Оптимизация газовых методов увеличения нефтеотдачи для низкопроницаемых коллекторов

Выполнила студент группы 5040103/00401 Балионис Анжелика

Руководитель ВКР: доцент ВШТМиМФ, к.т.н. Каешков Илья Сергеевич

Постановка задачи

Проблема:

- Трудноизвлекаемые запасы нефти - низкие фильтрационно-емкостные свойства месторождения
- Неэффективность простых методов увеличения нефтеотдачи, заводнения

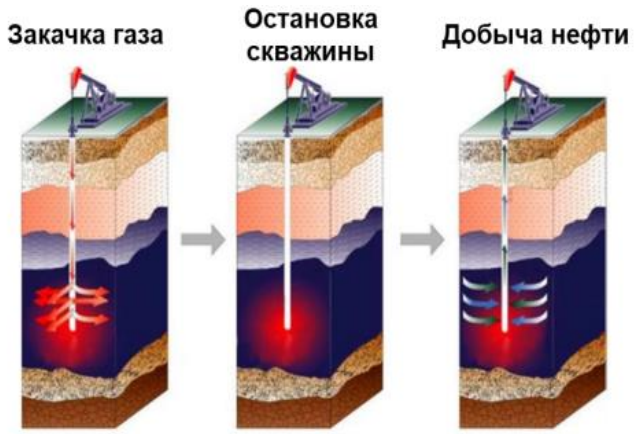
Задачи:

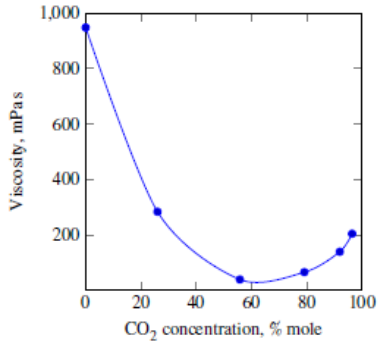
- Оценить потенциал газовых методов на приобском месторождении;
- Рассмотреть разные варианты использования газа: постоянная закачка и Huff-and-Puff;
- Рассчитать профили добычи нефти и провести оптимизацию режима закачки газа;
- Провести анализ и сравнение результатов для двух вариантов закачки газа и выбрать оптимальный для месторождения;

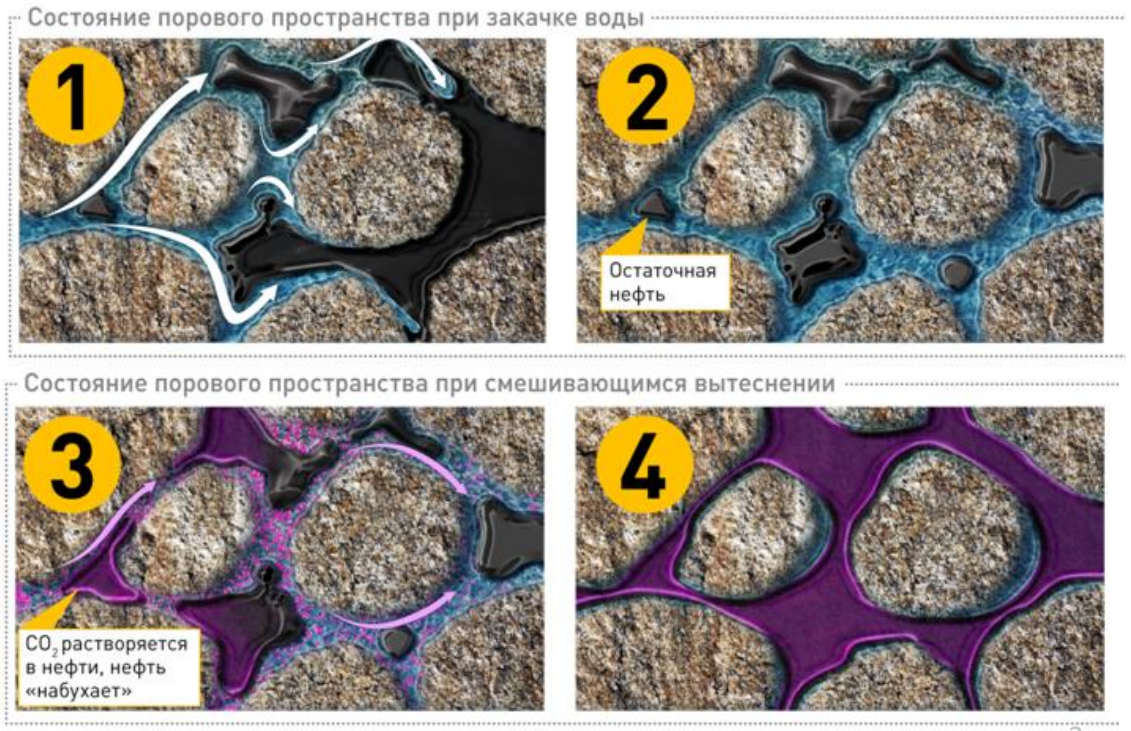
Huff-and-Puff

- Состоит из трех этапов, проводящихся на одной и той же скважине.

- Предпосылки к закачке газа:
  - Минимальное давление смесимости (давление, при котором наступает полная взаимная растворимость нефти и газа) по результатам лабораторных исследований для ПНГ 35 МПа, что говорит о высоком потенциале ПНГ, как агента вытеснения;
  - Пластовая нефть недонасыщенная, закачиваемый газ будет растворяться в нефти, снижая ее вязкость, повышая подвижность нефти и ее добычу

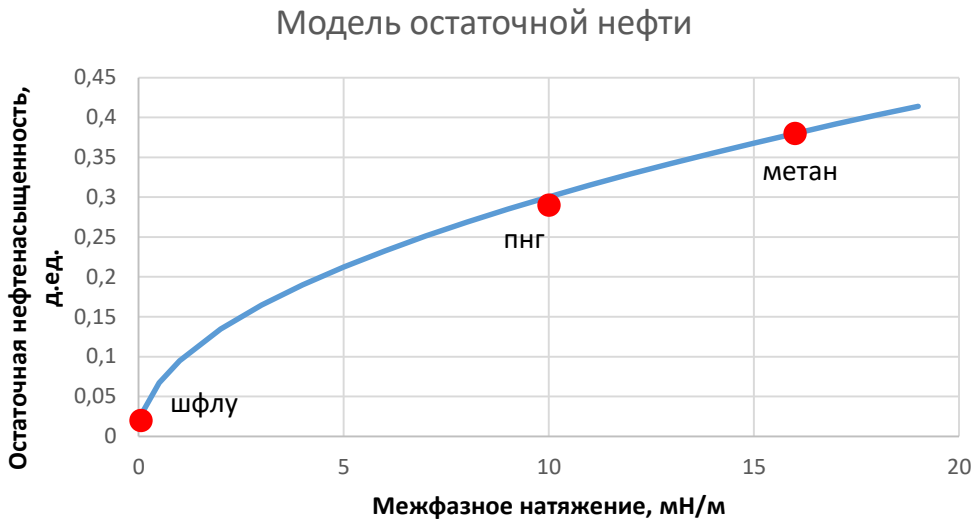


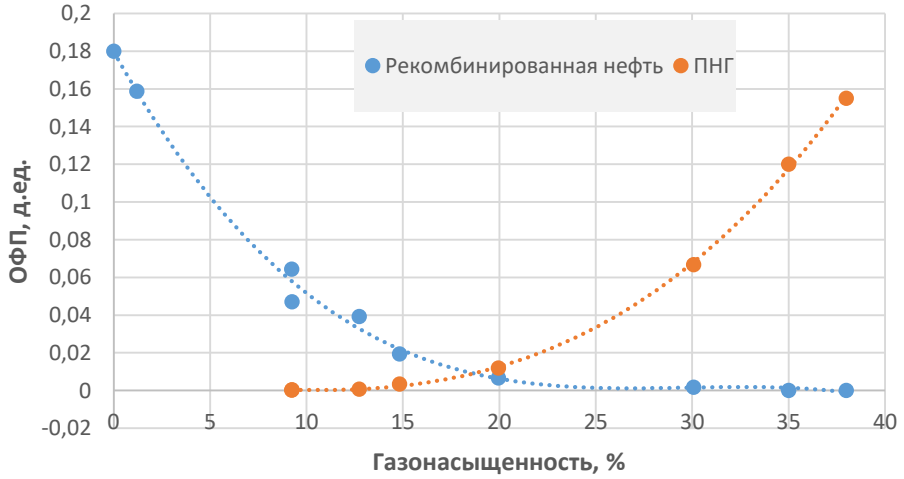




Настройка ГДМ и модели смешиваемости

Параметр ГДМ, влияющий на эффективность вытеснения	Способ настройки / значение
Остаточная нефтенасыщенность, д.ед.	Зависимость от межфазного натяжения
Минимальное давление смесимости, МПа	34,6 (на основании лебораторного эксперимента slim tube)
ОФП	Определено для фаз рекомбинированная нефть-ПНГ

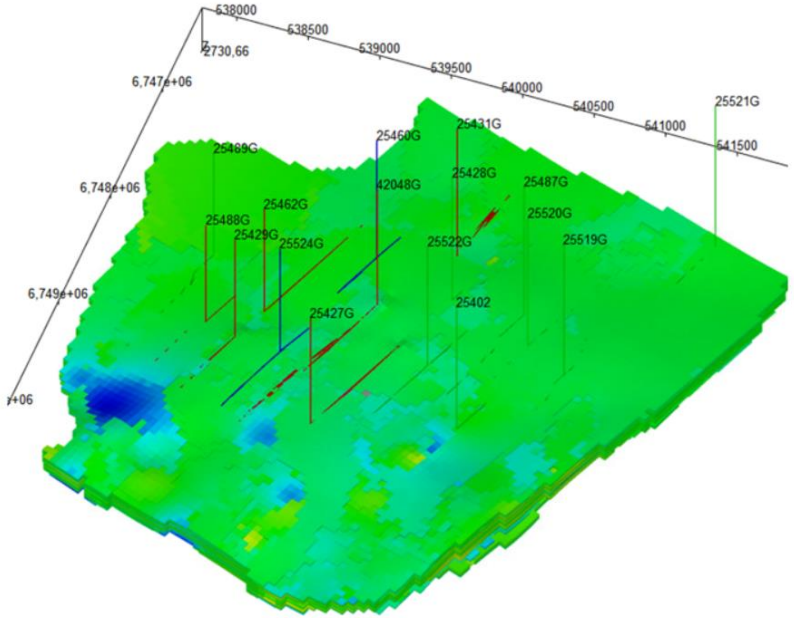




- PVT-модель учитывает результаты определения МДС для ПНГ
- Модель смешиваемости настроена по результатам лабораторных исследований проведенных на собственном керне
- ОФП получены в термодинамических условиях пласта с пластовой нефтью и равновесным с ней газом

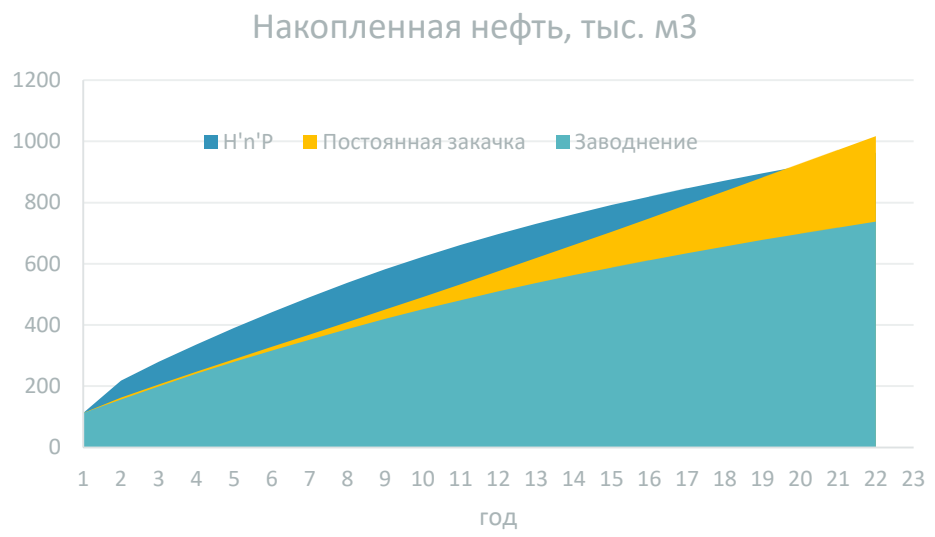
Гидродинамическое моделирование сектора

- Гидродинамический симулятор tNavigator
- Адаптированный сектор участка приобского месторождения
- Всего 16 горизонтальных скважин:
- 4 нагнетательные
- 12 добывающих
- Композиционная модель
- Расстояние между скважинами - 350 м
- Проницаемость – 0.5 мД
- Агент закачки – попутно-нефтяной газ
- Объем закачанного газа – 40 млн м3/год
- Закачка Huff-and-Puff производится в 4 добывающие и 4 нагнетательные скважины поочередно



Состав ПНГ	
Component	Mol %
N2	1,106
CO2	1,540
C1	69,805
C2	8,008
C3	12,069
C4	5,449
C5	1,581
C6	0,422
C6_C20	0,018

Сравнение постоянной закачки газа и Huff-and-Puff



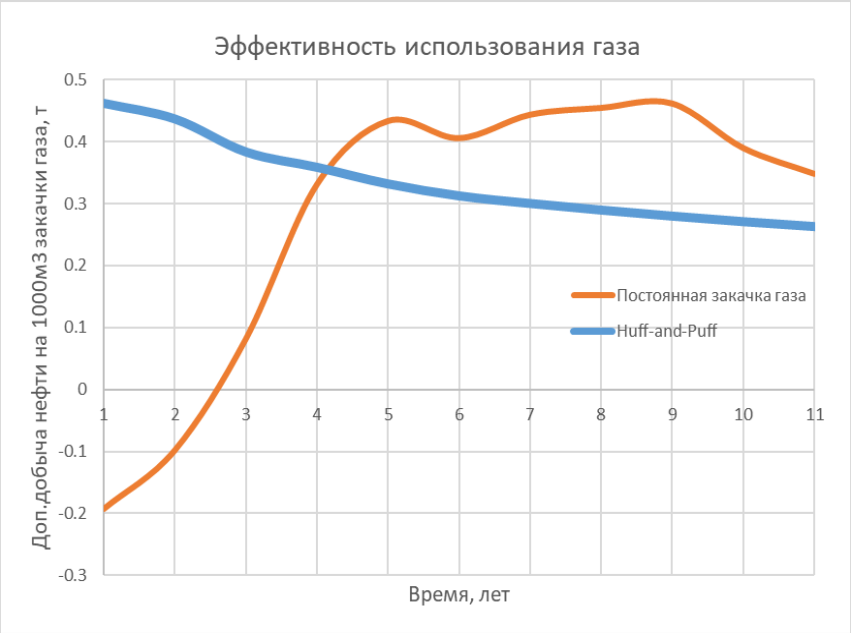
Эффективность использования газа характеризуется величиной дополнительной добычи нефти на каждую 1000 м3 закачанного газа.

$$C_{eff} = \frac{m_{oil}}{V_{gas}},$$

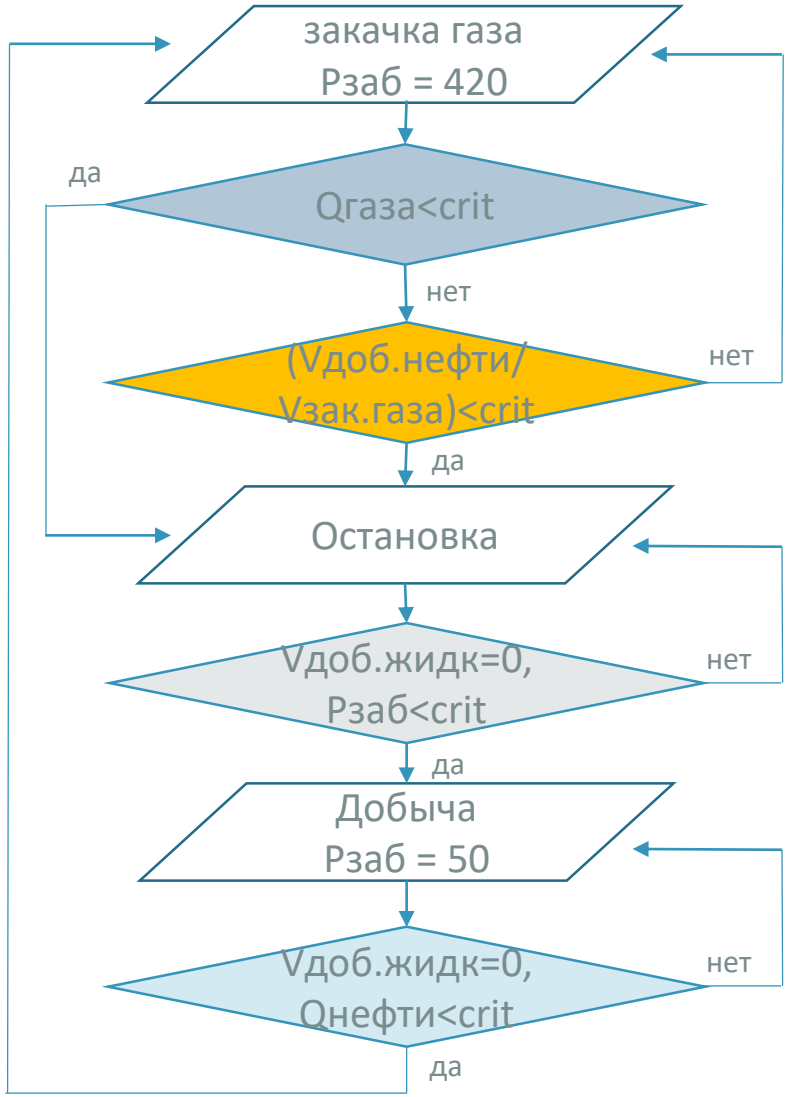
m_{oil} - дополнительная добыча нефти, т

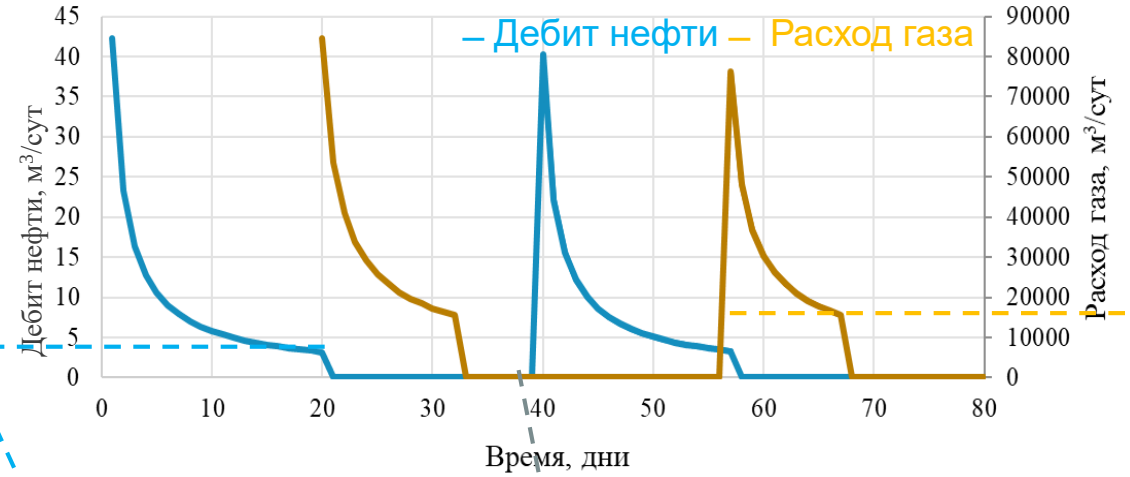
V_{gas} - объем закачанного газа, 1000 м3

Постоянная закачка за счет низкой проницаемости дает существенный отклик по росту добычи только спустя несколько лет, в отличие от Huff-and-Puff, с помощью которого уже в первый год разработки имеется существенный прирост добычи, поскольку воздействие от газа происходит в радиусе одной и той же скважины и нет необходимости в преодолении газом больших расстояний.



Оптимизация режима закачки





Пороговый дебит нефти, при котором скважина переключается в закачку

Время отстоя скважины

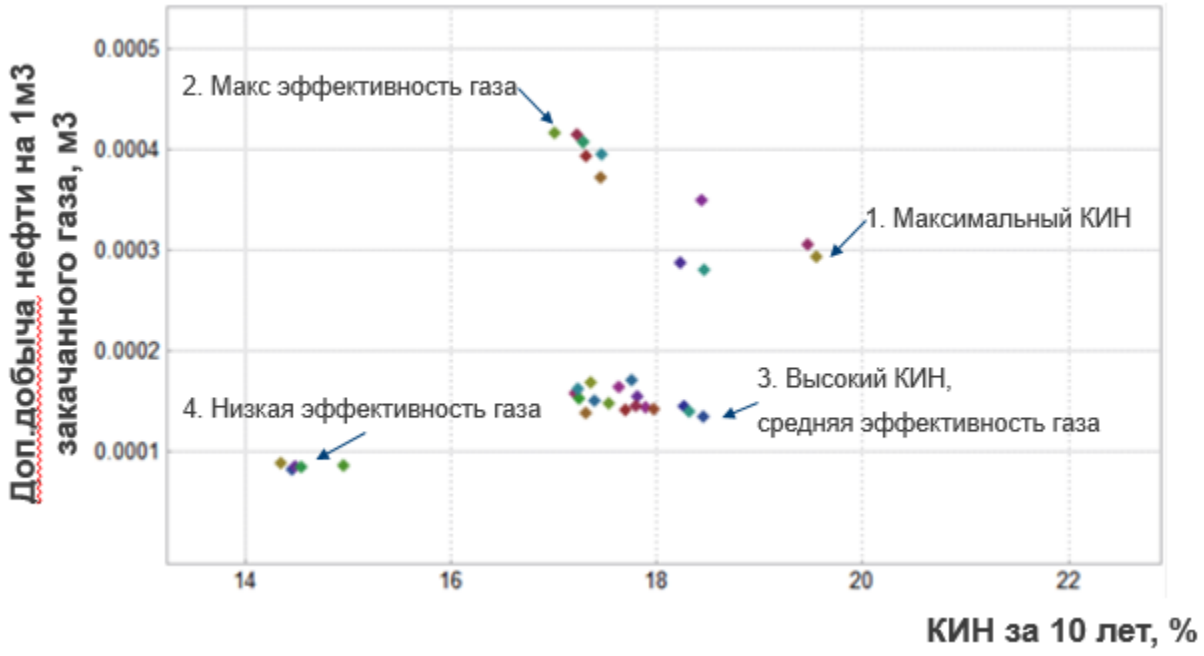
Пороговый расход газа, при котором скважина переключается в отстаивание либо в добычу

Критические значения	1 скважина	2 скважина	3 скважина
Приемистость (Qгаза), тыс. м3/сут	10 - 60	3 - 10	4 - 10
Забойное давление (Рзаб), бар	400 – 420		
Добытая нефть/закачанный газ (Vдоб.нефти/Vзак.газа)	0,001 – 0,05		
Дебит (Qнефти), м3/сут	3 – 30	4 – 8	3 – 10

Оптимизация режима закачки

Оптимизация режима работы трех скважин путем подбора пороговых значений для переключения между циклами добыча-закачка. Она проводилась в tNavigator с использованием инструмента «Адаптация & Оптимизация» *методом роя частиц.*

В качестве целевой функции задавалась *максимизация накопленной добычи нефти.*



Результаты оптимизации

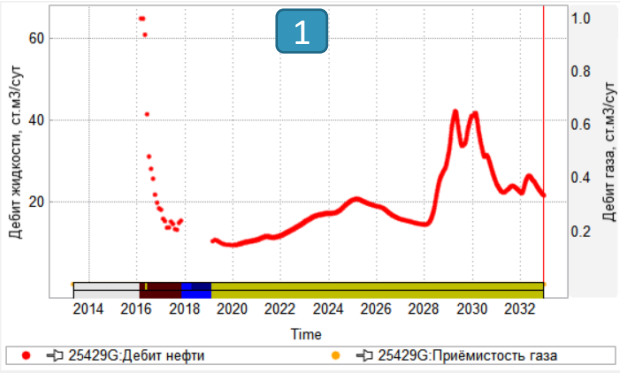
1 добыча
2 H’n’P
3 закачка

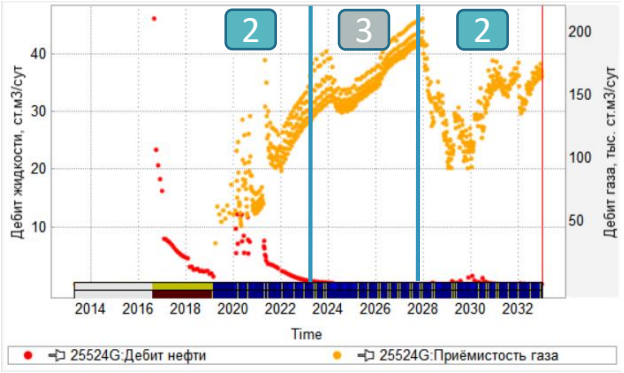
1 скважина

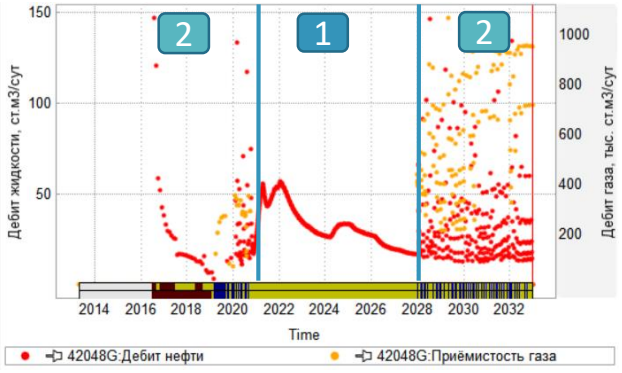
2 скважина

3 скважина

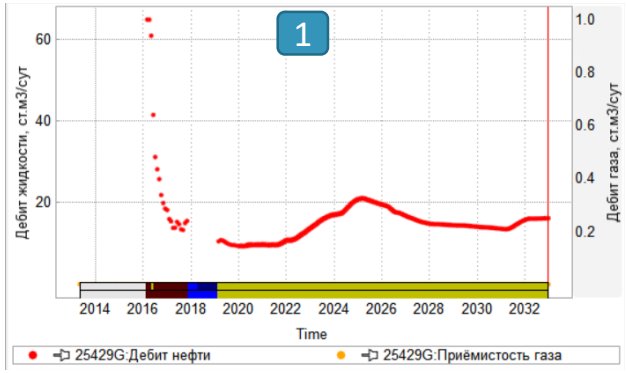
1. Максимальный КИН

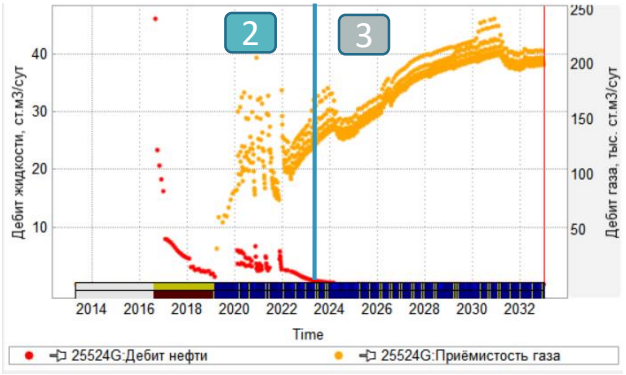


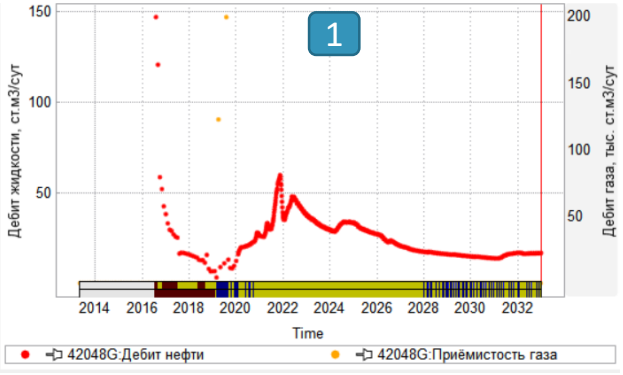




2. Максимальная эффективность газа







*Gimazov A., Balionis A., Sergeev E., Khudiev E., Uchuev R. Selection of EOR technology in ultra-low-permeability reservoirs of the Achimov deposits of the Priobsky field, 2021.

Результаты оптимизации

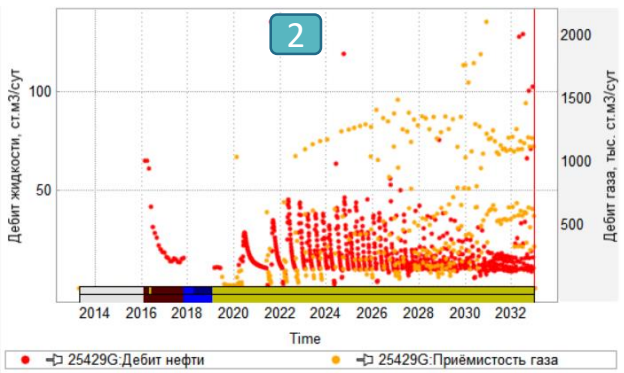
1 добыча
2 H’n’P
3 закачка

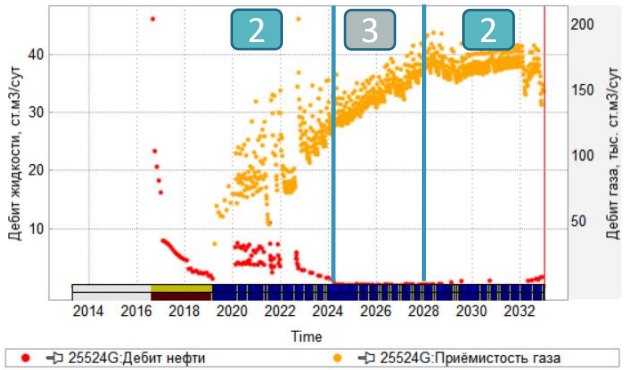
1 скважина

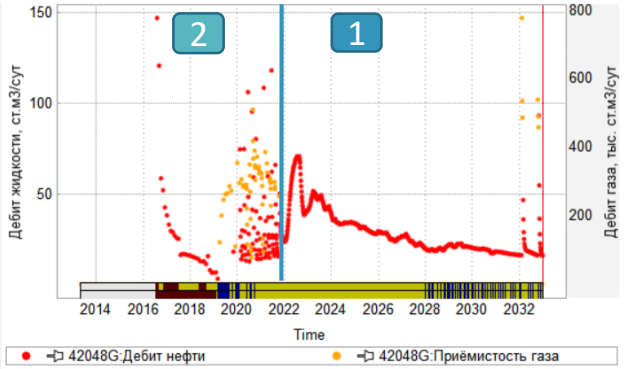
2 скважина

3 скважина

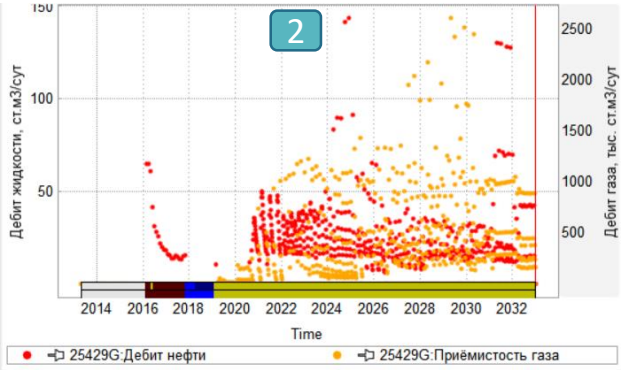
3. Высокий КИН, средняя эфф-ть газа

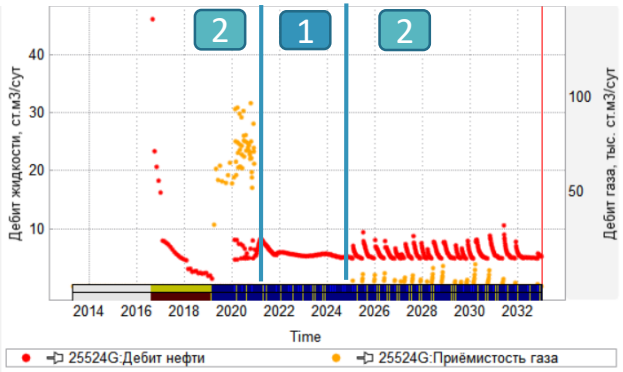


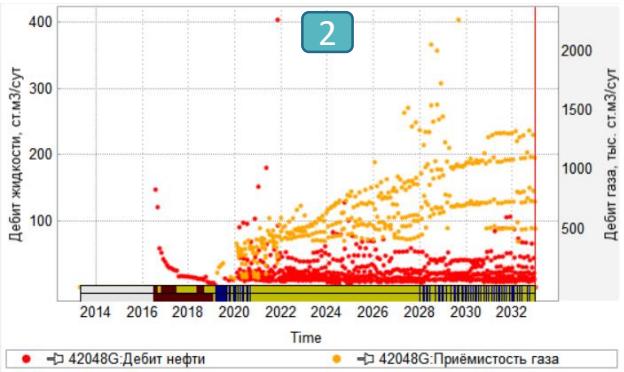




4. Низкая эффективность газа







*Gimazov A., Balionis A., Sergeev E., Khudiev E., Uchuev R. Selection of EOR technology in ultra-low-permeability reservoirs of the Achimov deposits of the Priobsky field, 2021.

Выводы

- В низкопроницаемых коллекторах газовые методы имеют преимущество перед заводнением;
- На основе проведённых гидродинамических расчетов преимущество Huff-and-Puff перед постоянной закачкой достигается за счет существенного прироста добычи нефти уже в первый год разработки ;
- Подобраны критерии и алгоритм для определения максимально эффективных режимов работы скважин;
- Наиболее выгодным является использование Huff-and-Puff не на всех скважинах рассматриваемого сектора разработки одновременно (одна скважина из трех в данной работе);
- Максимальная эффективность от закачки газа достигается путем комбинирования закачки Huff-and-Puff и постоянной закачки на нагнетательной скважине.