



Уфимский научно-технический центр

# Анализ и управление разработкой газовых месторождений в ПО СРЕДА

## Планы

- Хранение PVT, EOS

### Хранение



- Единый источник правды
- Хранение и верификация
- Обновление

- Инструменты оценки КИГ/КИК для Greenfield

### Инженерная аналитика



- P/z, FMB, Blasingame, Арпс
- VLP/IPR, узловой анализ, крит. Скорость
- PVT, объемный метод

- Многопластовая оптимизация: с учетом интерференции и рациональной выработки каждого пласта

### Управление



- Обратное распределение добычи (аллокация)
- Подбор режимов (Руст, Дшт) под план
- Учет потерь, факела и собственные нужды
- Предиктивная аналитика эрозии и гк пробок



- ✓ Единая СРЕДА для мультидисциплинарных групп
- ✓ Широкий набор инструментов для решения задач
- ✓ Выработка согласованных решений на непротиворечивых данных

### СРЕДА

- Кроссплатформенность (Linux/Windows)
- Мультиязычность (Рус/Eng)
- Коробочное решение
- Универсальность СИ (метрическая/имперская)

## Синхронизация геологии, физики пласта и коммерческих планов для безопасного и экономичного управления режимами скважин.

### Актуальность

1. Добыча считается "в обратную сторону" от трубы к скважине по коэффициентам, которые устарели. Никто не знает реальный дебит скважины между замерами.
2. Режимы выбираются часто с запасом по давлению. Это приводит к преждевременному снижению забойного давления и выпадению конденсата в пласте
3. Инженеры реагируют на проблему постфактум, когда скважина уже "захлебнулась" жидкостью / штуцер вышел из строя
4. Коммерческий отдел спускает план, а технологи мучаются, пытаются выполнить план, без возможности учесть все факторы рациональной разработки

### Риски

1. Искажение истории разработки: Неверные данные о добыче ведут к ошибкам в адаптации ГГДМ. Результат - неверные прогнозы добычи и ошибки при бурении новых скважин
2. Ретроградная конденсация → невозвратные потери конденсата
3. Liquid loading → аварийные остановки: прямые потери выручки за время простоя скважины, затраты на операции по выводу скважины на режим
4. Эрозия → сокращение срока службы трубопроводов и оборудования
5. Не выполнение плана, штрафные санкции от покупателей

### Наше решение

1. *Виртуальная расходометрия.* Мы восстанавливаем физический дебит каждой скважины 24/7 на основе телеметрии (Руст, Дшт).
2. Алгоритм *Максимизации КГФ.* Мы ищем такой режим, при котором вынос жидкой фазы максимален.
3. *Предиктивная диагностика.* Мы мониторим критическую скорость газа и плотность смеси. Если видим риск пробки — даем сигнал заранее
4. *Автоматический Солвер.* Система сама подбирает комбинацию штуцеров, чтобы сумма дебитов равнялась Плану, при этом соблюдая все ограничения (эрозия, песок, гидраты).

### Технические преимущества

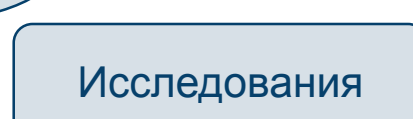
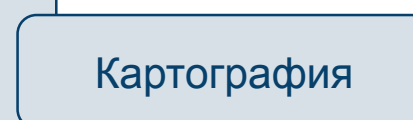
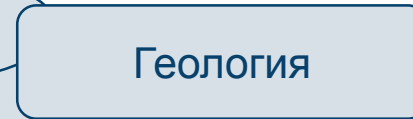
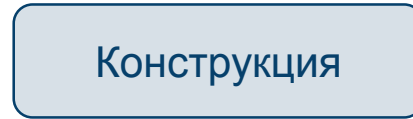
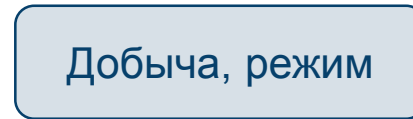
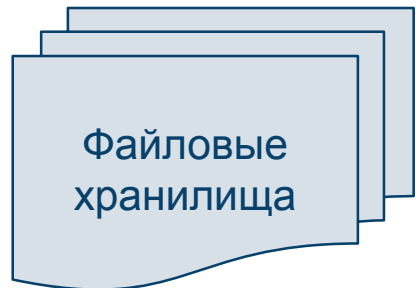
1. *Синхронизация «Бизнес - Пласт».* Автоматический перевод коммерческого плана в безопасные физические режимы скважин.
2. *За пределами возможностей человека.* Одновременный учет 10+ нелинейных ограничений (эрозия, гидраты, песок), недоступный для ручного расчета.
3. *Максимизация выручки.* Поиск сценария с максимальной добычей дорогого конденсата при выполнении плана по газу.
4. *Предиктивная безопасность.* Гарантированное удержание скважин в «Зеленом коридоре», исключая аварийные остановки.
5. *Суточный цикл управления.* Мгновенный пересчет режимов всего фонда при любых изменениях (вместо раз в месяц)

*«Наша цель — не просто выполнить план по валу, а обеспечить рациональную выработку запасов. Мы строим мост между "Коммерцией" (план сверху) и "Геологией" (потенциал снизу)»*

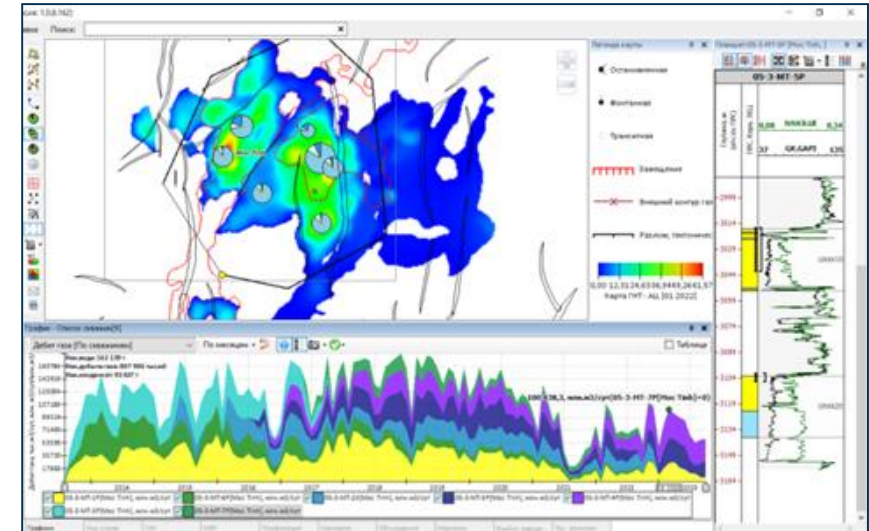
# Хранение. Доступ к геолого-промысловой информации

База данных – витрина, представляющая срез геолого-промысловых данных в контексте решаемых задач анализа и диагностики газоконденсатного актива

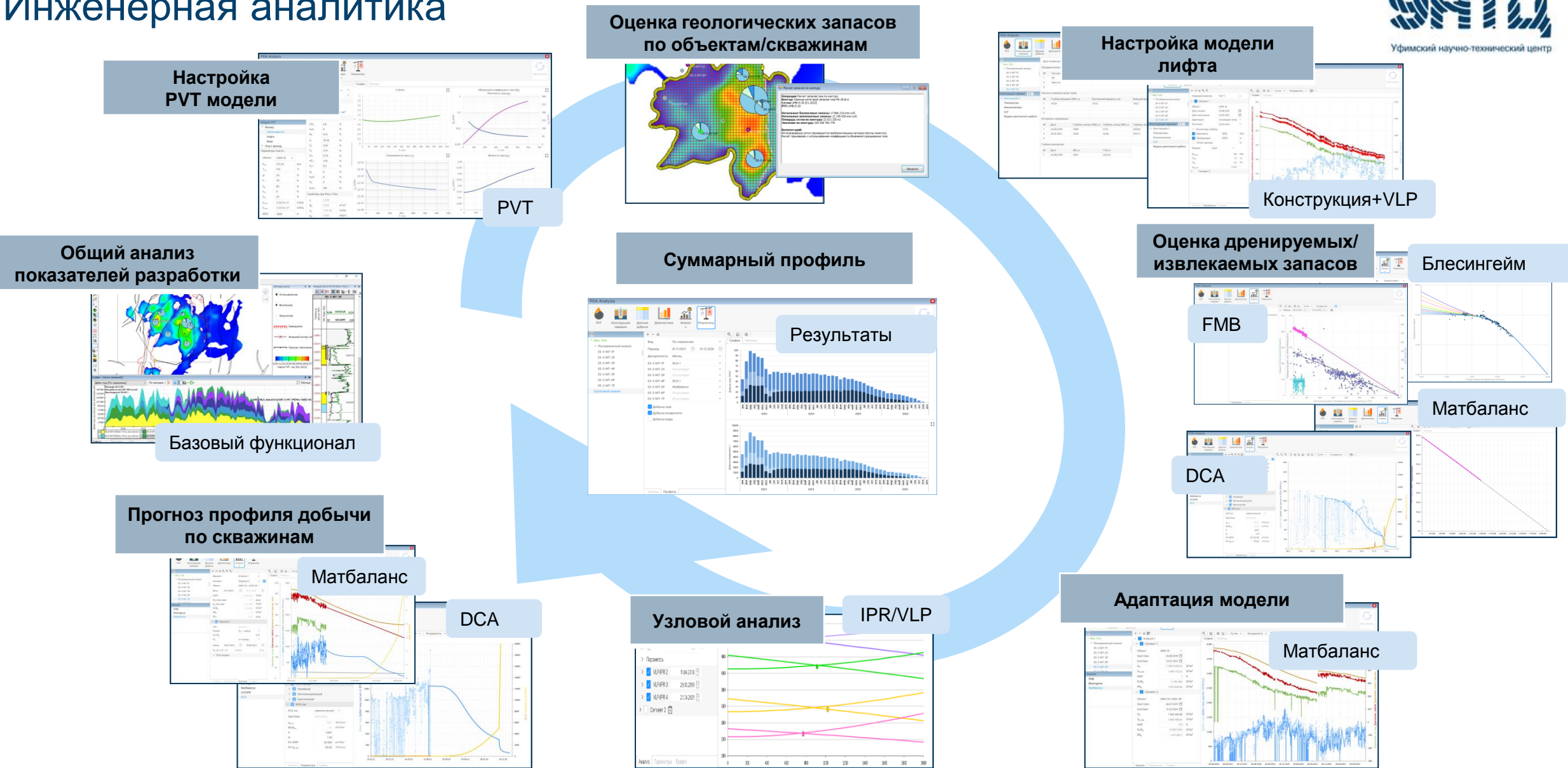
## Различные источники данных



## SREDA - инструменты визуализации данных



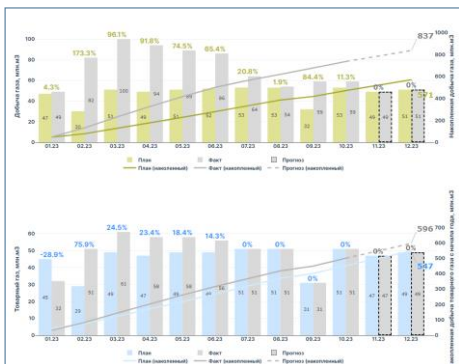
# Инженерная аналитика



Часть модулей инженерной аналитики реализованы в рамках проекта по разработке информационно-аналитической системы «Геология и разработка» с МК ООО «Газпром Интернэшнл Лимитед»

# 1. Общий анализ показателей разработки

## План факт по месторождению



## Интегральные показатели

Общие сведения		
Начало разработки		2013
Состав углеводородов		G+C
Площадь месторождения	км2	71650
Месячные показатели на 01.10.2023 г.		
Месячная добыча газа	млн.м3	59.2
Месячная добыча конденсата	тыс.т	4.8
Месячная добыча воды	тыс.т	33.3
Дебит газа	тыс.м3/сут	637
Дебит конденсата	т/сут	52
Дебит Воды	т/сут	359
Конденсатогазовый фактор	т/млн м3	81
Водогазовый фактор	т/млн м3	563

## Основные задачи

- Провести анализ основных показателей разработки, сделать выводы о текущем состоянии, о соответствии план-факта
- Провести анализ карт, геопрофилей, графиков для определения характерных особенностей актива, осложнений в разработке
- Провести анализ режимов работы по отдельным скважинам для определения ключевых периодов для инженерных расчетов, подходов к корректировке/уточнению данных, методов инженерной оценки
- Подготовить графический материал для обоснований

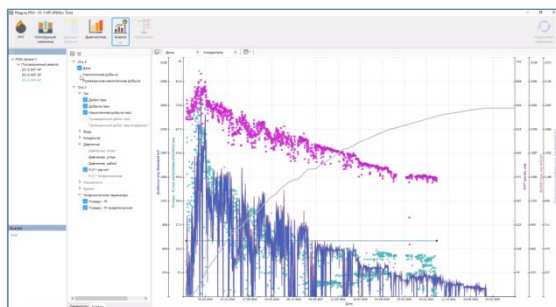
## Базовый функционал



## Модуль «Данные добычи»

Скважина	Дата	Добыча, млн м3	Добыча, тыс. т	Добыча, м3	ИТ
101	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
102	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
103	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
104	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
105	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
106	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
107	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
108	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
109	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
110	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
111	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
112	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
113	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
114	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
115	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
116	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
117	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
118	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
119	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
120	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
121	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
122	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
123	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
124	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
125	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
126	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
127	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
128	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
129	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
130	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
131	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
132	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
133	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
134	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
135	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
136	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
137	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
138	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
139	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
140	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
141	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
142	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
143	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
144	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
145	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
146	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
147	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
148	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
149	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1
150	01.01.23	0.00	0.00	0.00	1

## Модуль «Диагностика»



## Модули

## Пользовательские операции

### План/факт

Просмотр текущего состояния интегральных показателей

### Базовый функционал

построение карт разработки, графиков по группе/ скважине, геопрофилей, просмотр исследований, мероприятий

### Диагностика

Анализ динамических показателей истории по скважинам в различных диагностических представлениях:

- Выбор различных осей ОХ (дата, накопленная добыча, КИГ)
- Выбор различных показателей (давление, дебит, добыча, КГФ/ВГФ и др для совместного анализа)
- Выбор масштаба оси (координаты, лог)
- Выбор периодов для анализа

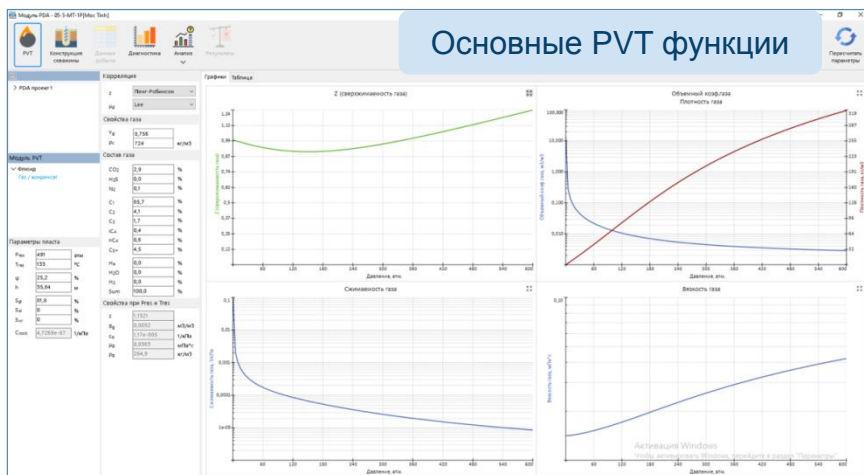
### Данные добычи

- Просмотр, выбор источников для исторических данных в табличном виде

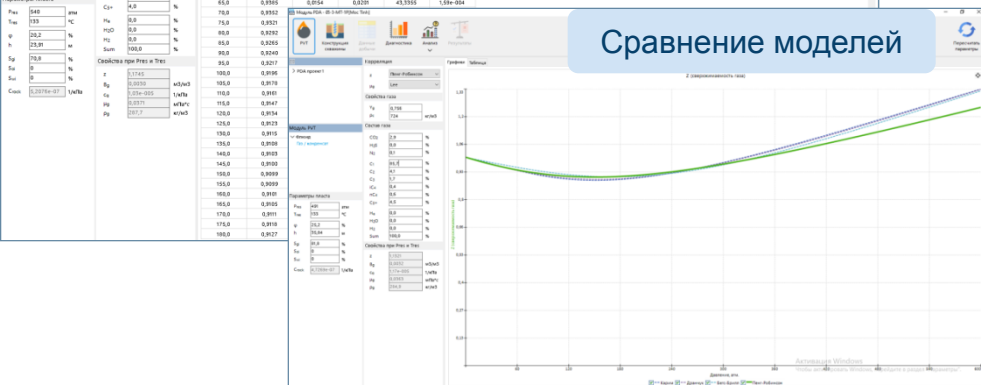
## Ожидаемый результат

- Ключевые выводы, план дальнейшего инженерного анализа

## 2. Настройка PVT модели



P	Z	Вязкость	Объемный коэффициент	Сжимаемость
MPa		мПа·с	м³/м³	1/м³
10.0	0.9999	0.0143	15.9183	0.0028
15.0	0.9998	0.0143	0.2197	2.4483
10.0	0.9998	0.0144	0.7376	6.7331
10.0	0.9929	0.0143	0.9932	8.5404
20.0	0.9776	0.0143	0.9600	12.8006
25.0	0.9723	0.0144	0.9541	16.8932
30.0	0.9675	0.0147	0.9449	19.4933
35.0	0.9628	0.0148	0.9333	22.2440
40.0	0.9582	0.0149	0.9233	25.7139
45.0	0.9539	0.0150	0.9150	29.8101
50.0	0.9497	0.0151	0.9084	34.2413
55.0	0.9458	0.0152	0.9039	39.2046
60.0	0.9420	0.0153	0.9019	44.7104
65.0	0.9385	0.0154	0.9020	51.3555
70.0	0.9352			
75.0	0.9321			
80.0	0.9292			
85.0	0.9265			
90.0	0.9240			
95.0	0.9217			
100.0	0.9196			
105.0	0.9178			
110.0	0.9161			
115.0	0.9145			
120.0	0.9131			
125.0	0.9118			
130.0	0.9106			
135.0	0.9095			
140.0	0.9085			
145.0	0.9076			
150.0	0.9069			
155.0	0.9062			
160.0	0.9056			
165.0	0.9051			
170.0	0.9046			
175.0	0.9042			
180.0	0.9037			



### Основные задачи

- Оценка/расчет основных PVT зависимостей для газа
- Выбор подходящей методики для расчета на основе сравнения с фактом, альтернативных моделей

### Модули

### Пользовательские операции

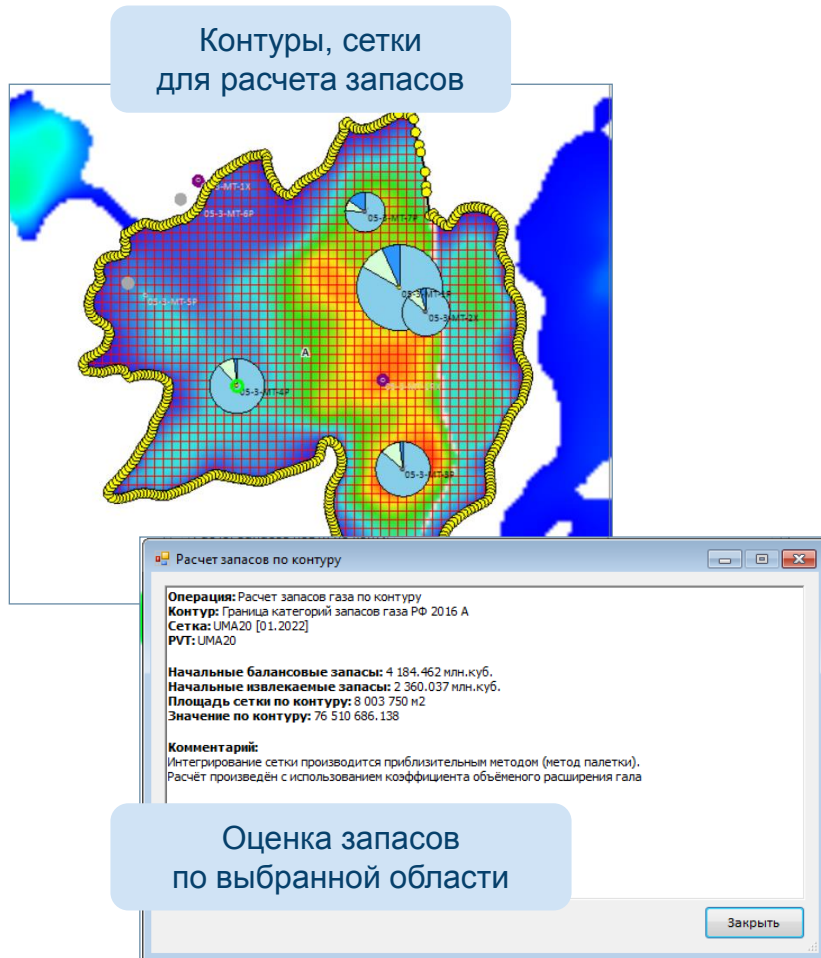
#### ■ PVT

- Расчет  $Z(P)$  по моделям
  - Пенг-Робинсон (учет компонентного состава)
  - Дранчук
  - Беггз-Брил
  - Карим
  - Пользовательская таблица
- Расчет  $\mu_i(P)$  по модели Ли, пользовательской таблице
- Расчет плотности, объемного коэффициента, сжимаемости газа
- Просмотр/сравнение моделей, факта

### Ожидаемый результат

- Настроенная PVT модель для дальнейших расчетов в оценке запасов и прогнозировании

### 3. Оценка геологических запасов по объектам/скважинам



#### Основные задачи

- Определение текущего КИГ
- Сравнение результатов с утвержденными показателями, оценками запасов по динамическим методам
- Оценка НГЗ/НИЗ объемным методом

#### Модули

#### Пользовательские операции

#### Базовый функционал расчет запасов

- Выбор контура для расчета (геологический контур, граница категорий, область Вороного, произвольный контур)
- Выбор сеток для расчета (начальные толщины, плотность запасов)
- Сравнение сеток с данными РИГИС
- Задание подсчетных параметров (по объекту, PVT свойствам)
- Получение значение запасов по заданной области

#### Ожидаемый результат

- Оценка геологических запасов объемным методом, текущей выработки по данным добычи

# 4. Настройка модели лифта

**Параметры конструкции**

**Инклинометрия**

**Температура**

**Расчет и адаптация модели течения в стволе на факт замерные данные**

**Контроль качества адаптации давления на глубине манометра «факт»-«расчет»**

## Основные задачи

- Задание параметров конструкции скважины
- Настройка модели течения жидкости в стволе (VLP модель)
- Определение параметров давления в стволе скважины на заданную глубину

Модули	Пользовательские операции
Конструкция	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Просмотр данных по конструкции скважины из БД</li> <li>• Задание/редактирование параметров конструкции скважины</li> <li>• Задание диапазона температур по стволу</li> <li>• Просмотр данных инклинометрии из БД</li> </ul>
Конструкция. VLP	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Задание входных параметров для модели ствола (период исторических данных, расчетные глубины)</li> <li>• Выбор модели (Грей, Беггз-Брил)</li> <li>• Расчет и адаптация модели на факт замерные данные с манометра, контроль результата</li> </ul>

## Ожидаемый результат

- Настроенная модель течения жидкости в стволе для дальнейшего анализа режимов
- Рассчитанные значение давления в стволе по истории на заданной глубине (забойное давление на глубине перфорации) для моделей матбаланса, FMB, Блесингейма

# 5. Оценка дренируемых/извлекаемых запасов



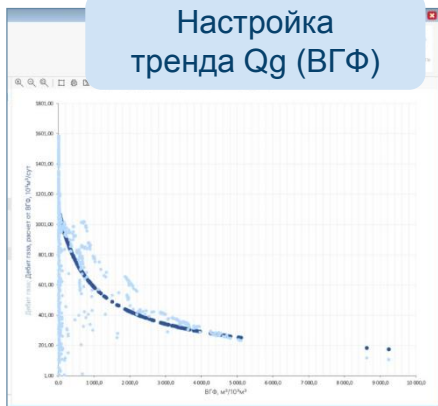
Модуль «FMB»  
(динамический матбаланс)

**Основные задачи**

- Определение начальных геологических и извлекаемых запасов скважины, а также параметров пласта (индекса продуктивности скважины, проницаемости, скин-фактора)

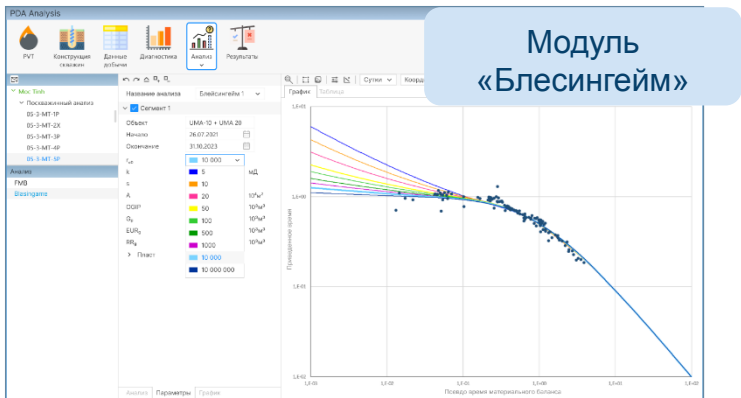


Настройка тренда ВГФ (КИГ)



Настройка тренда Qg (ВГФ)

Модули	Пользовательские операции
FMB	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Расчетные модели: режим истощения; учет сжимаемости, аквифера – модель Фетковича</li> <li>• Расчет и визуализация теоретических/факт трендов функций <math>P/z^{**}</math>, Агарвала-Гарднера, псевдо-индекса продуктивности</li> <li>• Интерактивный подбор PI, запасов на графике</li> </ul>
DCA по ВГФ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Расчетные модели DCA Arps и DCA (WGR) (для обводненных скважин)</li> <li>• Возможность задания трендов на различных сегментах</li> <li>• Расчет и визуализация теоретических/фактических трендов</li> <li>• Оценка извлекаемых запасов</li> </ul>
Блесингейм	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Расчет и визуализация серии теоретических палеток, фактических точек</li> <li>• Оценка запасов на скважину путем подбора пользователем входных параметров до достижения наилучшего соответствия расчетных точек одной из теоретических палеток</li> </ul>



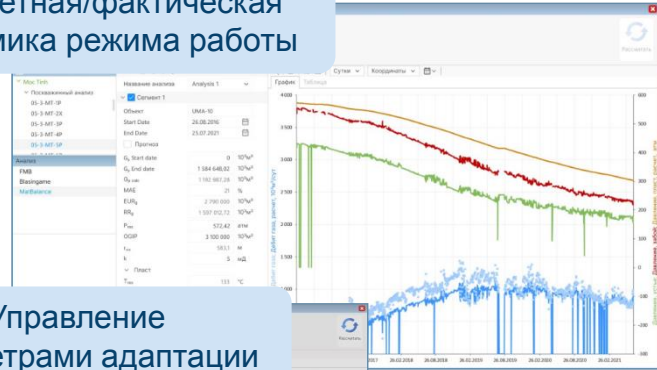
Модуль «Блесингейм»

**Ожидаемый результат**

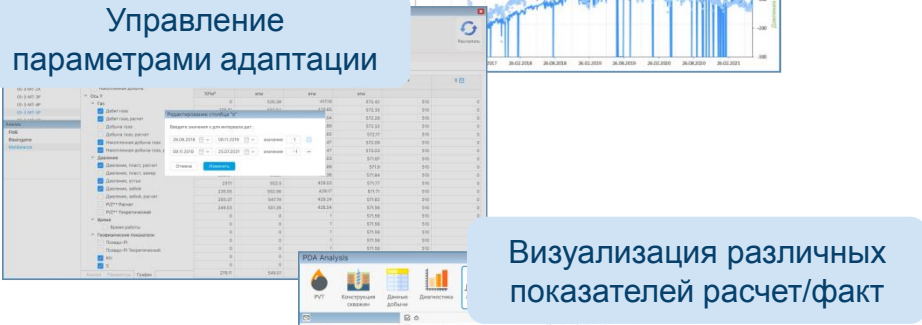
- Определены значения начальных геологических запасов и параметров призабойной зоны пласта для дальнейшего анализа в модуле Матбаланс
- Определен тренд обводнения скважины, необходимый для дальнейших расчетов уровня добычи газа

# 6. Адаптация модели матбаланса

Расчетная/фактическая динамика режима работы



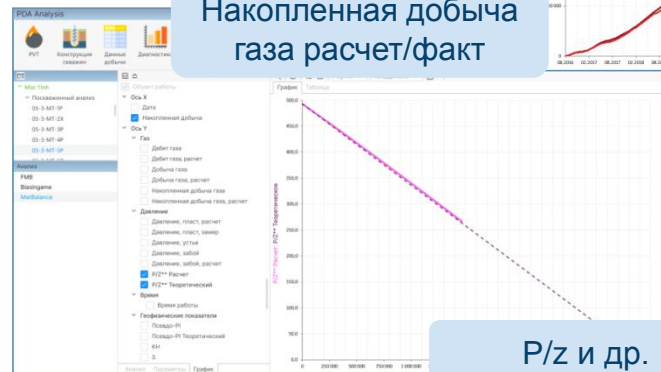
Управление параметрами адаптации



Визуализация различных показателей расчет/факт



Накопленная добыча газа расчет/факт



P/z и др.

## Основные задачи

- Получение оценок параметров пласта и скважины, описывающие факт динамику добычи, давлений
- Согласование полученных оценок с геологическими оценками

## Модули

## Пользовательские операции

## Матбаланс

- Выбор периодов/объекто для моделирования (например, до/после перевода скв на другой пласт)
- Задание входных параметров модель
- Объемы, характеристики пласта и аквифера, PVT
- Параметры продуктивность скважины по модели Форхгеймера
- Выбор режимов расчета – по забойному, по дебиту с ограничениями
- Адаптация модели на выбранных периодах анализа с помощью управляющих параметров
- Сравнение результатов для контроля качества адаптации

## Ожидаемый результат

- Параметры продуктивности скважины для прогнозирования и узлового анализа
- Оценка режима (истощение, аквифер)
- Оценка динамики пластового давления

## Модуль узлового анализа «IPR/VLP»

Даты узлового анализа + расчеты модели Матбаланса

Решение узлового анализа на заданные даты

### Основные задачи

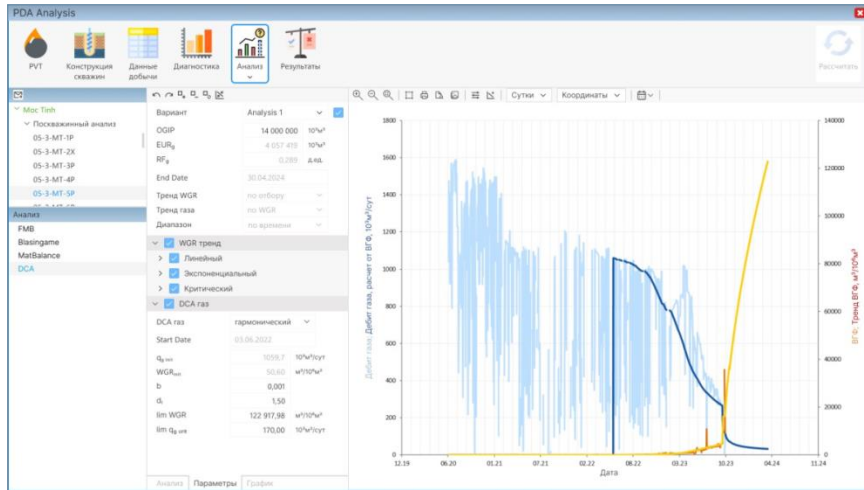
- Оценка режима работы скважины на выбранную дату методом узлового анализа

Модули	Пользовательские операции
IPR/VLP	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Выбор периода для узлового анализе</li> <li>• Выбор источника данных для расчета IPR</li> <li>• Модель матбаланса (пластовое давление, параметры продуктивности)</li> <li>• P/z анализ (пластовое давление)</li> <li>• Пользовательское значение (пластовое давление, параметры пласта/скважины)</li> <li>• Просмотр настроек моделей VLP проекта (см. Конструкция/VLP) – модель</li> <li>• Выбор режима для построения VLP (факт или пользовательские значения устьевое давление, КГФ, ВГФ)</li> <li>• Определение критический параметров: по дебиту газа (модель Тернера), пластовое давление образования гк пробки, давление задавливания скважины</li> <li>• Построение моделей узлового анализа на серию дат, анализ режима работы на дату (точка режима, близость режима к критическим областям)</li> </ul>

### Ожидаемый результат

- Узловой анализ на дату – определение точки пересечения кривой продуктивности IPR и кривой лифта VLP
- Диагностика режима работы скважины на дату (близость к критическим областям)

# 8. Прогноз профилей добычи



## Основные задачи

- Прогноз профиля добычи по скважине/группе скважин для заданных сценарных условий
- Сопоставление вариантов прогнозов по различным методам и сценариям
- Выбор варианта для итогового профиля

Модули	Пользовательские операции
DCA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Выбор модели для создания прогнозного тренда</li> <li>• Настройка параметров тренда (по факт данным, аналогам)</li> <li>• Задание граничных пределов для окончания прогноза</li> <li>• Расчет и сравнение нескольких вариантов</li> </ul>
Матбаланс	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Выбор режима для расчета прогноза (по забойному, по дебиту, по устьевому, гибридный режим)</li> <li>• Задание граничных пределов для окончания прогноза (минимальный дебит, давление)</li> <li>• Расчет и сравнение нескольких вариантов</li> </ul>

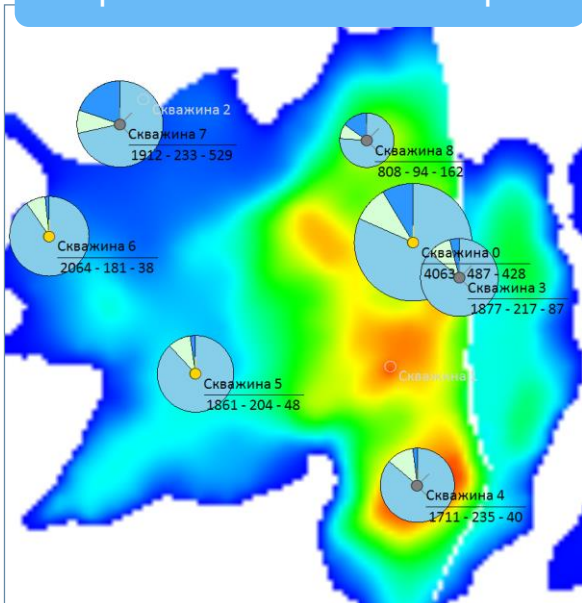
## Ожидаемый результат

- Прогнозный профиль добычи газа по выбранной скважине/группе скважин

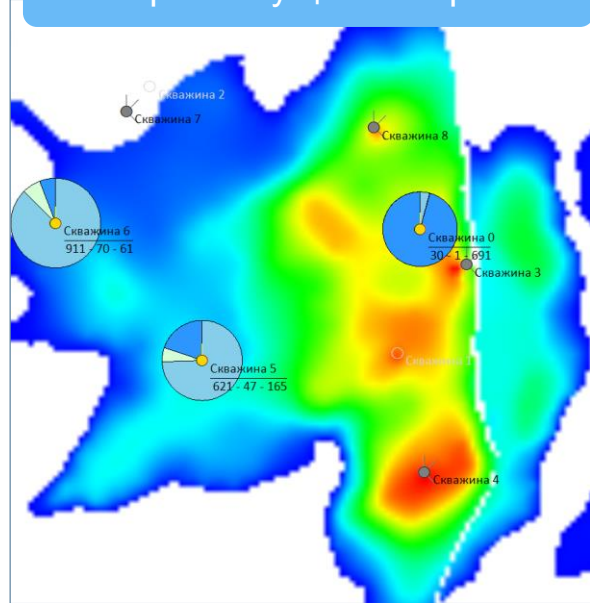
# **ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧ НА ГАЗОВОМ АКТИВЕ**

# Визуализация данных по добыче

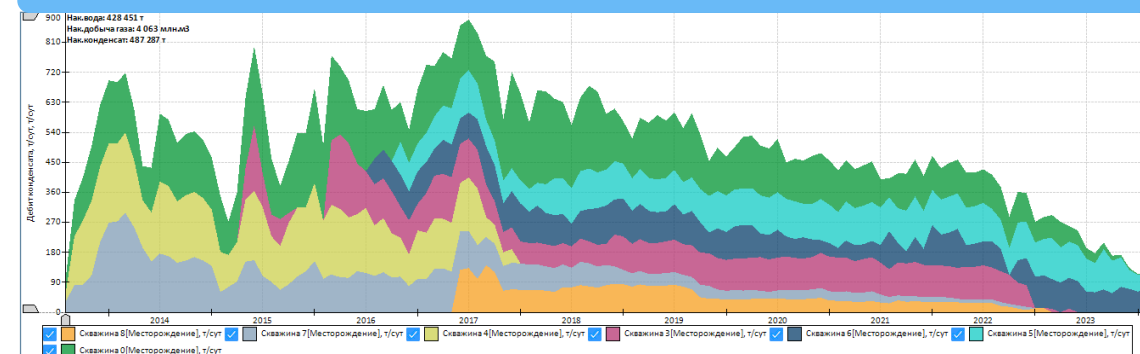
## Карта накопленных отборов



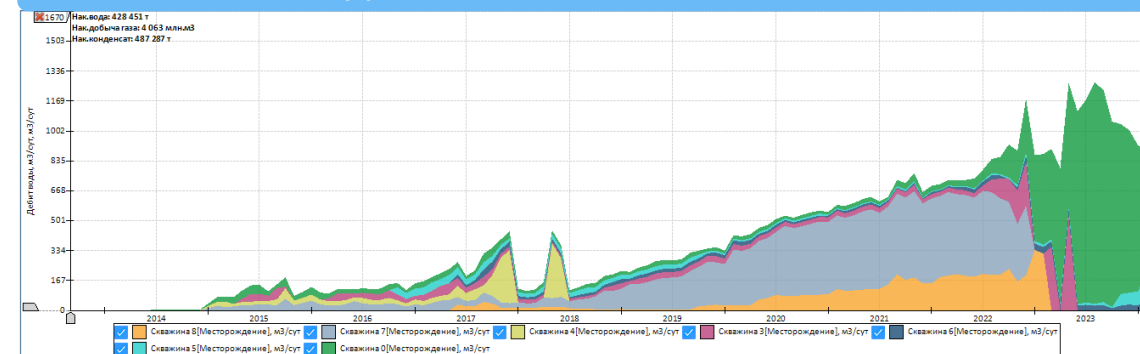
## Карта текущих отборов



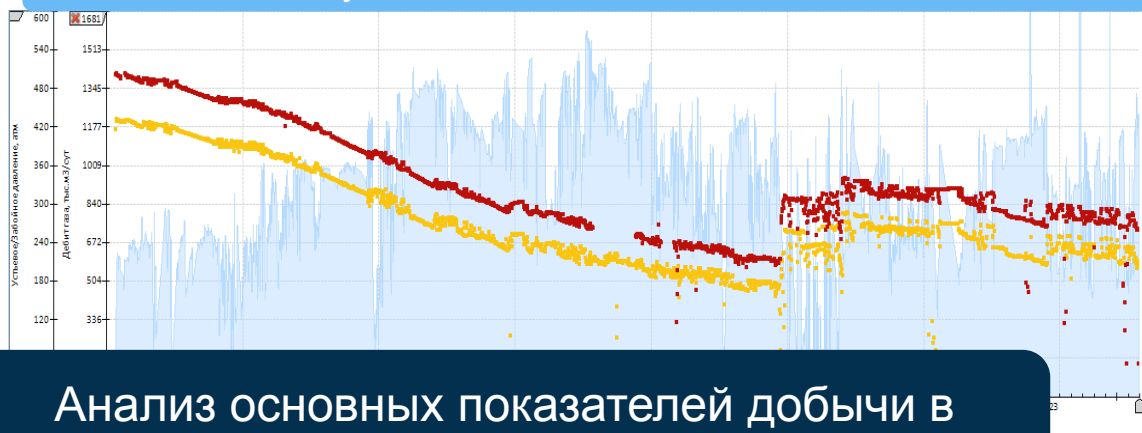
## Добыча газа по скважинам



## Добыча воды по скважинам

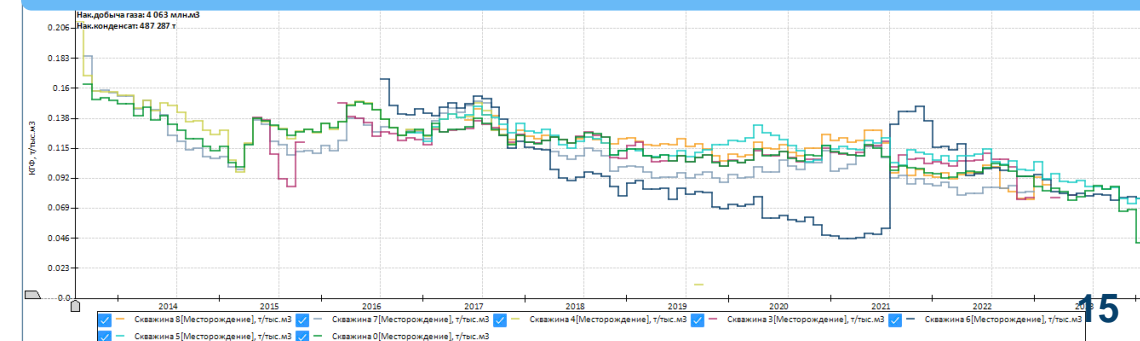


## Суточные показатели скважины

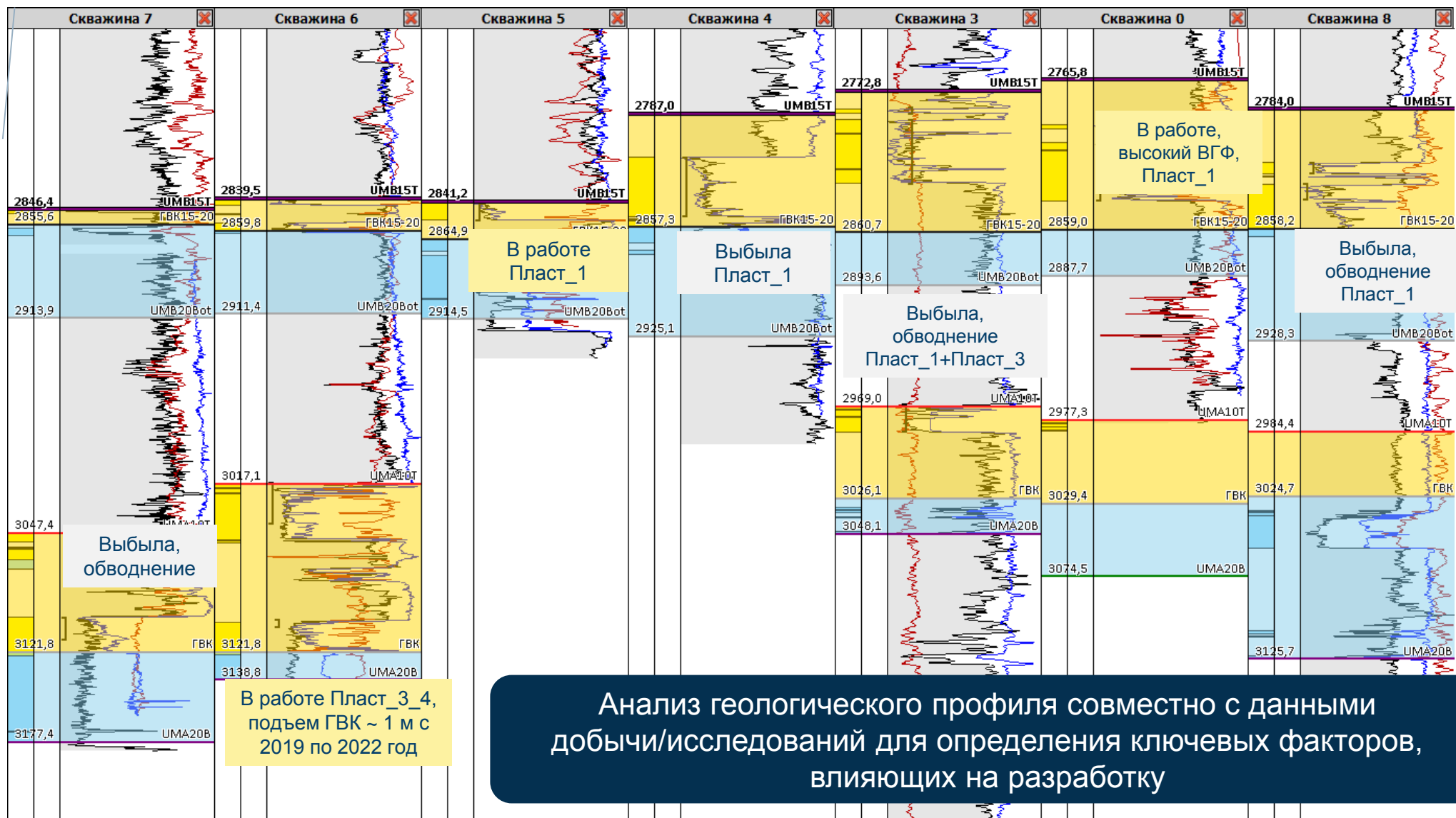
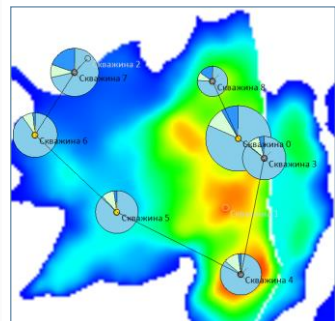


Анализ основных показателей добычи в различных представлениях

## КГФ по скважинам



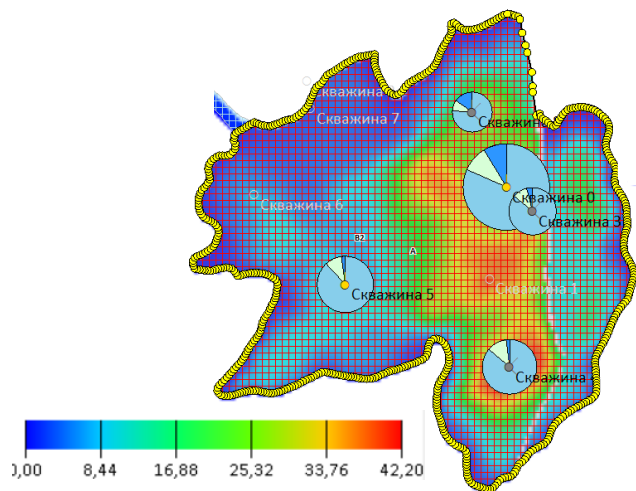
# Визуализация данных по геологии



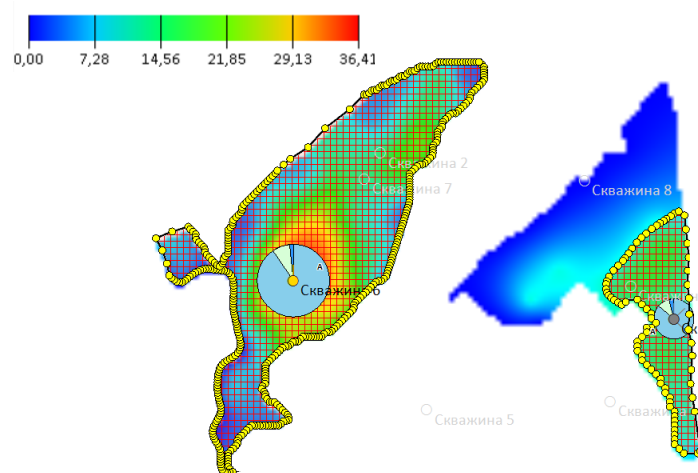
Анализ геологического профиля совместно с данными добычи/исследований для определения ключевых факторов, влияющих на разработку

# Оценка геологических запасов газа объёмным методом

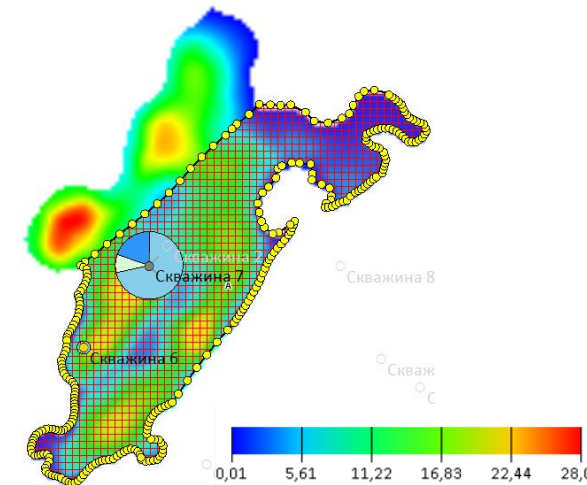
Начальные газонасыщенные толщины, Пласт\_1



Начальные газонасыщенные толщины, Пласт\_3



Начальные газонасыщенные толщины, Пласт\_4



Расчет запасов по контуру

Операция: Расчет запасов газа по контуру  
 Контур: Граница категорий запасов газа РФ 2016 А  
 Сетка: UMA20 [01.2022]  
 PVT: UMA20

Начальные балансовые запасы: 4 184,462 млн.куб.  
 Начальные извлекаемые запасы: 2 350,037 млн.куб.  
 Площадь сетки по контуру: 8 003 750 м2  
 Значение по контуру: 76 510 686,138

---

Расчет запасов по контуру

Операция: Расчет запасов газа по контуру  
 Контур: Граница категорий запасов газа РФ 2016 А  
 Сетка: UMB15-20 [01.2022]  
 PVT: UMB15-20

Начальные балансовые запасы: 17 866,215 млн.куб.  
 Начальные извлекаемые запасы: 12 149,026 млн.куб.  
 Площадь сетки по контуру: 22 031 250 м2  
 Значение по контуру: 320 538 700,779

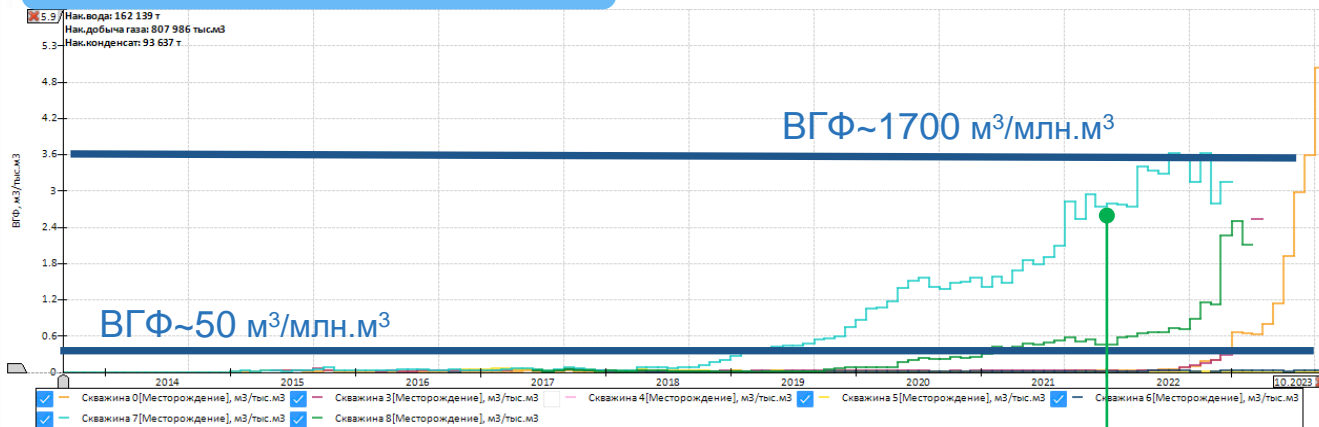
Комментарий:  
 Интегрирова  
 Расчет произ

Объект	НГЗ, млрд м3	КИГ проект	АО, м	НИЗ, млрд м3	КИГ тек
Пласт_1	17,84	0,68	2857	12,14	0,56
Пласт_3 залежь_1	3,14	0,71	3062	2,23	0,5
Пласт_3 залежь_2	0,37	0,617	2985	0,23	0,61
	4,17	0,564	3123	2,35	0,55

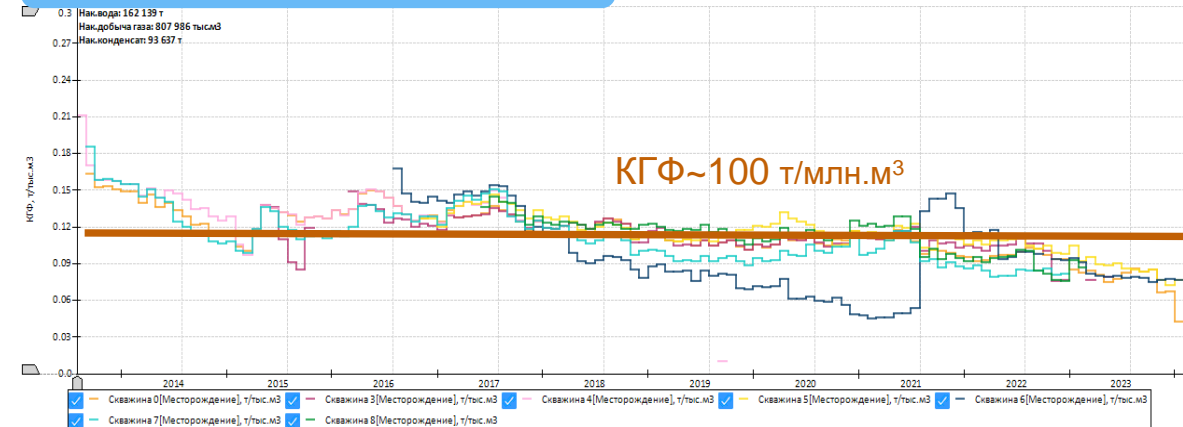
Расчет запасов по любому контуру/категории, определение текущего КИГ, ОИЗ по площади

# Анализ данных добычи на графиках

## Динамика ВГФ по скважинам



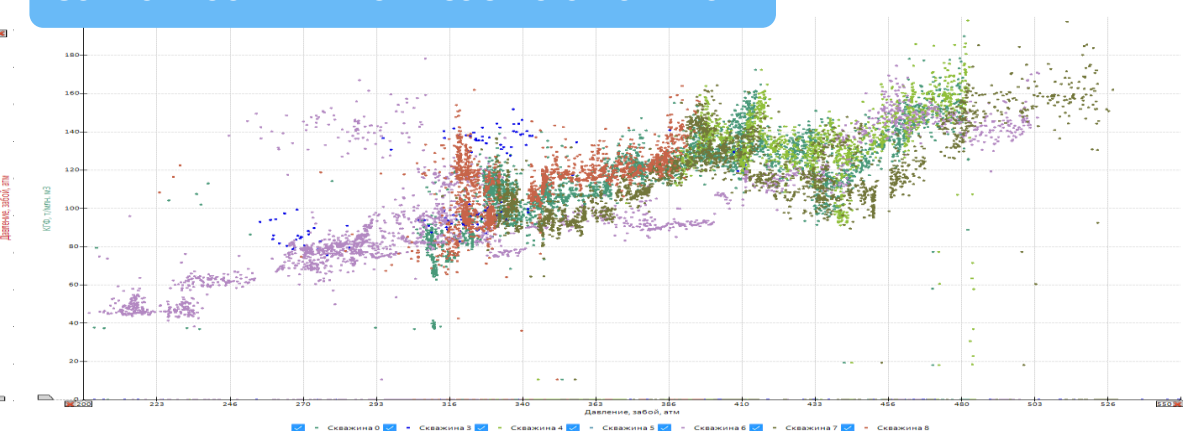
## Динамика КГФ по скважинам



## Скважина 7

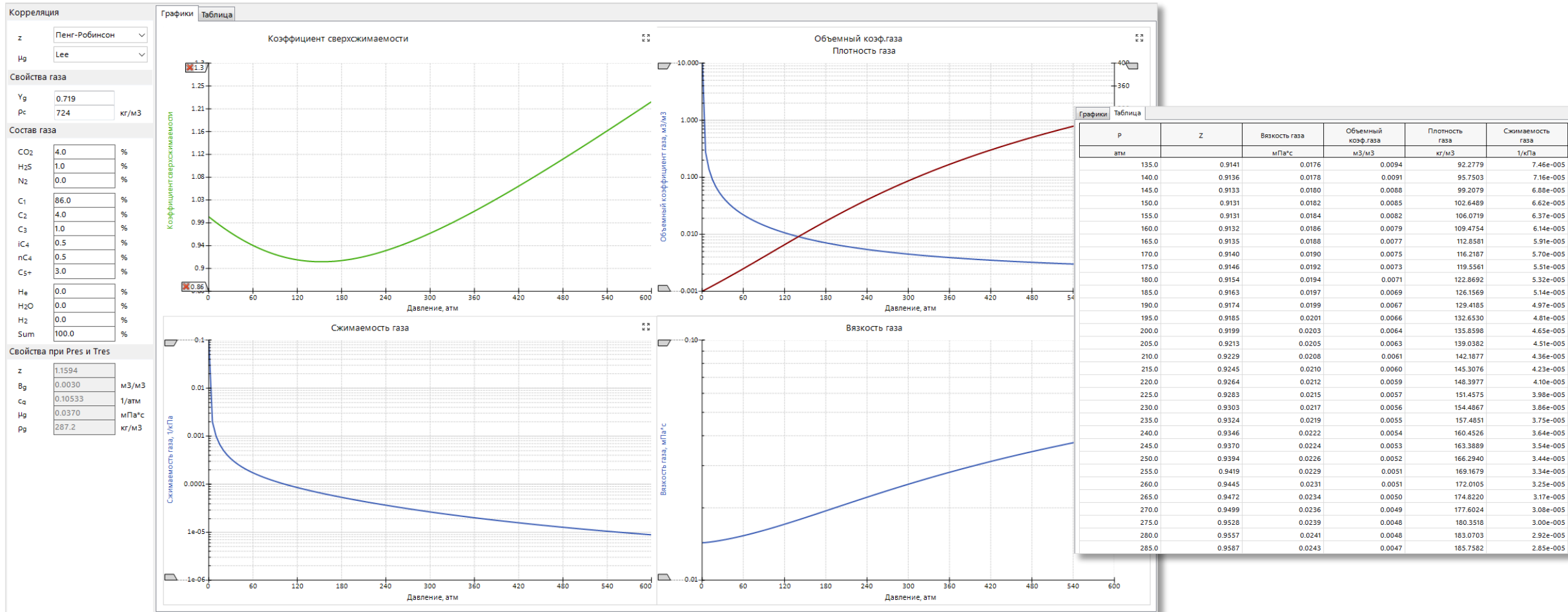


## Зависимость КГФ от Рзаб по скважинам

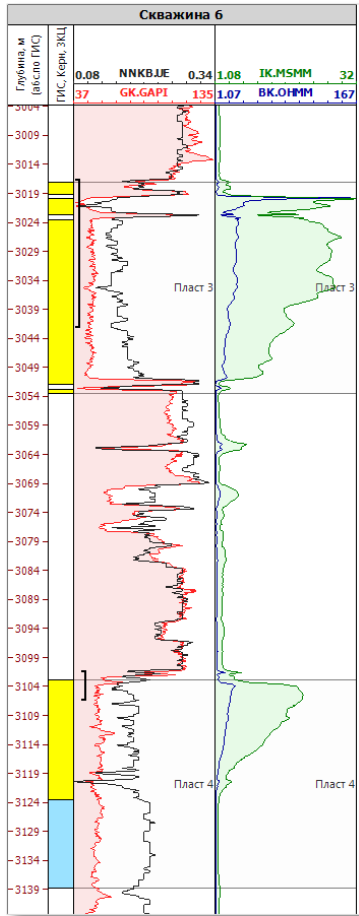


Совместный анализ показателей газа, воды для для оценки влияния на продуктивность, режим работы скважин

# Создание PVT модели



# Расчет забойного давления



Пласт 1  
Н ман = 2420 м  
Н заб = 3020 м

Пласт 2  
Н ман = 2420 м  
Н заб = 3100 м

Имя Анализа: VLP 1

Сегмент 1

Объект: ALL

Дата начала: 26.08.2016

Дата окончания: 10.07.2021

Адаптация: На каждую точку

Источник: Суточные

Расчетные глубины (абс.):

- Манометр: 2 420.00 м
- Перфорация: 3 020.00 м
- Польз.: 0.00 м

Модель: Беггс-Брилл

D НКТ: 139.70 мм

T уст: 92.27 °C

T заб: 137.35 °C

у г расчет: 0.85

Сегмент 2

Объект: ALL

Дата начала: 11.07.2021

Дата окончания: 29.02.2024

Адаптация: На каждую точку

Источник: Суточные

Расчетные глубины (абс.):

- Манометр: 2 420.00 м
- Перфорация: 3 100.00 м
- Польз.: 0.00 м

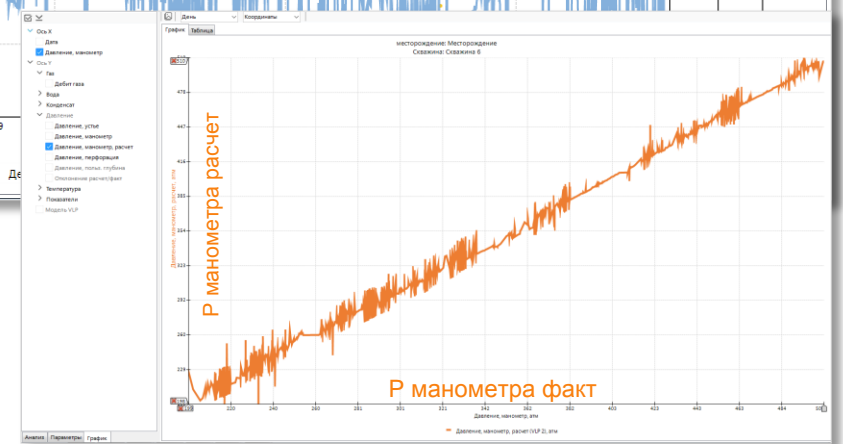
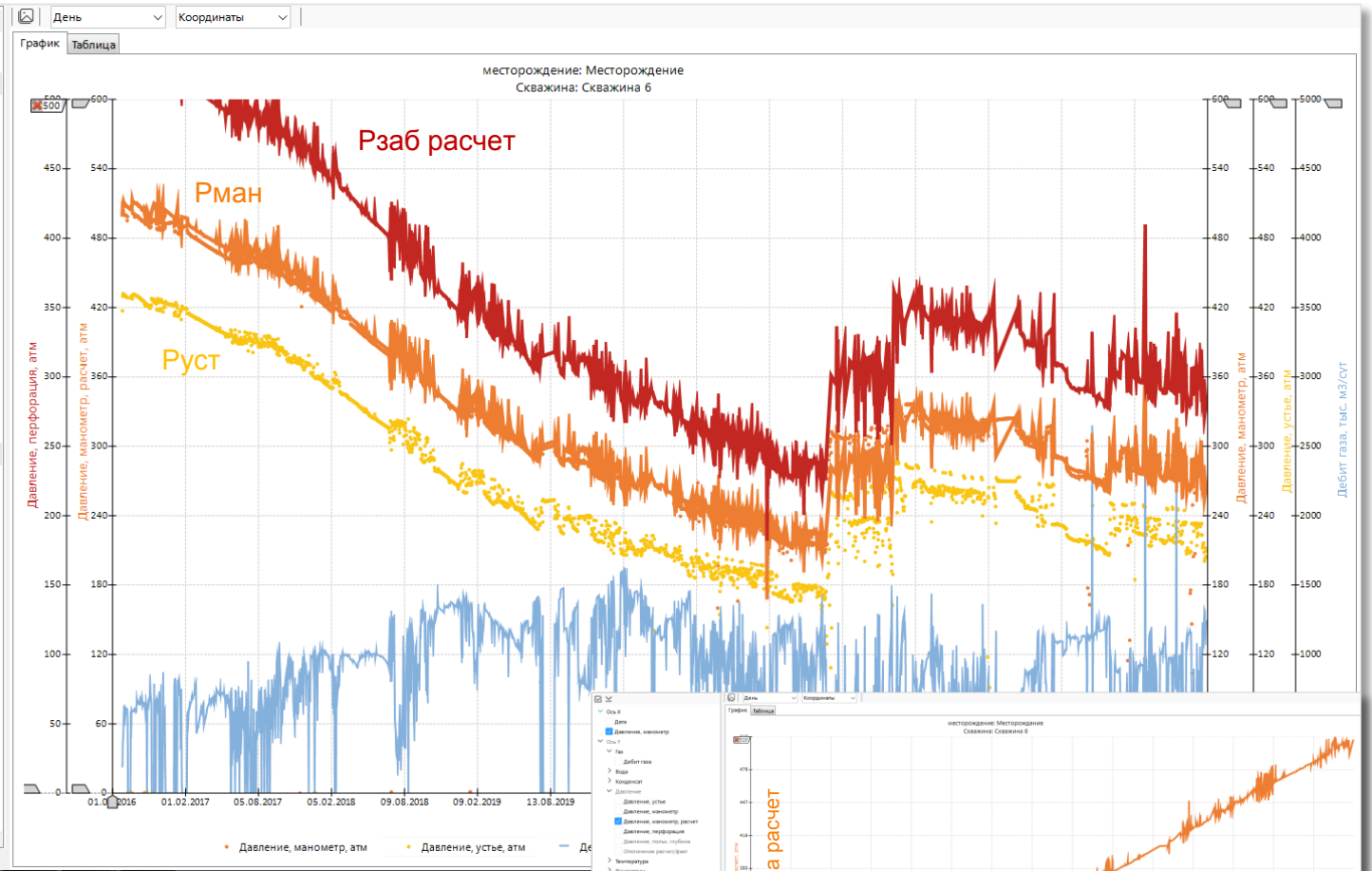
Модель: Беггс-Брилл

D НКТ: 139.70 мм

T уст: 92.27 °C

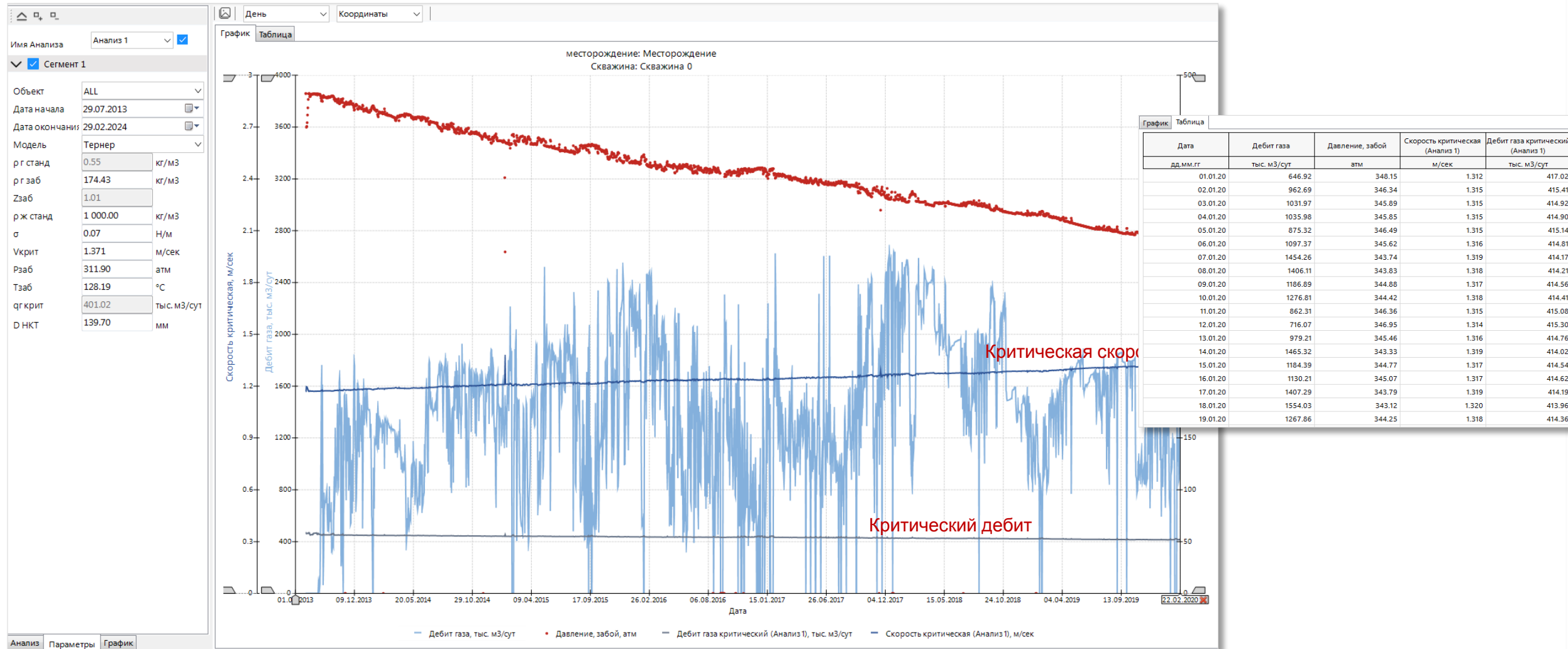
T заб: 137.35 °C

у г расчет: 0.85



Настройка и анализ модели лифта скважины с учетом свойств газа, фактических данных для оценки давления в в стволе скважины. VLP модель используется на этапе узлового анализа.

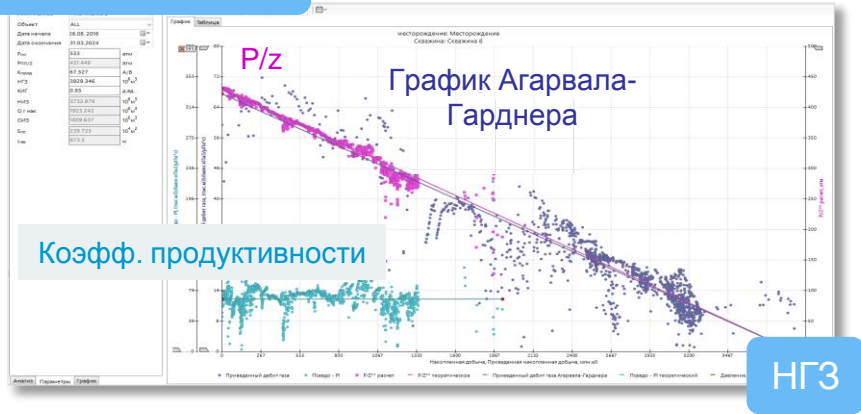
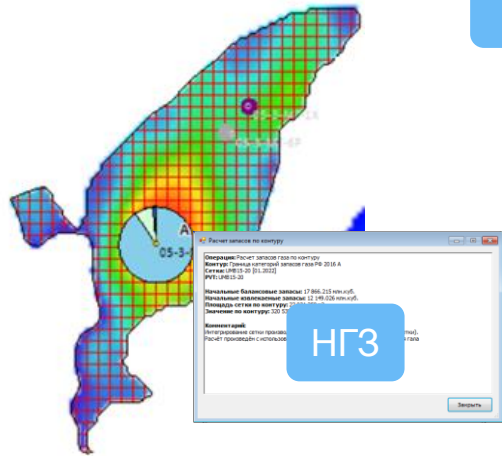
# Расчет критического дебита



Расчет критического дебита скважины для определения режима «самозадавливания» скважины

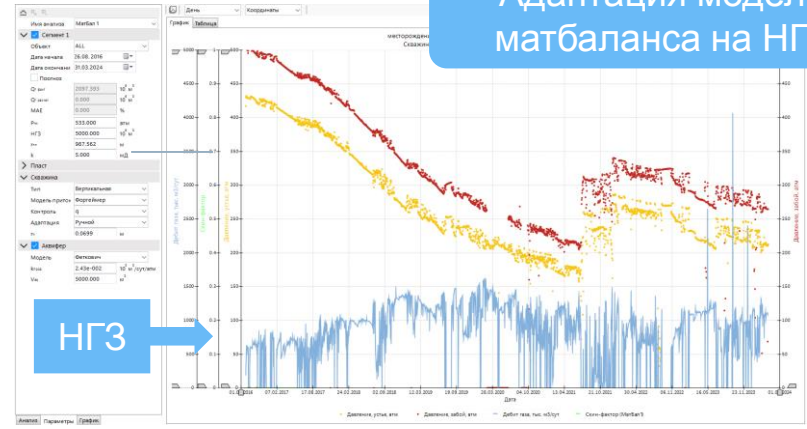
# Оценка запасов по скважине

FMB+p/z анализ

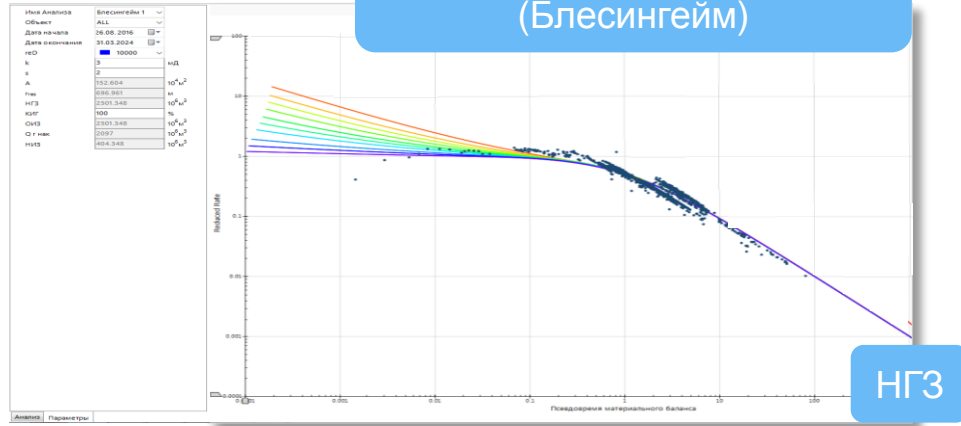


Коэфф. продуктивности

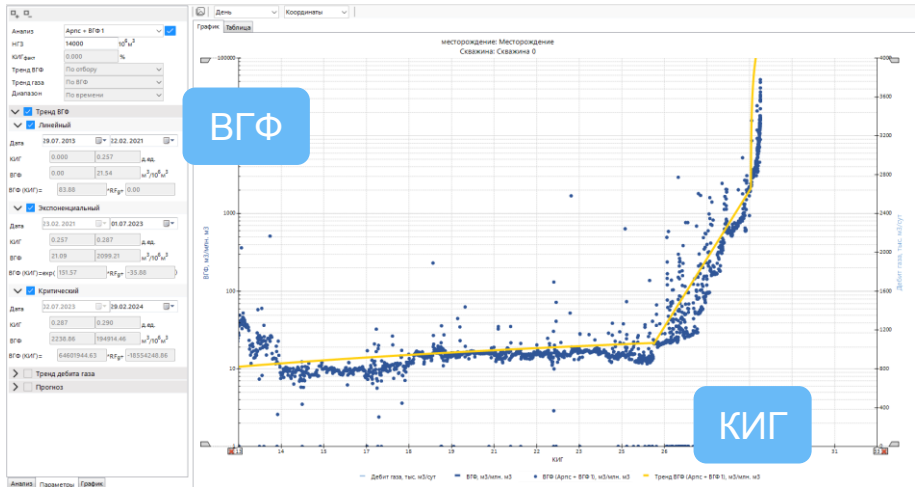
Адаптация модели матбаланса на НГЗ



Анализ типовых кривых (Блесингейм)

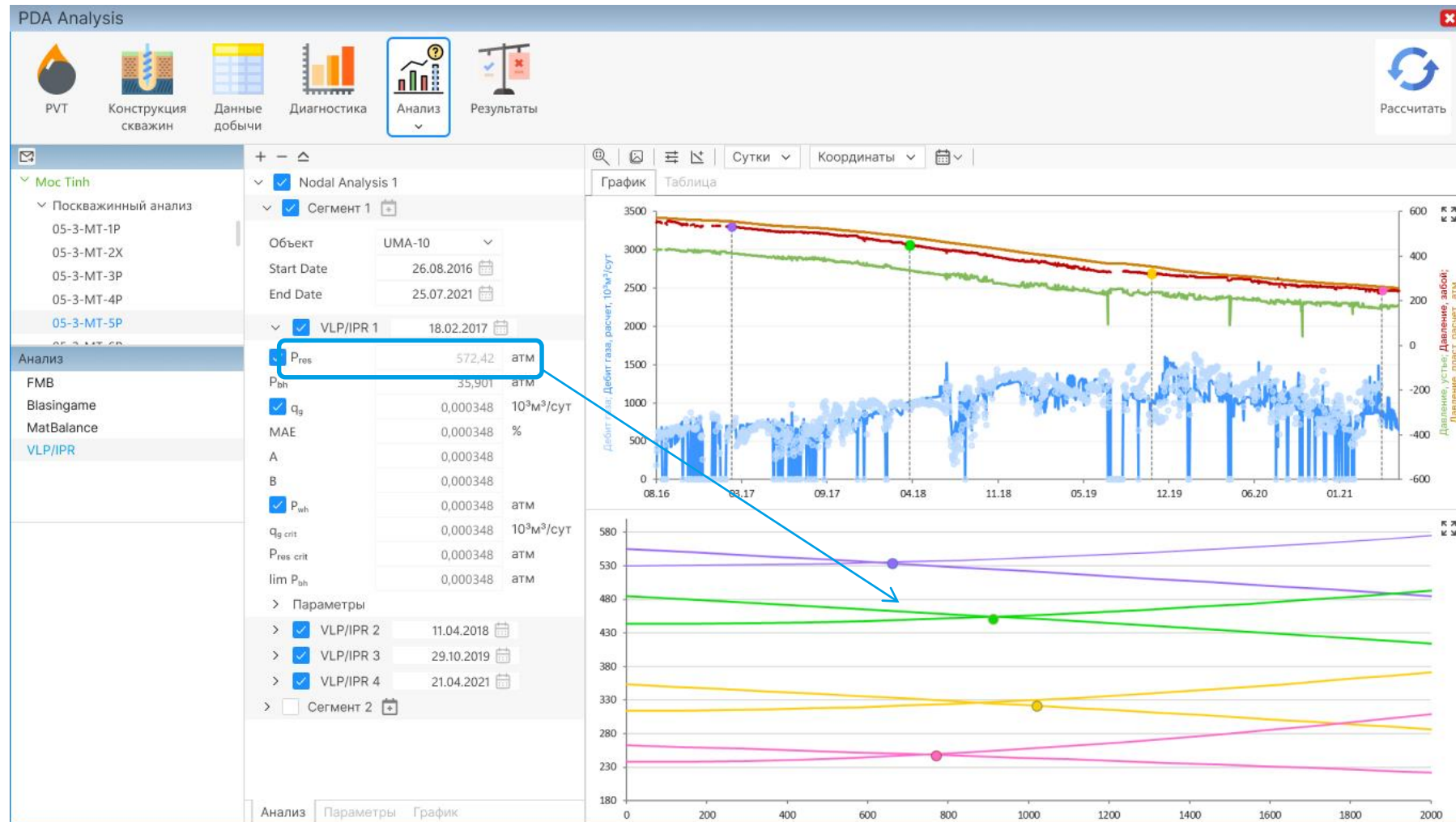


ВГФ



КИГ

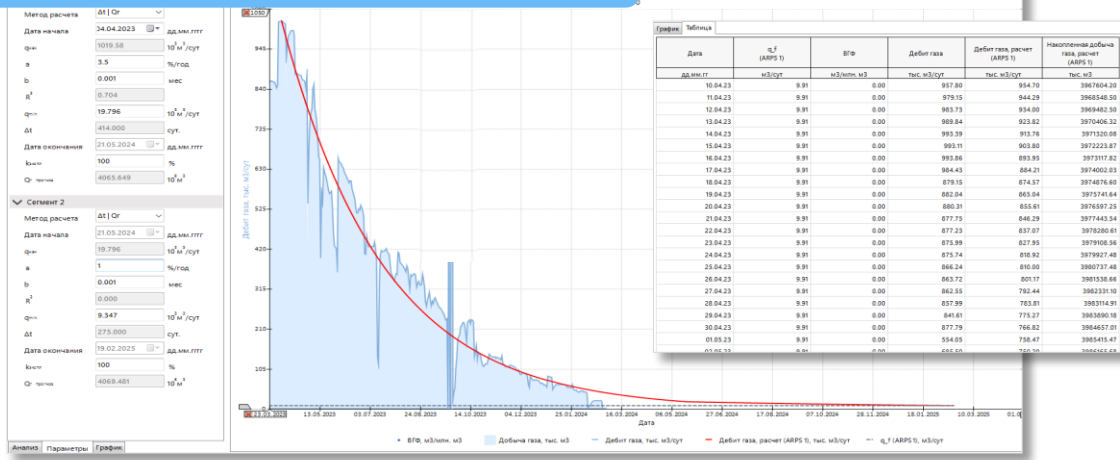
Совместное использование динамических и объемного методов для оценки/верификации запасов, дренируемых скважиной обеспечивает более точное обоснование выработки/ОИЗ



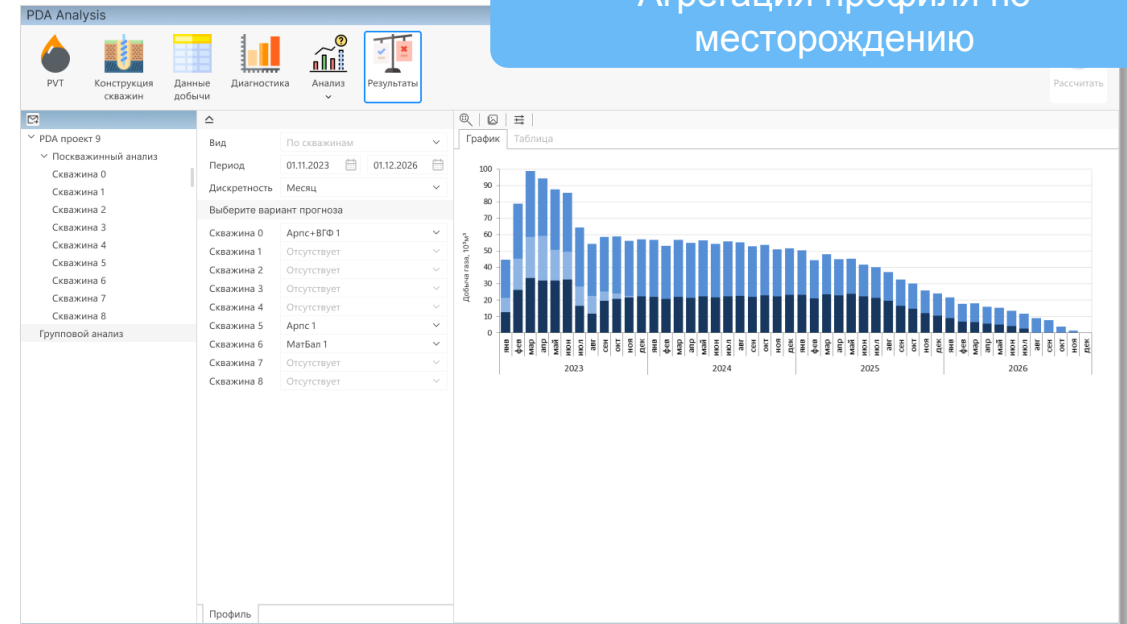
Построение IPR кривых на любую дату на основе известной/предполагаемой динамики пластового давления и показателей продуктивности скважины. Построение VLP кривых в зависимости от режима работы скважины на дату. Определение рабочей точки узлового анализа, близости режима к критическому

# Прогноз добычи газа

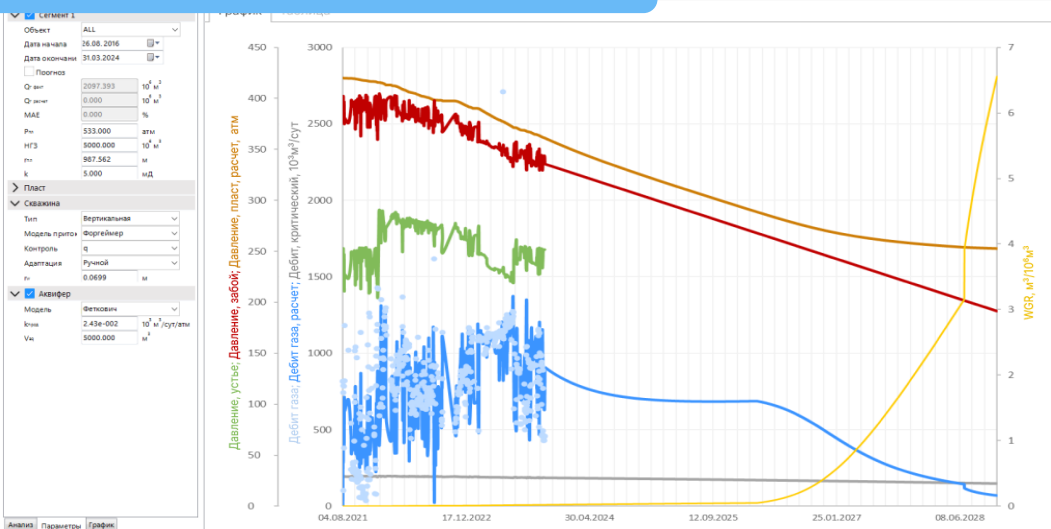
## Расчет профиля по тренду падения



## Агрегация профиля по месторождению



## Расчет профиля по МатБалу



Расчет прогноза по скважинам на основе различных методов (матбаланс, DCA). Построение профиля по активу