичных преобразований



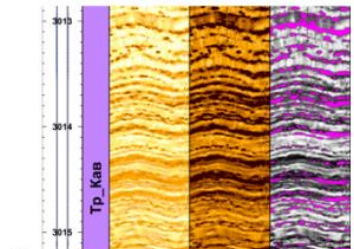
«Губка»



Крупные каверны



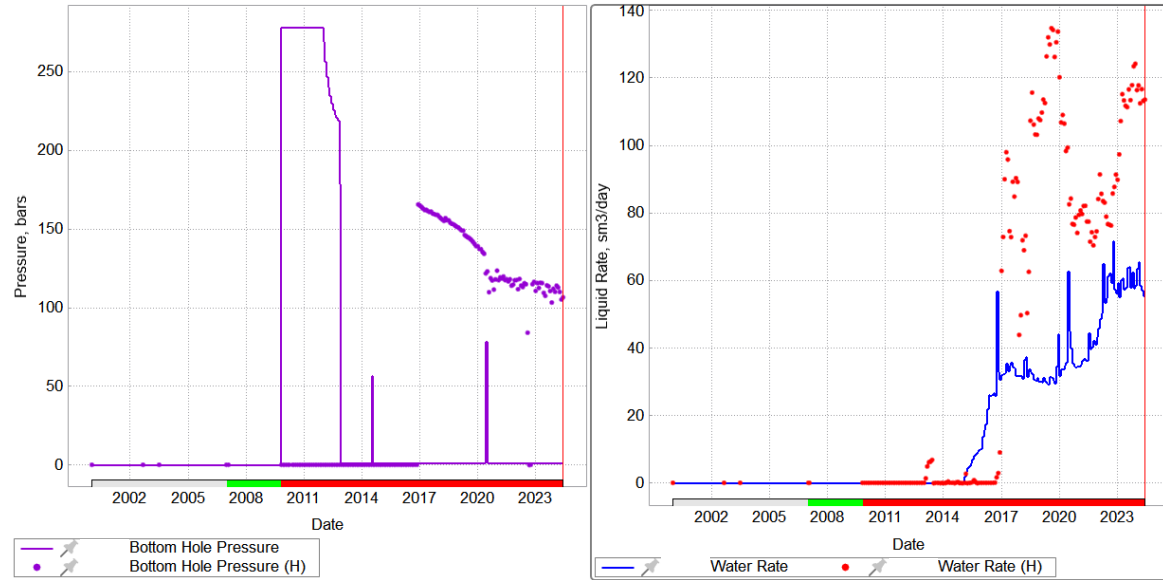
Каверны по плоскостям трещин



Каверны по поверхности напластовая

- По геометрии пустотного пространства можно выделить:
 - А) Каверны по типу «губка»;
 - Б) Крупные единичные каверны;
 - В) Каверны, расположенные по контуру плоскостей трещин;
 - Г) Каверны, подчеркивающие слоистость породы.

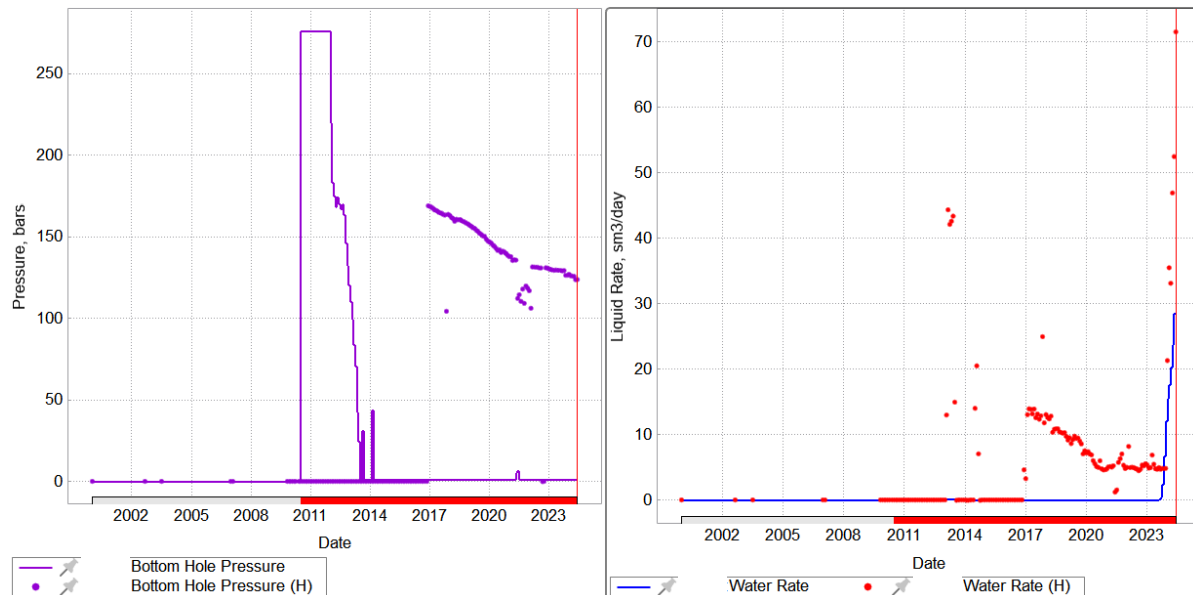
Первичный контроль корректности геологической модели в динамике



Скважина О. Слева - график забойного давления, справа – график добычи воды

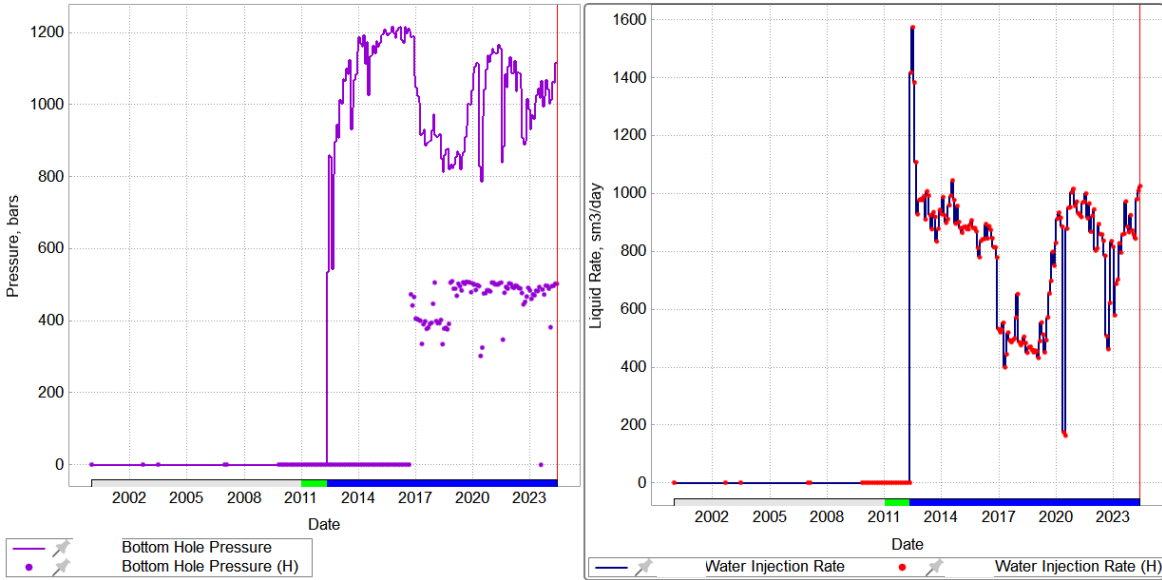
- Сложности с адаптацией модели в области барьера;
- Модель, учитывающая объем коллектора по ГИС и граничные значения пористости по базовому варианту не отвечает историческим данным и не отражает истинный объем коллектора;

- Модельное забойное давление гораздо ниже факта;
- Модельные дебиты воды не настраиваются на факт.



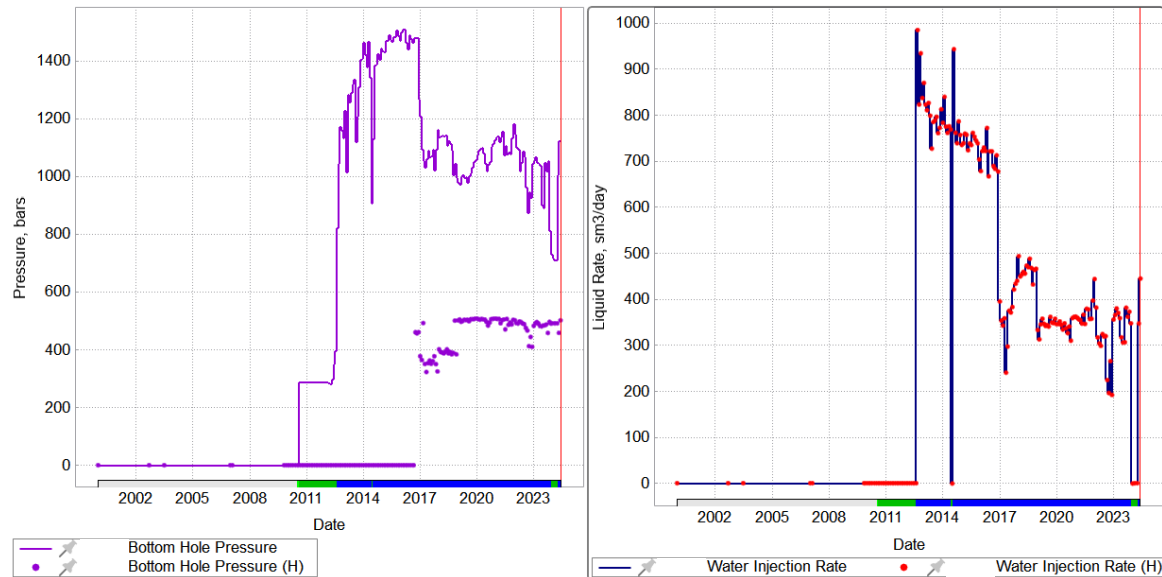
Скважина Р. Слева - график забойного давления, справа – график добычи воды

Первичный контроль корректности геологической модели в динамике



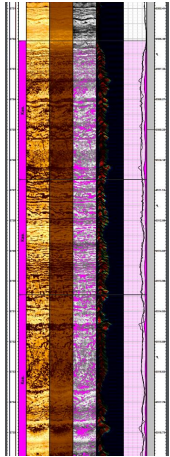
- Модельное забойное давление гораздо выше факта;
- Без выделения дополнительного коллектора скважины не настраиваются на динамику забойного давления.

Скважина R. Слева - график забойного давления, справа – график закачки воды



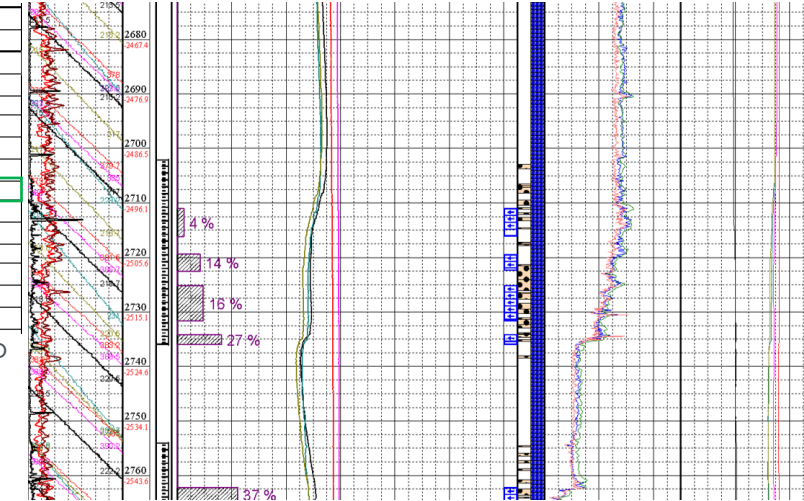
Скважина S. Слева - график забойного давления, справа – график закачки воды

Методология учета кавернозных интервалов в геологической модели



| время: | | | этап: Строительство скважины под хвостовик |
|--------|-------|---------|--|
| от | до | час:мин | цель рейса: Рейс №13 Бурение с корректировкой траектории |
| 0:00 | 0:15 | 0:15 | Прокачка ВУР V=10м ³ , T=110сек |
| 0:15 | 1:35 | 1:20 | Промывка с расхаживанием в вращении (Q=34л/с, P=90-96атм, N=20-40об/мин, M=20-47кН*м) |
| 1:35 | 2:15 | 0:40 | Шаблонирование ствола скважины в инт. 3924-4096м (спуск) |
| 2:15 | 2:25 | 0:10 | Промывка |
| 2:25 | 2:50 | 0:25 | Бурение в инт. 4109,3-4110,3м (G=8-12т, P=115-142атм, Q=34л/с, N=10-30об/мин, M=43-47кН*м) |
| 2:50 | 3:05 | 0:15 | Прокачка очищающей пачки V=10м ³ , с содержанием СаСО ₃ (КМ-10)=100кг/м ³ |
| 3:05 | 3:45 | 0:40 | Бурение в инт. 4110,3-4114,3м (G=1-4т, P=78-135атм, Q=26-34л/с, N=10-30об/мин, M=43-47кН*м) (поглощение БР инт. 12м ³ /ч) |
| 3:45 | 5:30 | 1:45 | Промывка (Q=13л/с, P=30-32атм), приготовление кольматирующей пачки (поглощение БР интенсивностью 4м ³ /ч) |
| 5:30 | 5:50 | 0:20 | Технологический отстой |
| 5:50 | 8:30 | 2:40 | Промывка (Q=13л/с, P=28-34атм) (поглощение БР интенсивностью 2м ³ /ч) |
| 8:30 | 9:50 | 1:20 | Бурение в инт. 4114,3-4121,3м (G=4-12т, P=87-97атм, Q=25л/с, N=15-30об/мин, M=44-48кН*м) скачки давления до 116атм |
| 9:50 | 10:40 | 0:50 | Проработка пробуренного интервала |
| 10:40 | 10:50 | 0:10 | Наращивание |

Анализ интервалов поглощения (к начальной глубине поглощения можно приурочить кавернозный интервал) – вспомогательный качественный признак для выделения кавернозных интервалов



Результаты промыслово-геофизических исследований скважины

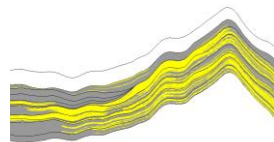
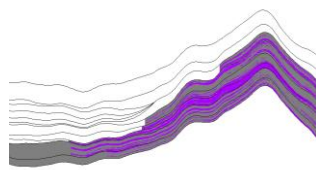
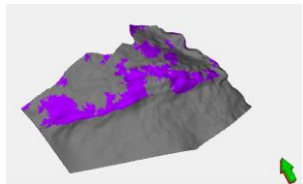
Выделение кавернозных интервалов на основе анализа FMI

Комплексирование информации

Кривая карста

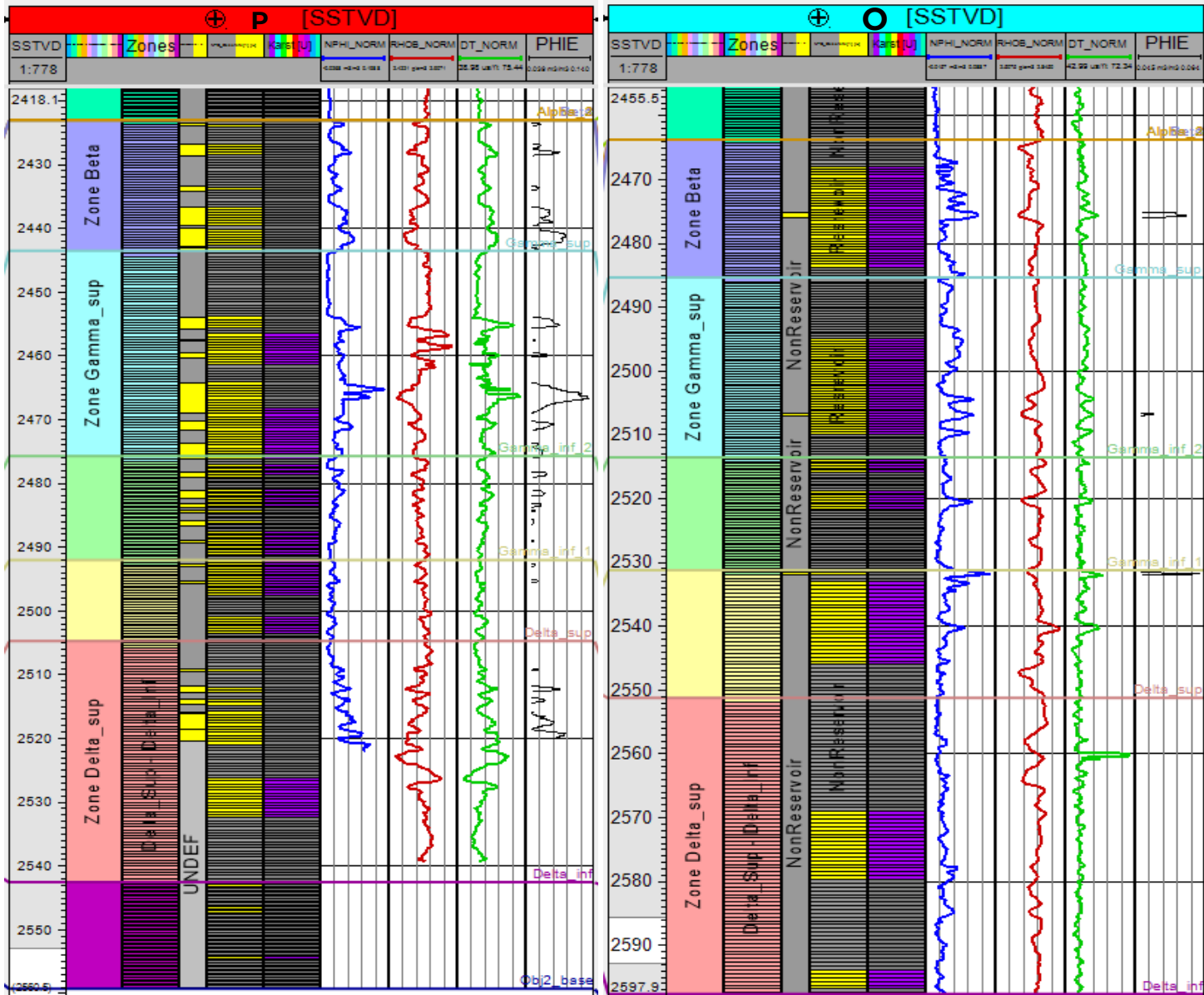
Куб карста

Куб карста + Куб литологии(РИГИС)=
Итоговый куб литологии

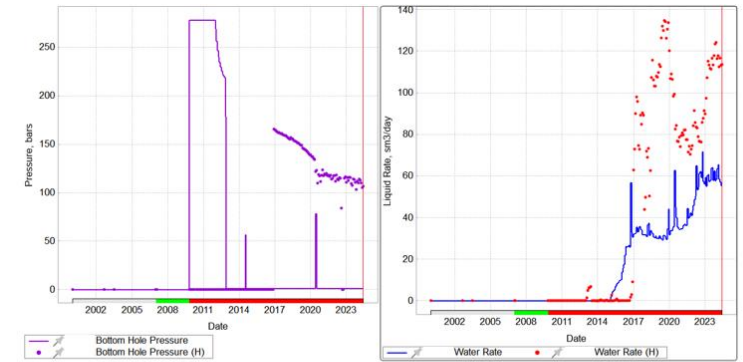


- Проведен анализ данных бурения (ГТИ), FMI, ПГИ с целью выделения интервалов карста (дополнительных интервалов коллектора, не выявленных с помощью стандартного комплекса ГИС);
- На основе комплексирования геолого-геофизической информации построена кривая карста;
- В межскважинном пространстве карст распространяется методом Sequential Indicator Simulation;
- Пористость карста 2% получена на основе анализа результатов исследований Porospect (на основе FMI) и NMR на керне, которые позволяют получить значение пористости каверн;
- Проницаемость в карстовых интервалах задана со значением 200 мД.

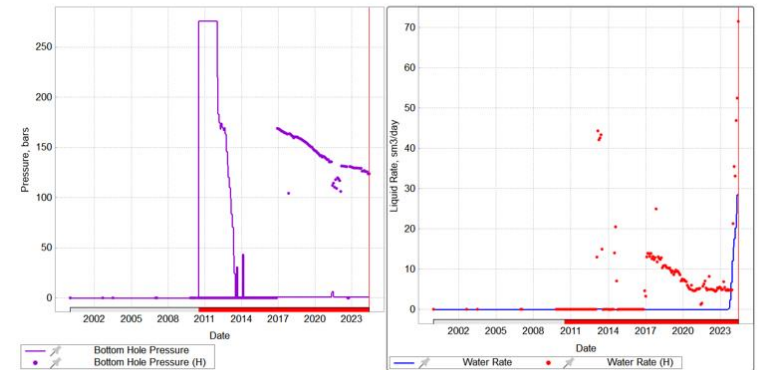
Скважины с карстом



- Интервалы коллектора после применения граничных значений пористости представляют собой маломощные пропластки;
- Объем коллектора недостаточно.

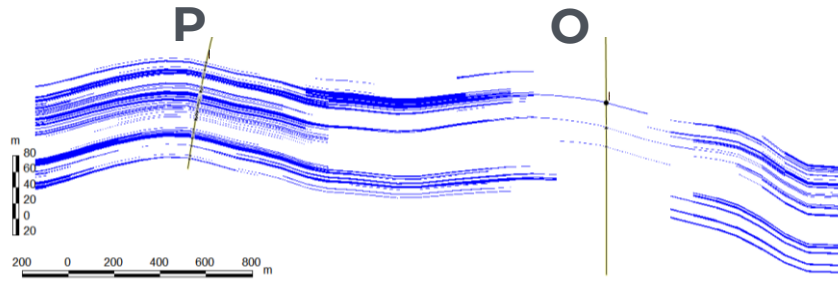


Скважина O. Слева - график забойного давления, справа - график добычи воды

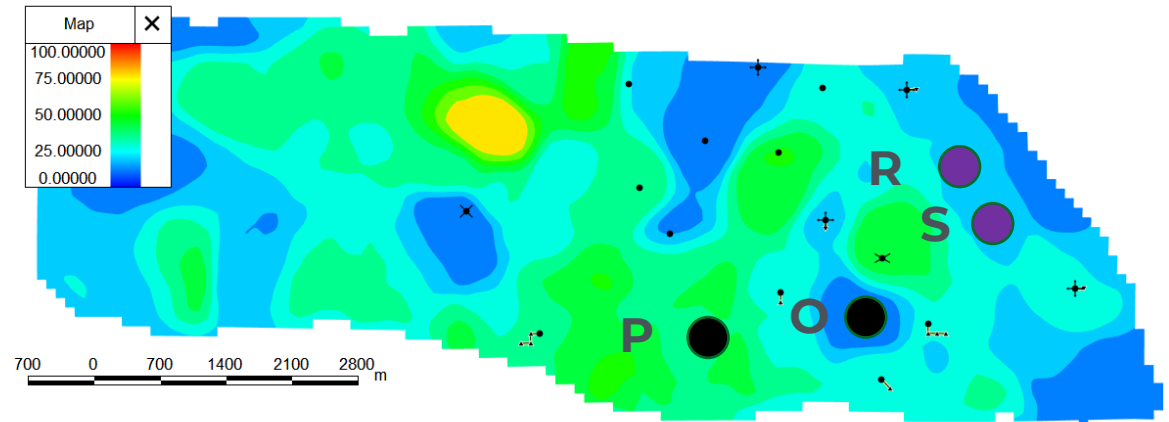


Скважина P. Слева - график забойного давления, справа - график добычи воды

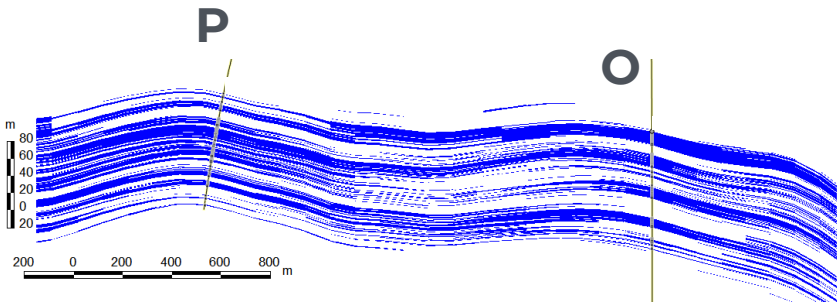
Сравнение моделей с карстом и без карста



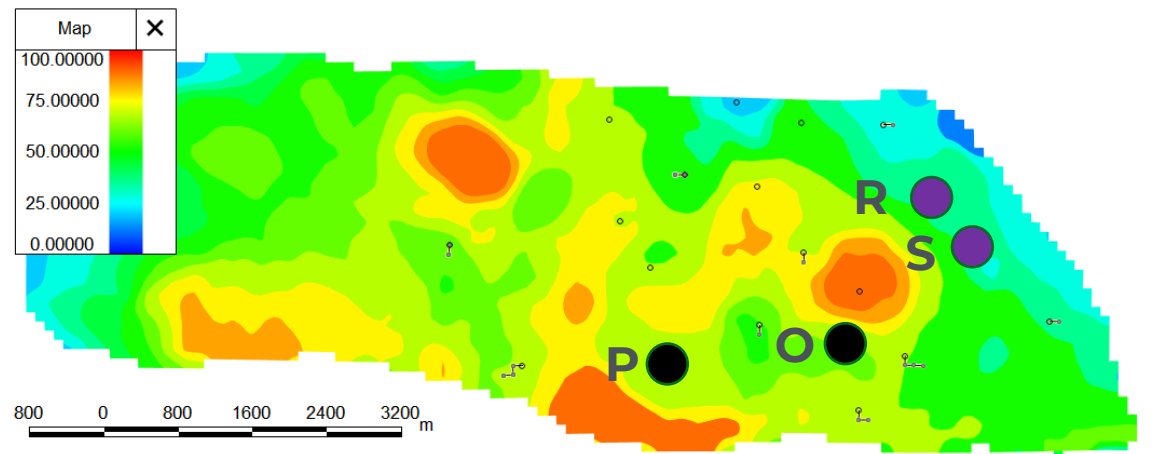
Разрез куба «Коллектор/неколлектор» модели без карста



Карта эффективных нефтенасыщенных толщин (матрица)



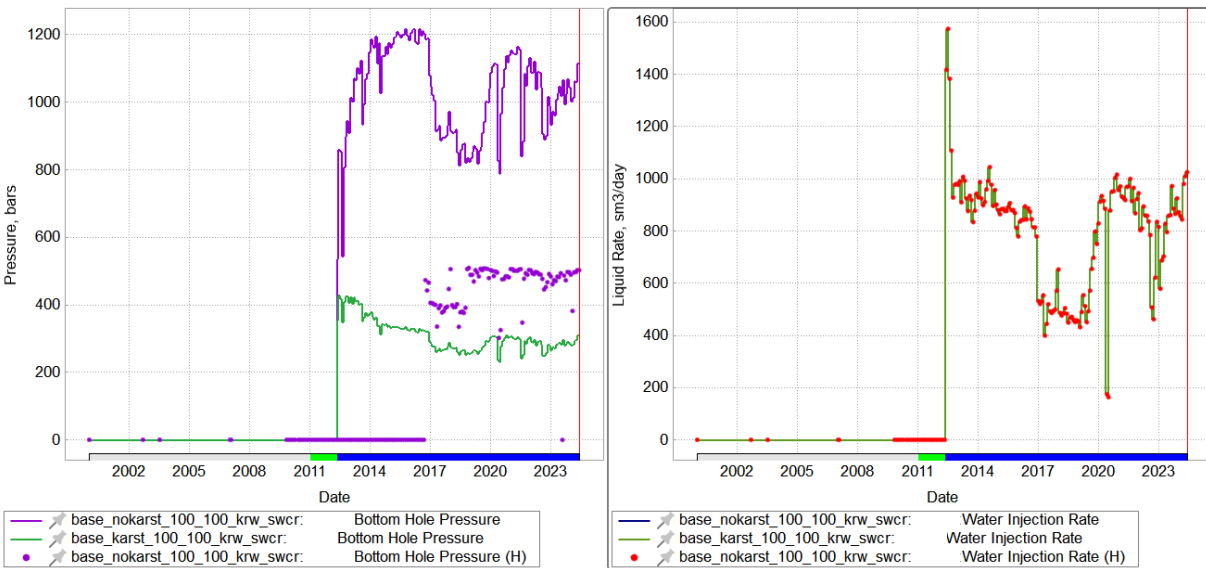
Разрез куба «Коллектор/неколлектор» модели с карстом



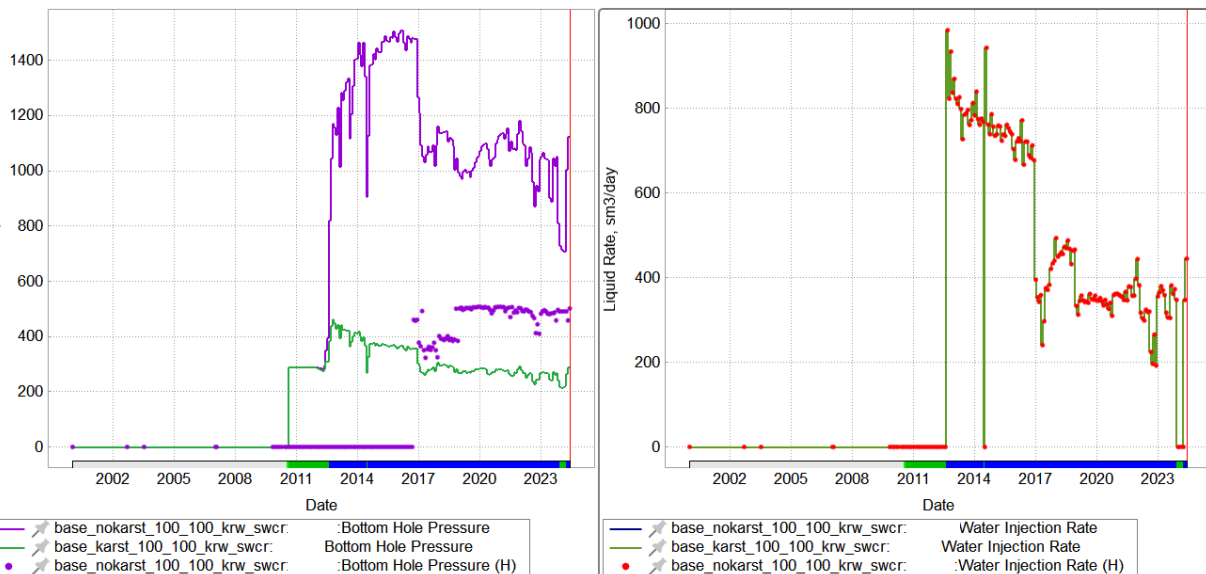
Карта эффективных нефтенасыщенных толщин (матрица+карст)

Контроль корректности геологической модели с учетом добавленного карста

- Модельное забойное давление приближено к факту;
- Геологическая модель, учитывающая вторичные преобразования, отражает реальный объем коллектора и является наиболее корректной с точки зрения её адаптации на исторические данные.

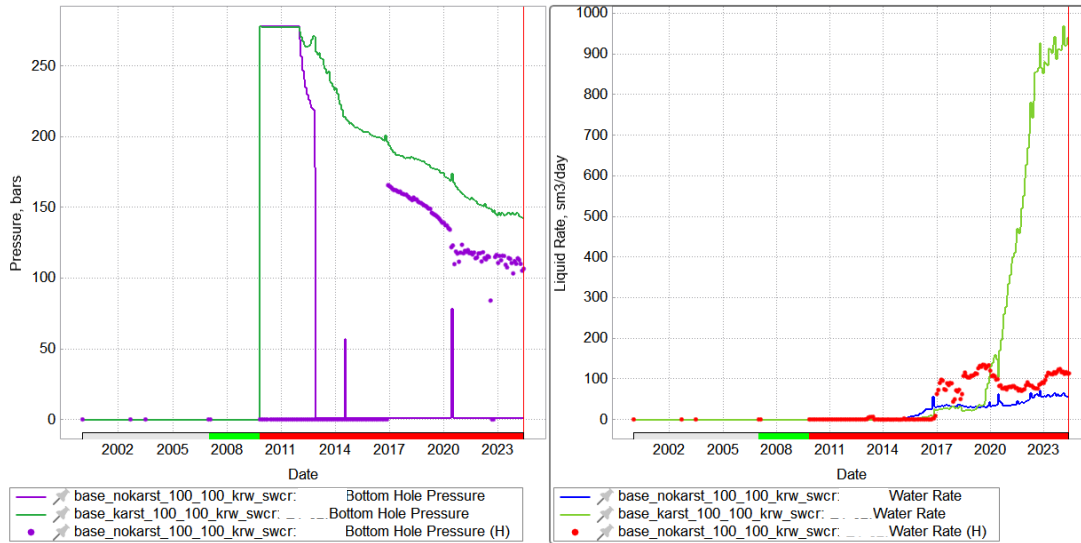


Скважина R. Слева - график забойного давления, справа – график закачки воды

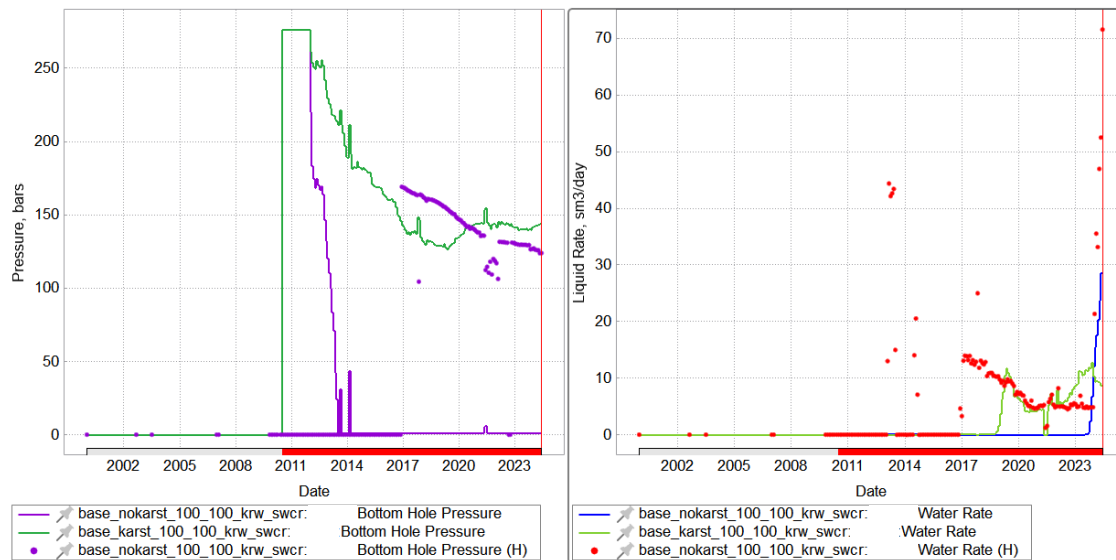


Скважина S. Слева - график забойного давления, справа – график закачки воды

Контроль корректности геологической модели с учетом вторичных преобразований



Скважина О. Слева - график забойного давления, справа – график добычи воды



Скважина Р. Слева - график забойного давления, справа – график добычи воды

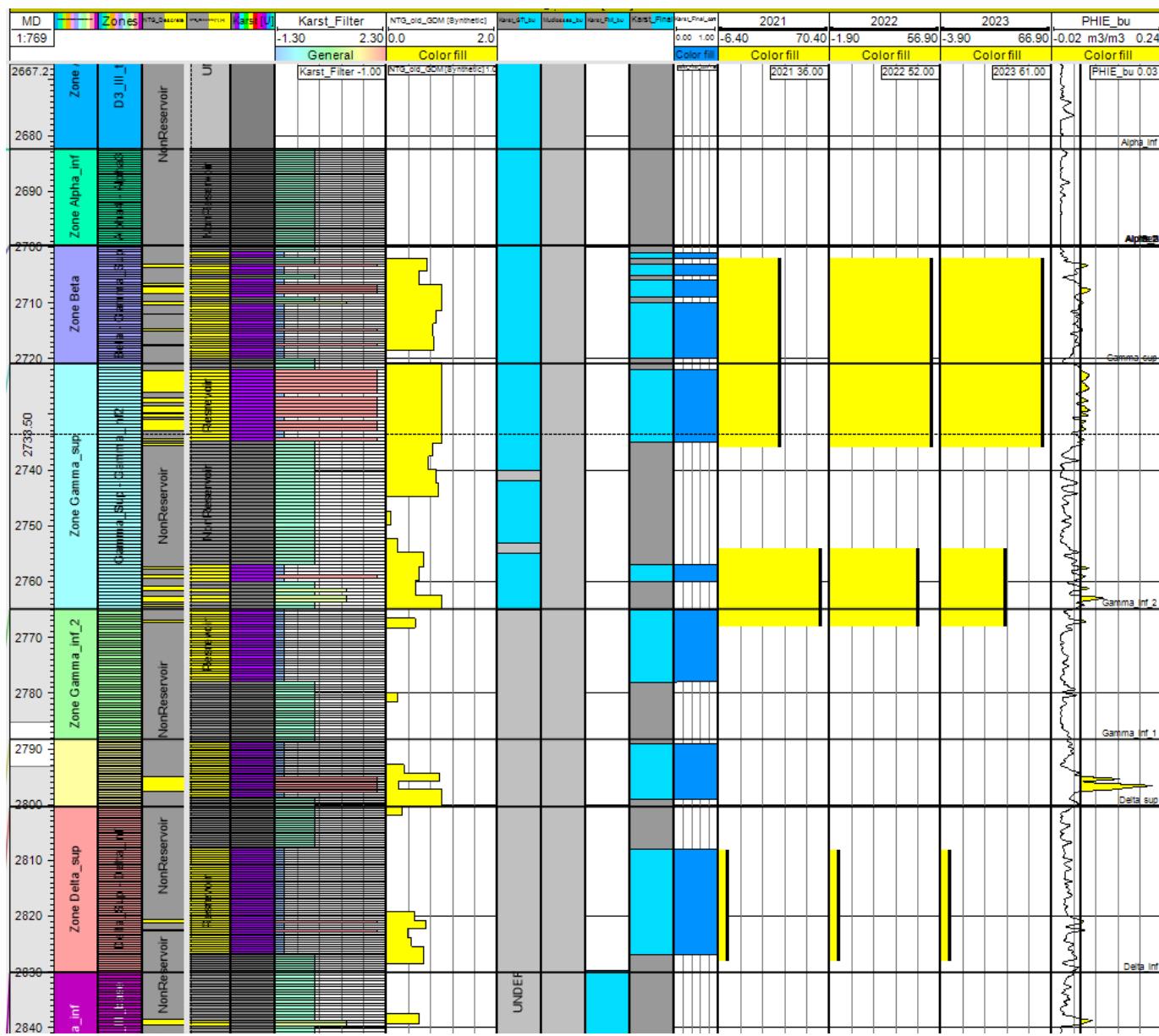
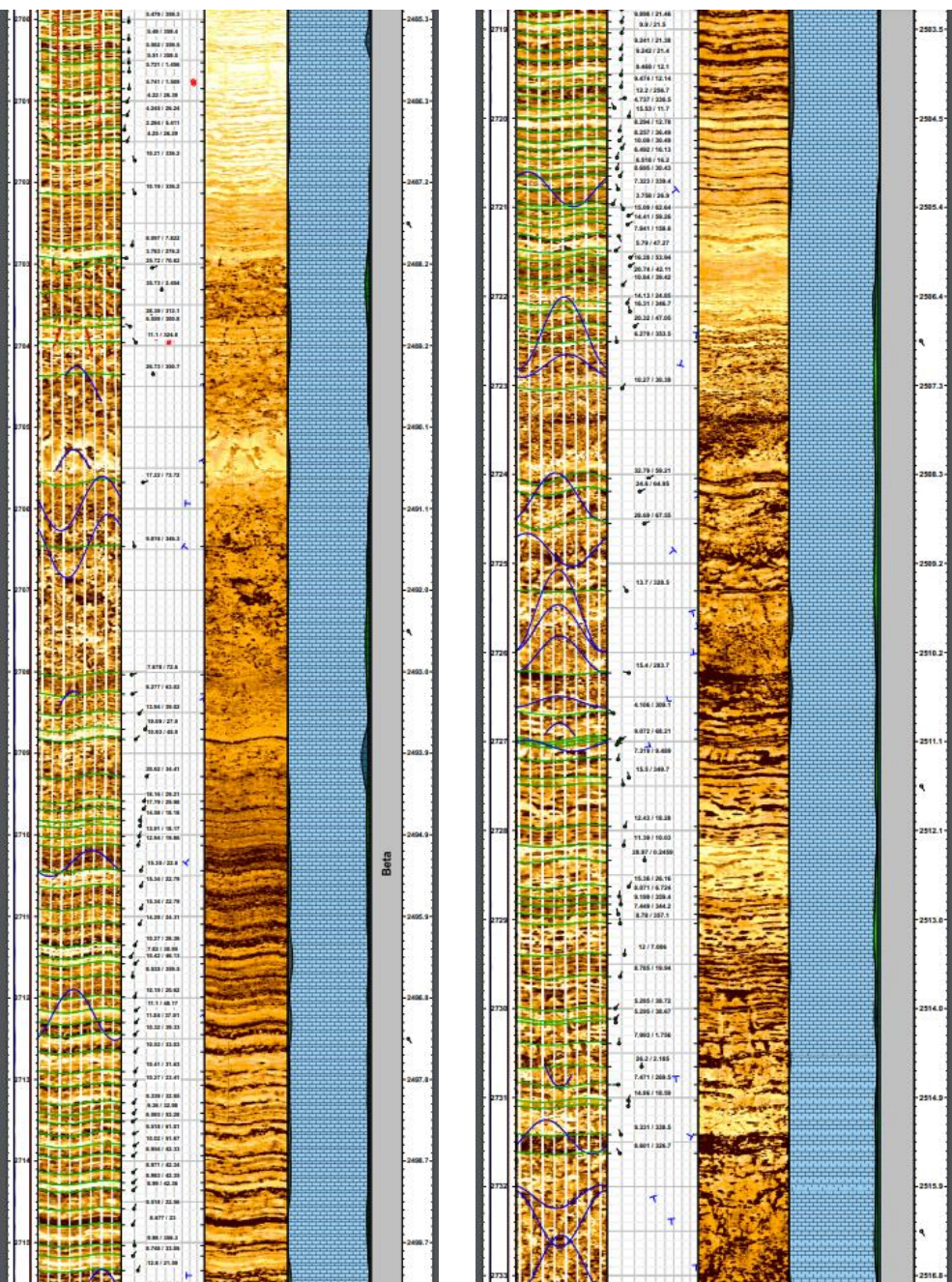
- Модельное забойное давление приближено к факту;
- Модельные дебиты воды настраиваются на факт;
- Геологическая модель, учитывающая вторичные преобразования, отражает реальный объем коллектора и является наиболее корректной с точки зрения её адаптации на исторические данные.

Выводы

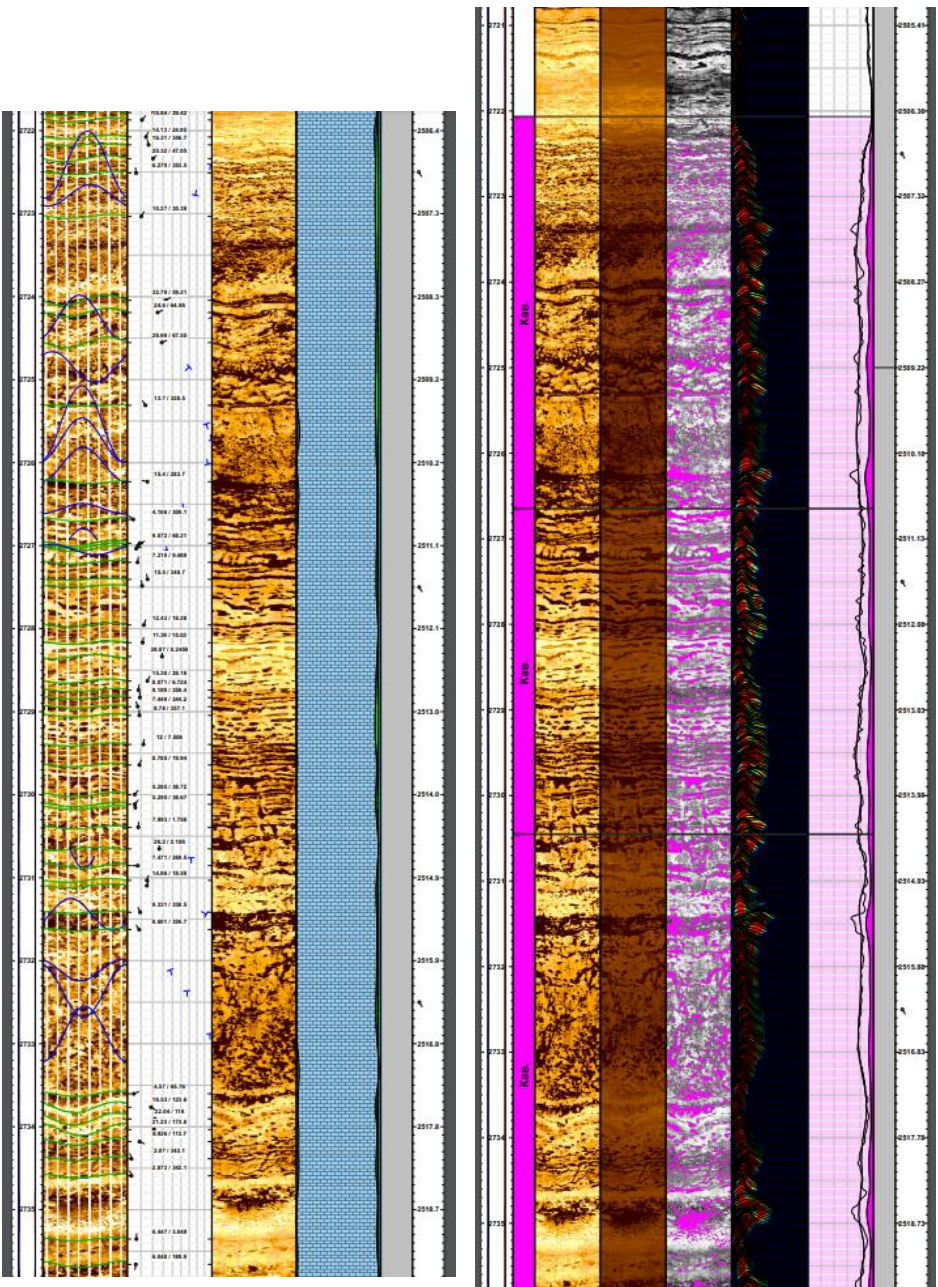
- 1) Барьерная зона (рифовый массив) характеризуется интенсивным карстообразованием;
- 2) Модель, учитывающая объем коллектора по ГИС и граничные значения пористости по базовому варианту, не отвечает историческим данным и не отражает истинный объем коллектора;
- 3) Геологическая модель, учитывающая вторичные преобразования, отражает реальный объем коллектора и является наиболее корректной с точки зрения её адаптации на исторические данные.

Дополнительные слайды

Скважины, в которых добавлен карст



Определение значений кавернозной пористости на основе FMI (porospect)



In [27]: minimal

Out[27]: 0.2192879

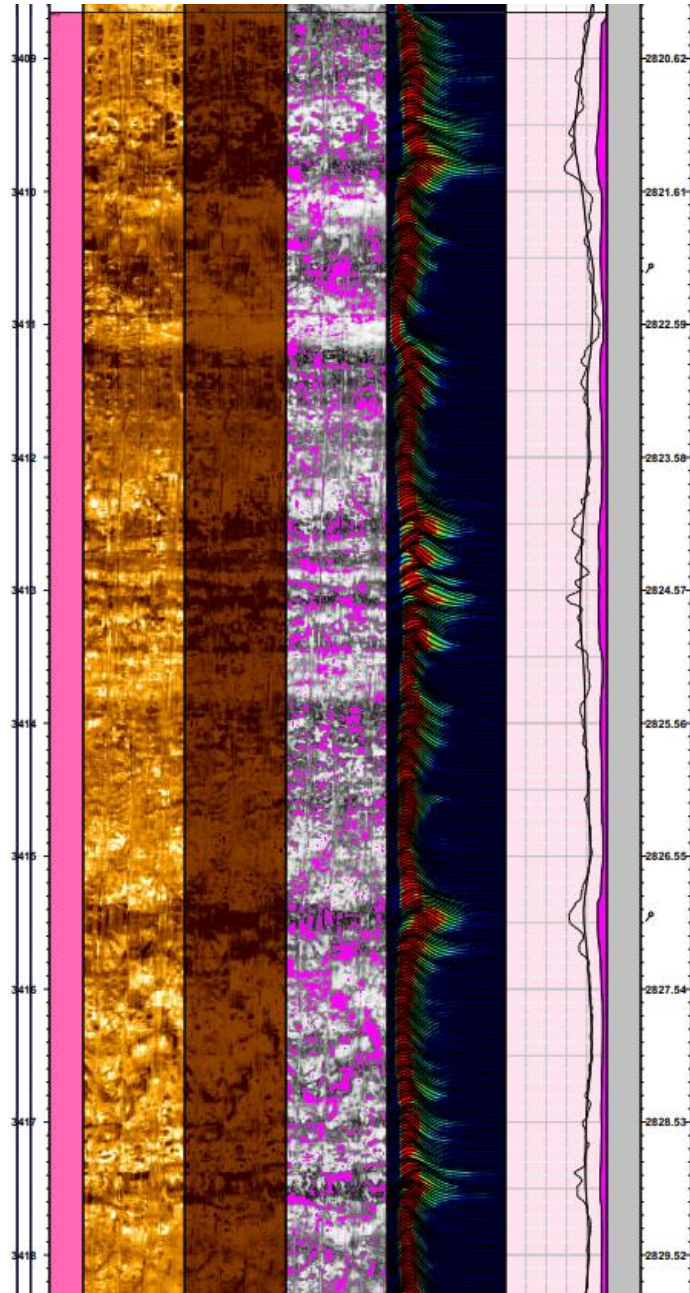
In [28]: maximal

Out[28]: 3.213738

In [31]: mean

Out[31]: 1.6796818997265646

Определение значений кавернозной пористости на основе FMI (porospect)



```
In [51]: minimal
```

```
Out[51]: 0.5836
```

```
In [52]: maximal
```

```
Out[52]: 9.119299999999999
```

```
In [54]: mean
```

```
Out[54]: 1.7944461794019932
```