

# ***Оценка неопределённости и оптимизация разработки месторождений на основе интегрированных моделей пласт – скважина – поверхность***

Санкт-Петербург, 14 сентября 2016

Дмитрий Болотник

Вице-президент,

Генеральный директор, Россия и страны СНГ



# Задачи моделирования

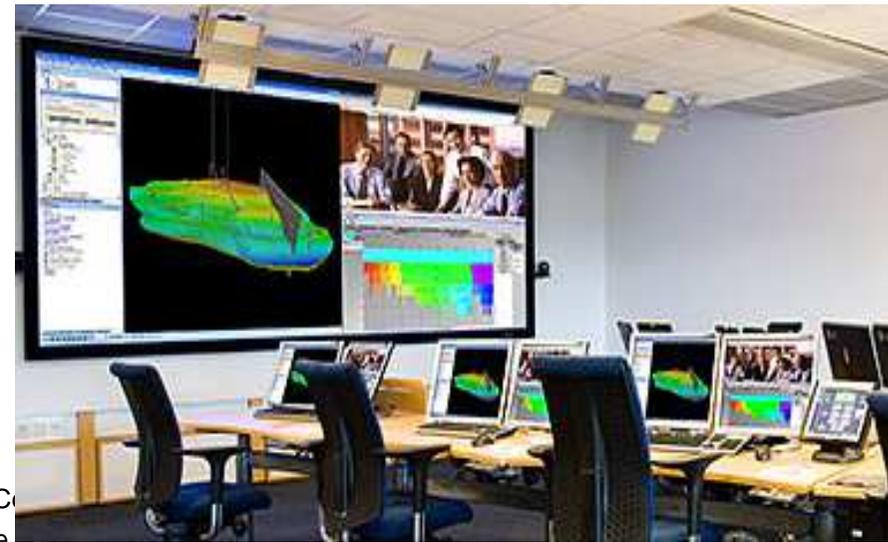
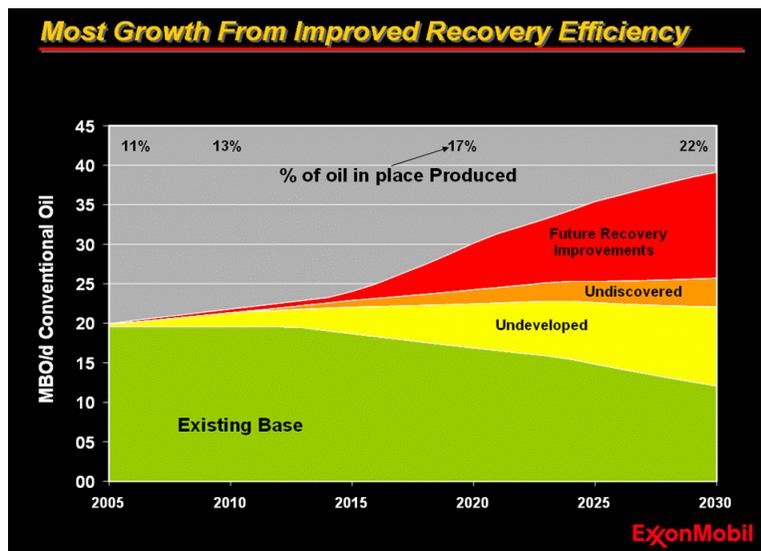
Повышение эффективности разработки месторождений за счёт:

Информированного управления разработкой

Оперативного принятия решений

Оценки и минимизации рисков

Моделирование является важной составной частью технологии разработки месторождения в современных условиях, а также наименее затратным из существующих способов контроля, планирования и оптимизации разработки.



# **Области применения моделирования**

## **Оценка, проектирование, долгосрочное планирование**

Компьютерное моделирование широко применяется при проектировании и оценке месторождений нефти и газа. Почти 100% проектов разработки выполняются на моделях

## **Оперативное сопровождение разработки**

Компьютерные модели все чаще применяются недропользователями для решения «производственных» задач (оптимизация разработки, обоснование и сопровождение бурения и т.д.)

## **Оценка неопределённости**

Современное состояние технологий позволяет проводить оценку неопределённости на компьютерных моделях и оптимизировать операции с учётом рисков

## **Интегрированное моделирование**

Совместное моделирование подземной и наземной инфраструктуры, совмещенное с анализом рисков, позволит решать множество актуальных задач на качественно новом уровне.

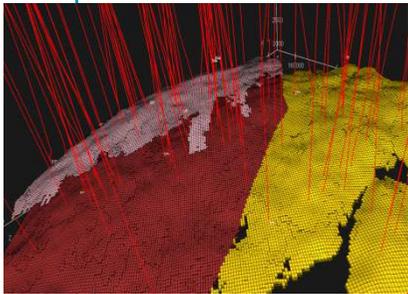
Company Confidential

Slide 3

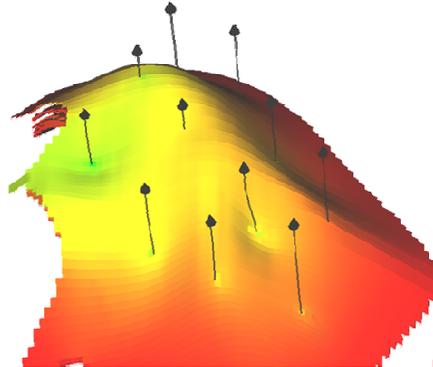


# Комплексное проектирование - последовательные расчёты

Геология



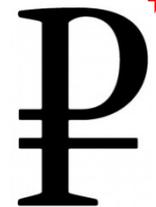
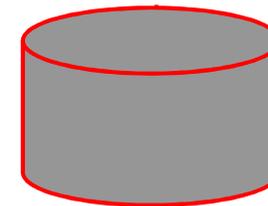
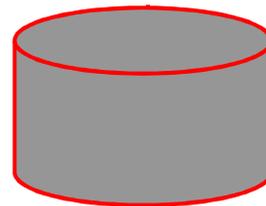
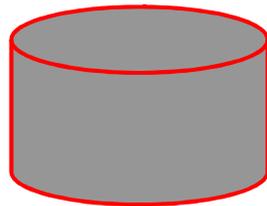
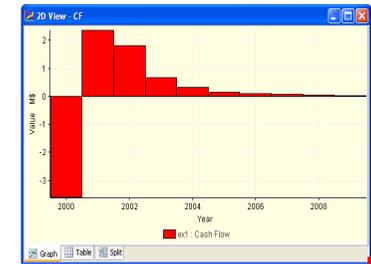
Гидродинамика



Система  
сбора

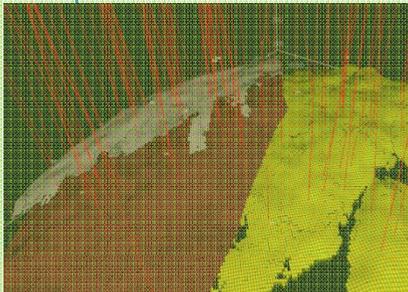


Экономика

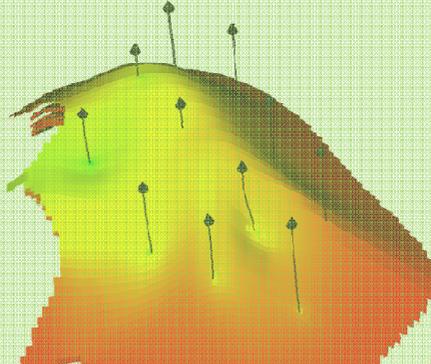


# Современные тренды – интеграция моделей на примере Big Loop

Геология



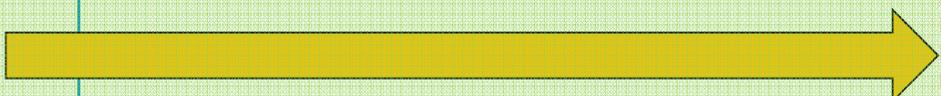
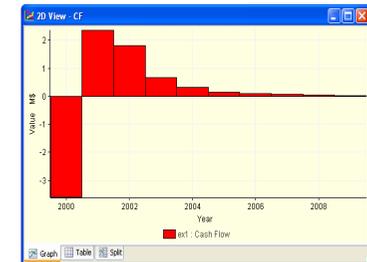
Гидродинамика



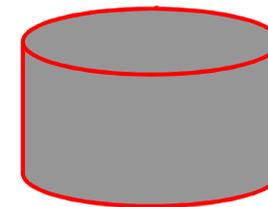
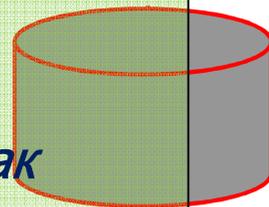
Система сбора



Экономика



*Технология Big Loop  
Позволяет рассматривать геологическую и гидродинамическую модели «как единое целое» в процессе адаптации по истории и анализа неопределённости*



₽

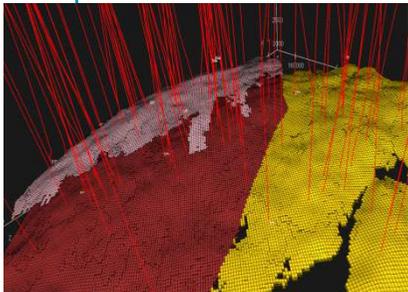
roxar  
EMERSON GROUP COMPANY

Company Confidential

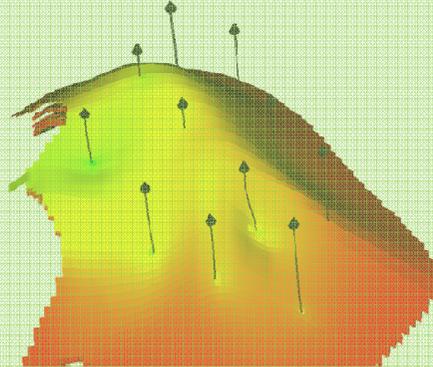
Slide 5

# Современные тренды – интегрированные модели

Геология



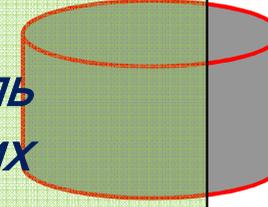
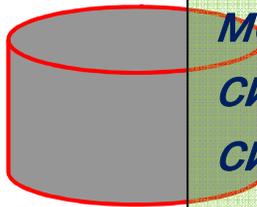
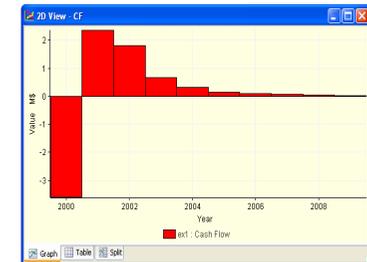
Гидродинамика



Система сбора

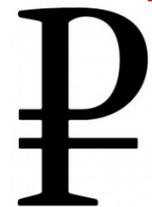


Экономика



*Технология интегрированного моделирования позволяет синхронизировать ГДМ и модель системы сбора, рассматривая их «как единое целое» при выполнении прогнозных и оптимизационных расчётов*

Slide 6



# Что такое интегрированная модель?

**Интегрированная модель** объединяет в себе геолого-технологическую модель, модель движения флюида в НКТ и модель движения флюида в поверхностной сети, совмещенную с технологией оценки рисков

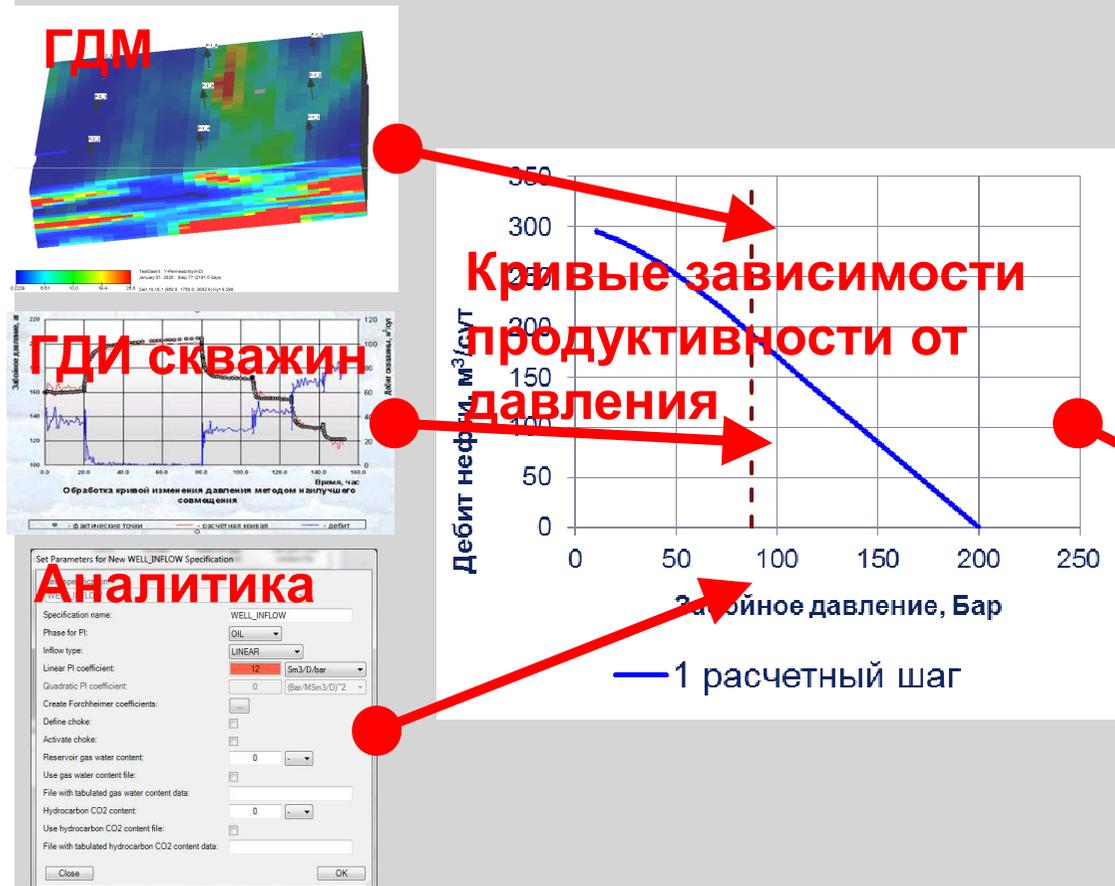
**Интегрированная модель** представляет собой единую платформу для расчета характеристик скважин, трубопроводов, а также всей системы сбора в целом с привязкой к гидродинамической модели или модели материального баланса



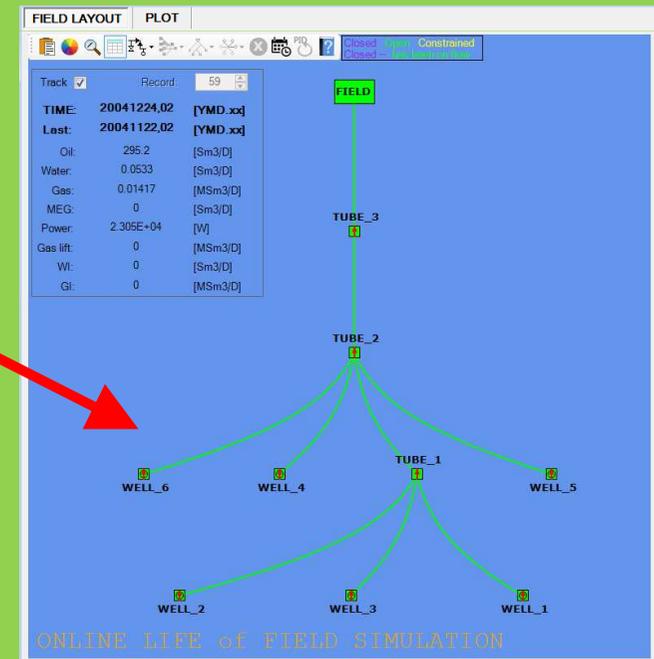
# Виды интегрированных моделей

- Модели без двусторонней связи с ГДМ
- Модели с двусторонней связью с ГДМ

## Статичное описание пласта



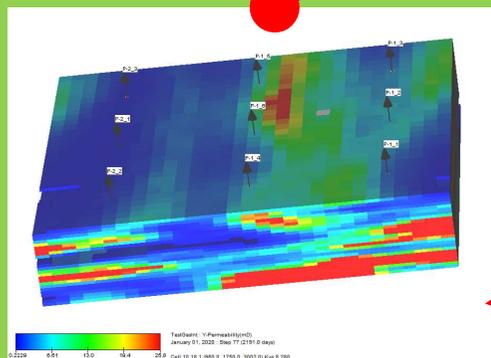
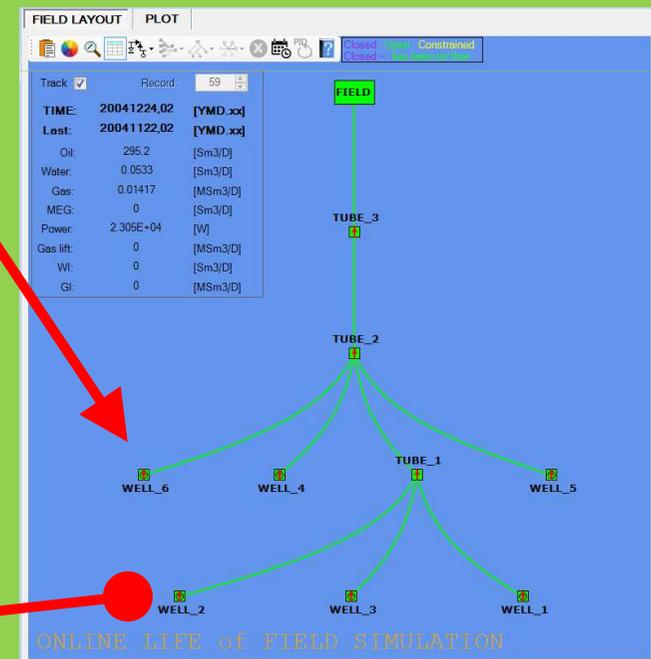
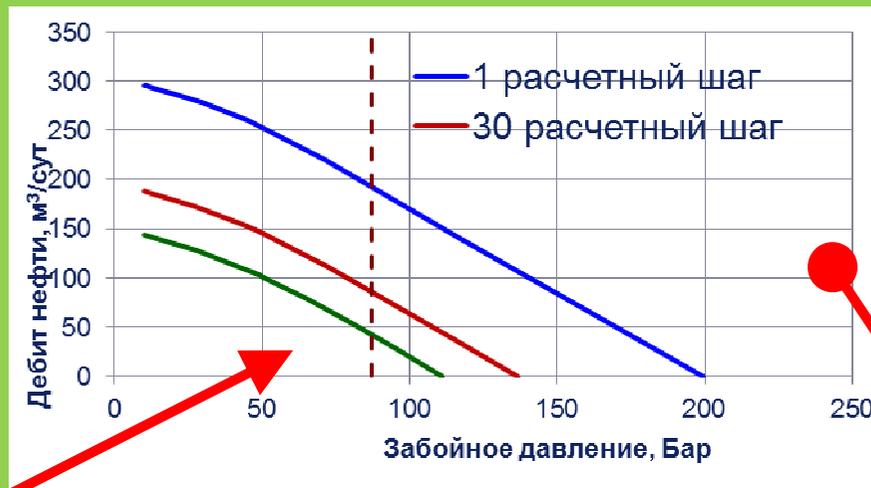
## Динамическая гидравлическая модель



# Виды интегрированных моделей (2)

- Модели без двусторонней связи с ГДМ
- Модели с двусторонней связью с ГДМ

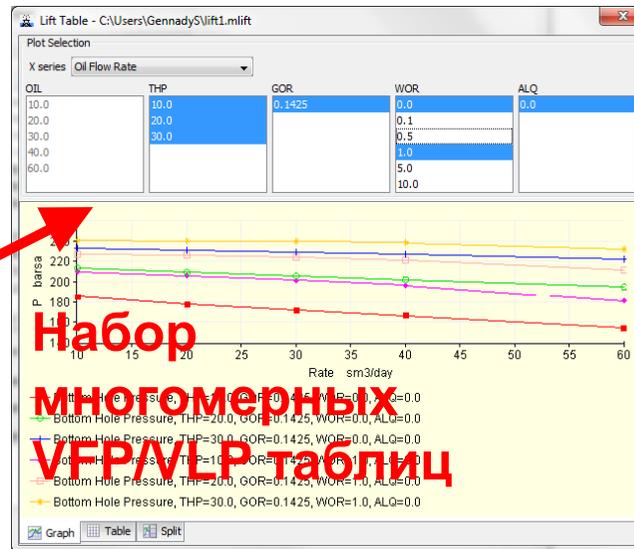
## Полностью динамическая интегрированная модель



# Виды интегрированных моделей (3)

- Модели на основе узлового анализа
- Модели на основе прямого решения системы уравнений гидравлики

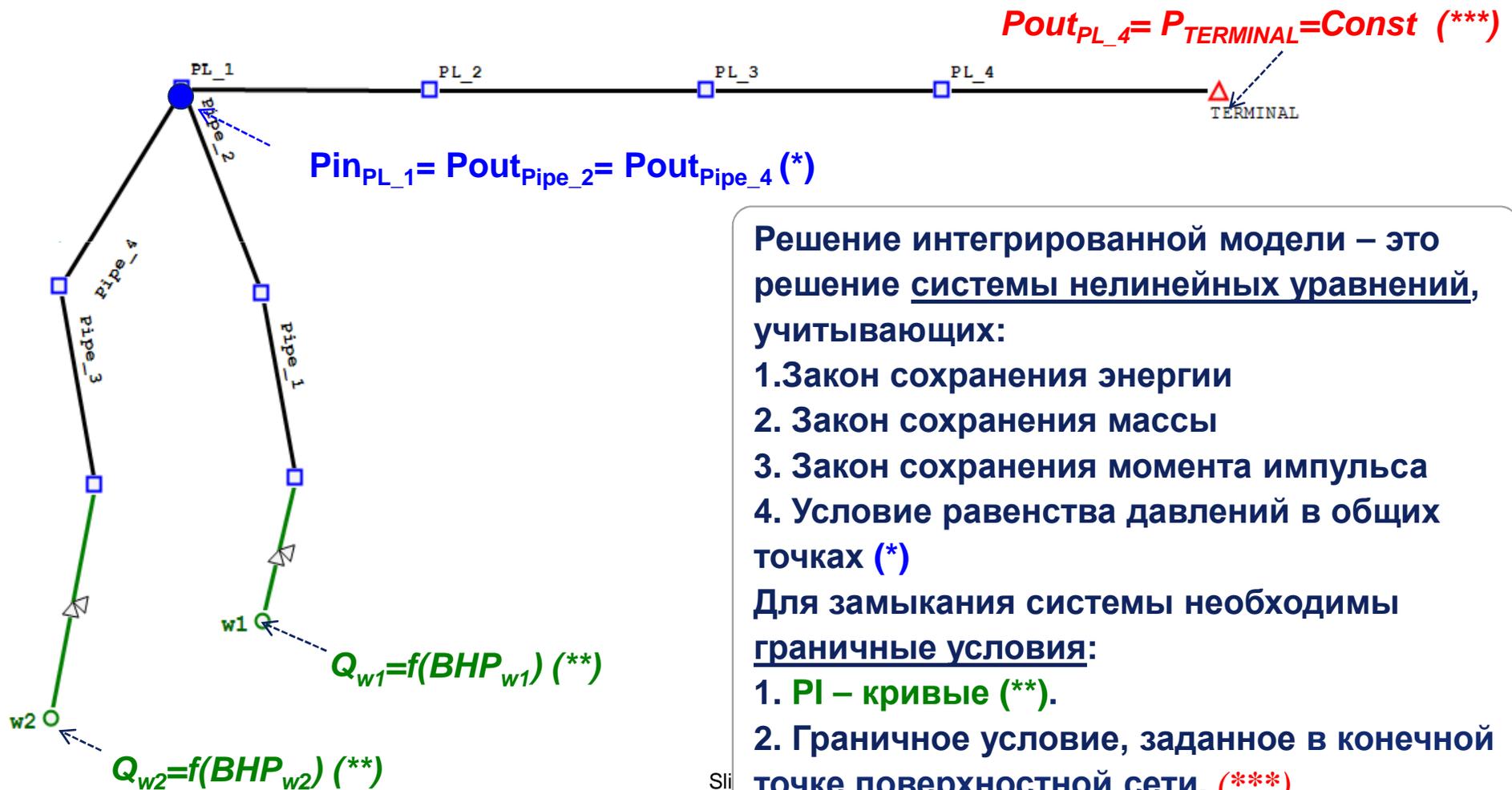
id exit point (reversed for injectors) ■ FLUID entry point (reversed for



ГДМ

# Виды интегрированных моделей (4)

- Модели на основе узлового анализа
- Модели на основе прямого решения системы уравнений



Решение интегрированной модели – это решение системы нелинейных уравнений, учитывающих:

1. Закон сохранения энергии
2. Закон сохранения массы
3. Закон сохранения момента импульса
4. Условие равенства давлений в общих точках (\*)

Для замыкания системы необходимы граничные условия:

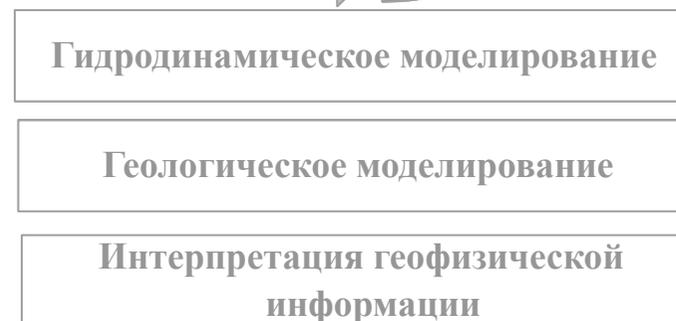
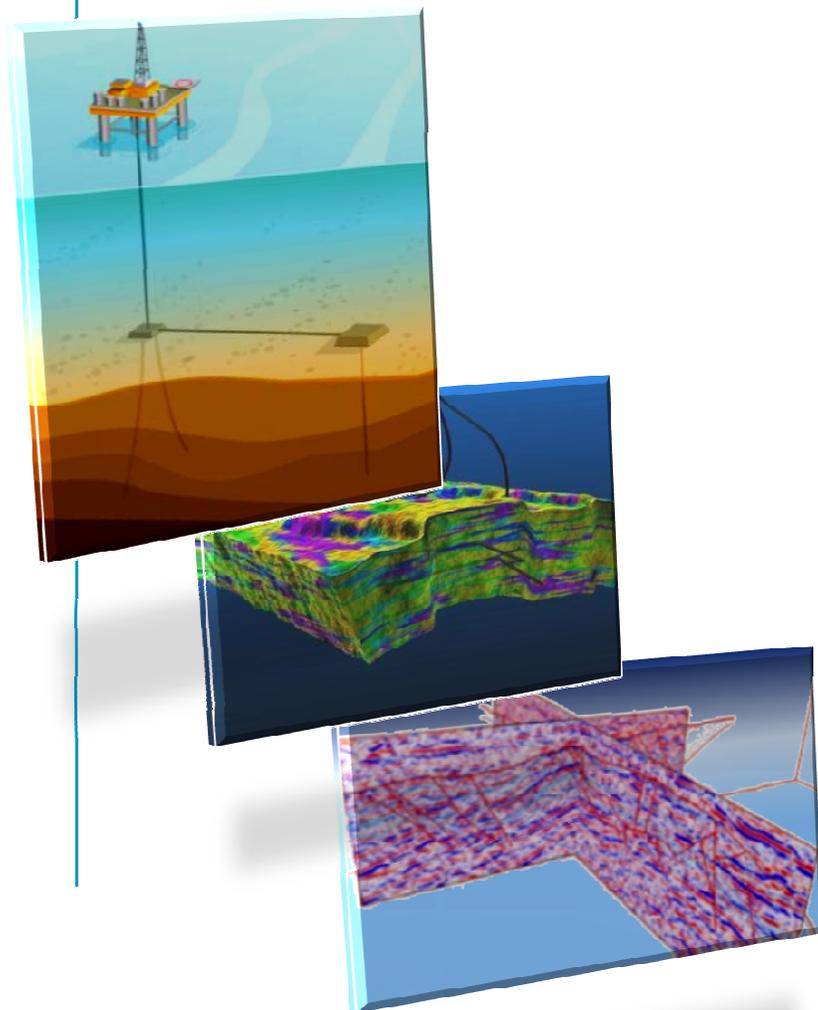
1. PI – кривые (\*\*).
2. Граничное условие, заданное в конечной точке поверхностной сети. (\*\*\*)

# Виды интегрированных моделей (5)

		По способу учёта реакции пласта	
		Учёт через упрощённые модели	Двунаправленная связь с симулятором
По способу балансировки сети	Узловой анализ	Ограниченная применимость при прогнозных расчётах. Невозможность учёта процессов происходящих в пласте	Низкая скорость расчётов и/или плохая сходимость. Общее качество зависит от качества ГДМ
		Высокая скорость расчётов. Низкие требования к вычислительным ресурсам. Простота настройки. Нет требований к качеству ГДМ	Для небольших сетей могут применяться как для решения прогнозных задач так и для решения оперативных задач с учётом процессов, происходящих в пласте
	Решение системы уравнений	Ограниченная применимость при прогнозных расчётах. Невозможность учёта процессов происходящих в пласте	Скорость расчётов ниже чем для упрощённых моделей. Общее качество зависит от качества ГДМ.
		Высокая скорость расчётов. Низкие требования к вычислительным ресурсам. Простота настройки. Нет требований к качеству ГДМ	Высокая точность (сходимость), Приемлемая скорость расчётов даже для больших сетей. Применимы для краткосрочных и долгосрочных прогнозов.

# Программный комплекс METTE

## Интегрированное моделирование и оптимизация добычи



# Интегрированная модель – мотивация

- Life Of Filed Simulation
  - прогноз показателей разработки при различных концепциях развития месторождения с учетом ограничений, налагаемых системой сбора и подготовки продукции.
  - оценка потенциально возможной добычи и идентификация «узких мест».
- IRPM – Интеллектуальное месторождение
  - Проектирование и обоснование эффективности ИМ
  - Управление месторождением в режиме on-line

# Интегрированное моделирование - Пример

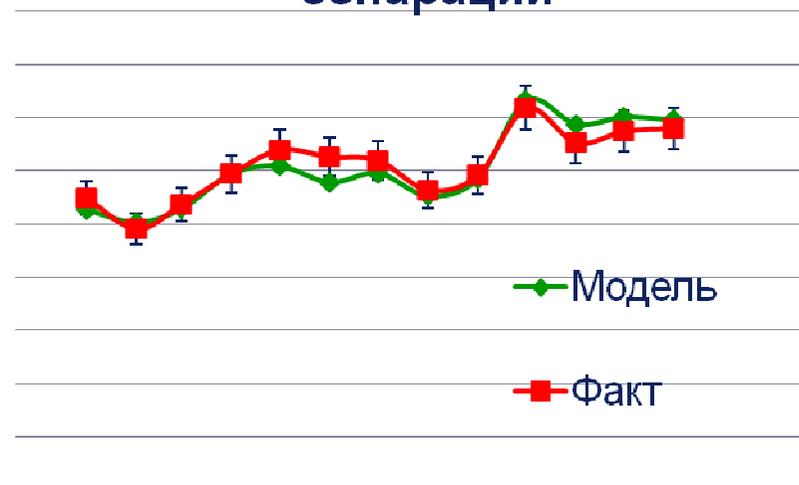
Объект - Газоконденсатное месторождение  
Интегрированная модель в ПК METTE

Три ГДМ TempestMORE  
Калибровка скважин  
Совпадение с историей  
Экономическая оценка

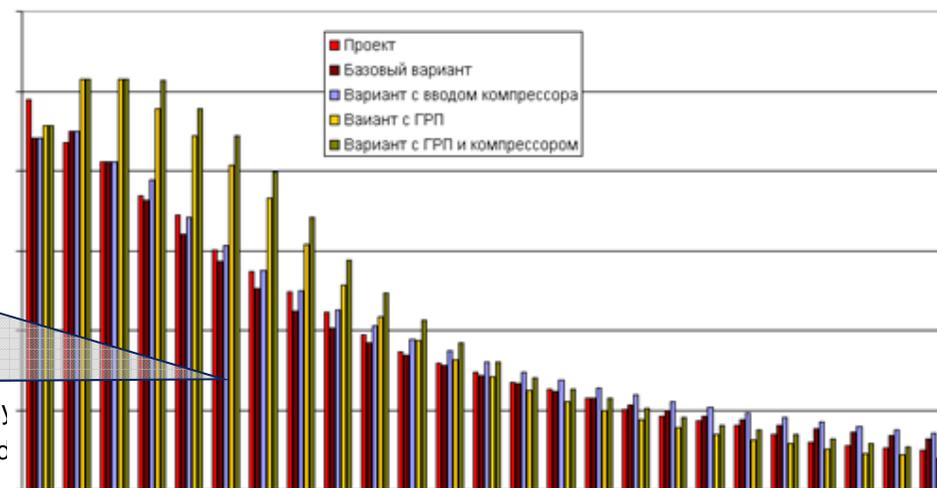
Оптимизация сети сбора

*Расчёты на ИМ показали неэффективность ввода дополнительных ГПА*

Месячная добыча газа сепарации



Сопоставление годовой добычи газа сепарации



Company  
Slic

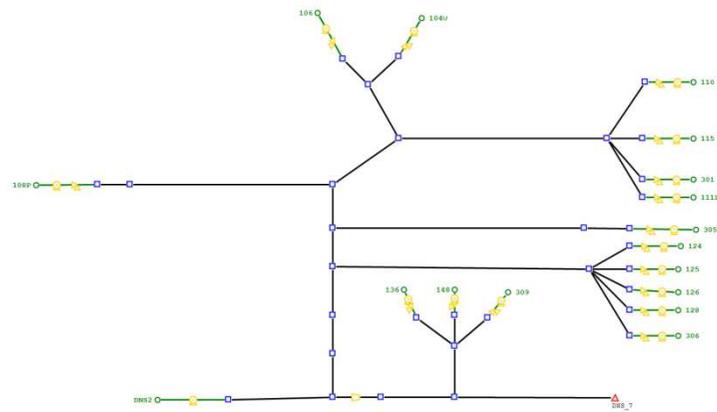
# Интегрированная модель – мотивация

- Life Of Filed Simulation
  - прогноз показателей разработки при различных концепциях развития месторождения с учетом ограничений, налагаемых системой сбора и подготовки продукции.
  - оценка потенциально возможной добычи и идентификация «узких мест».
- IRPM – Интеллектуальное месторождение
  - Проектирование и обоснование эффективности ИМ
  - Управление месторождением в режиме on-line

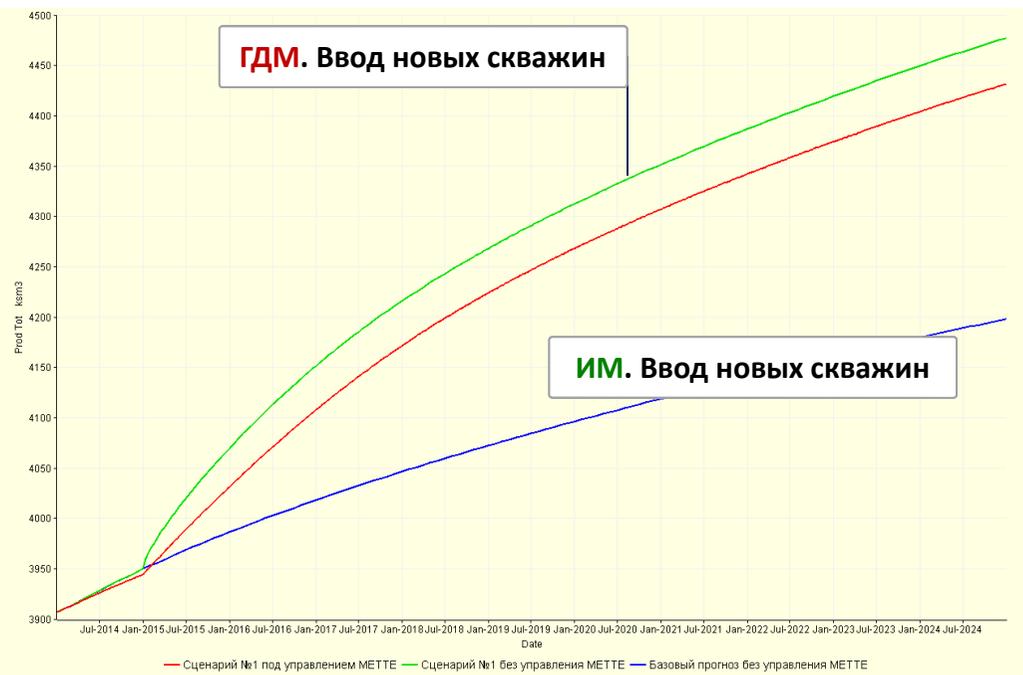
# Архитектура интеллектуального месторождения Roxar



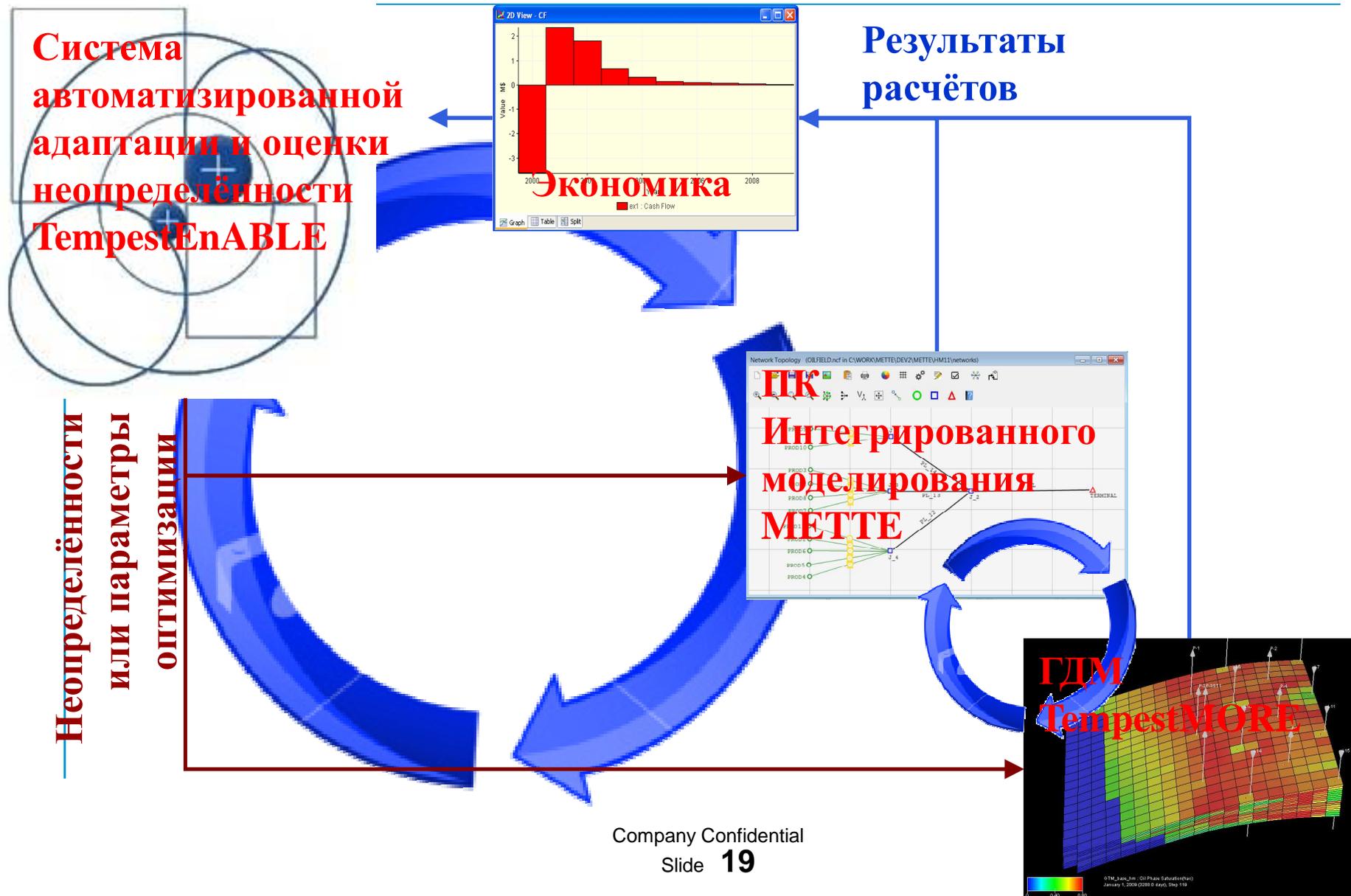
# Интеллектуальное месторождение - пример



Нефтяное месторождение из нескольких пластов  
Интегрированная модель в ПК METTE воспроизводит единую систему сбора  
Оптимизация в рамках ИМ учитывает пласт, ГНО и систему сбора

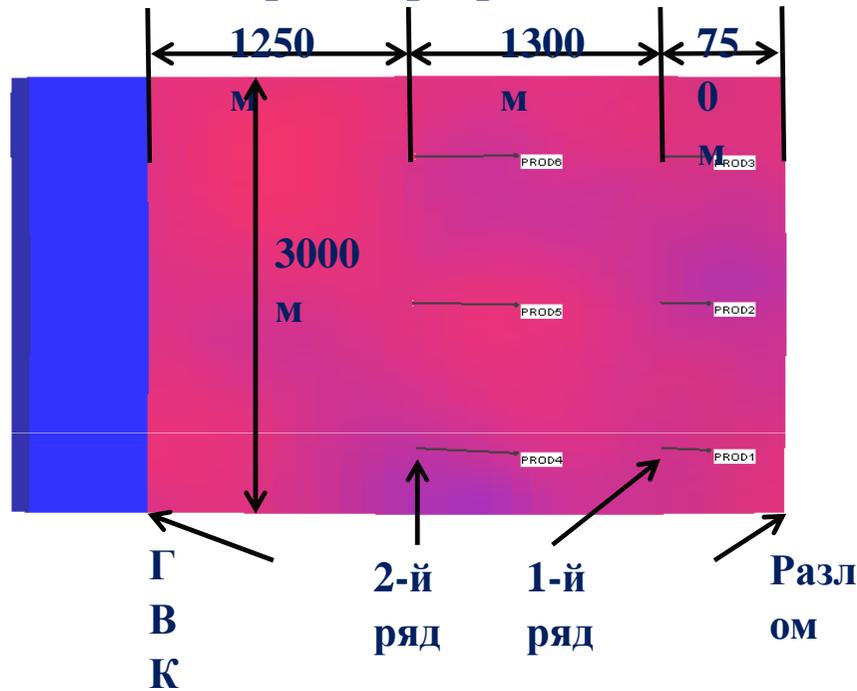


# Оценка неопределённости и оптимизация на интегрированной модели

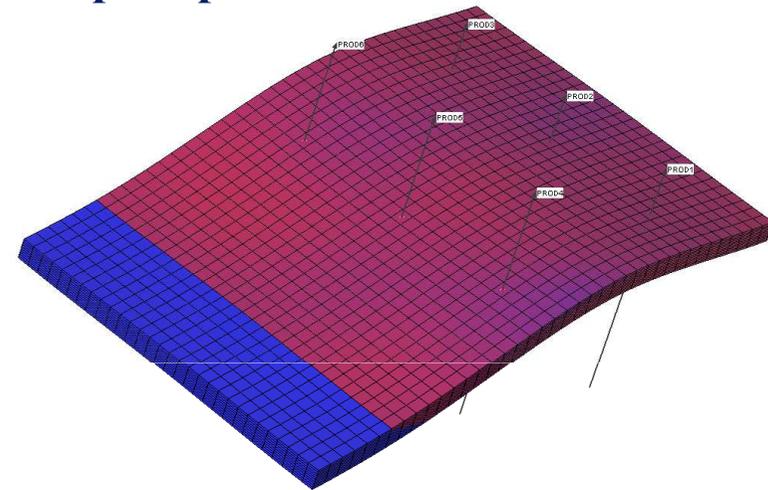


# Интегрированная модель газоконденсатного месторождения

Базовый вариант разработки



Залежь тектонически  
экранирована



Типовой разрез пористости

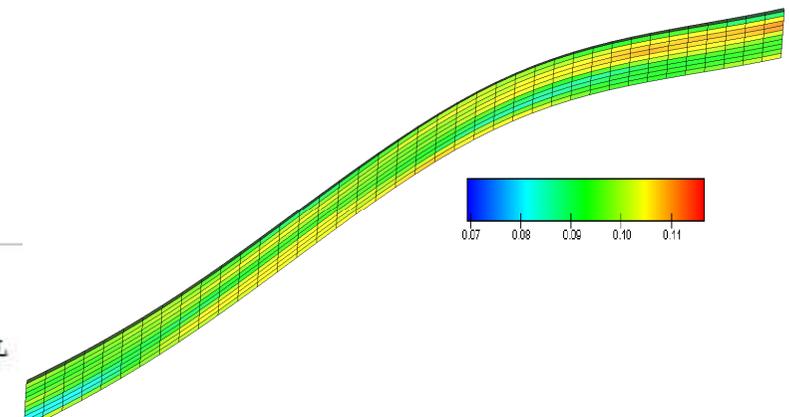
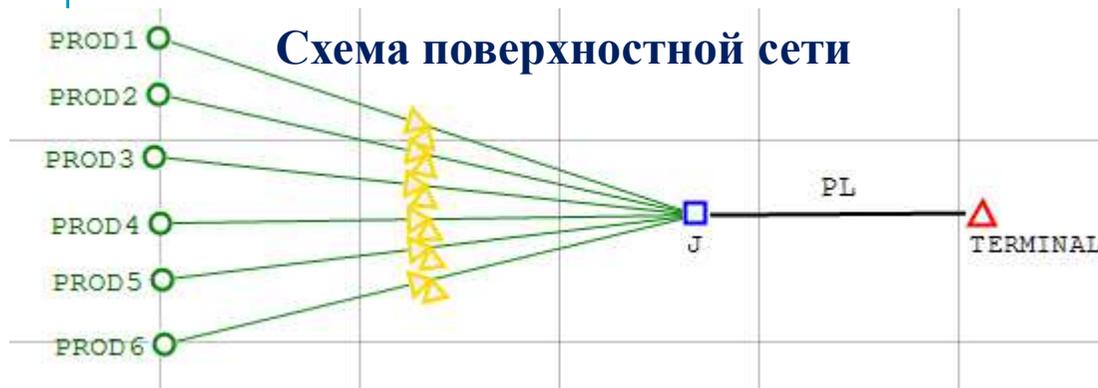


Схема поверхностной сети

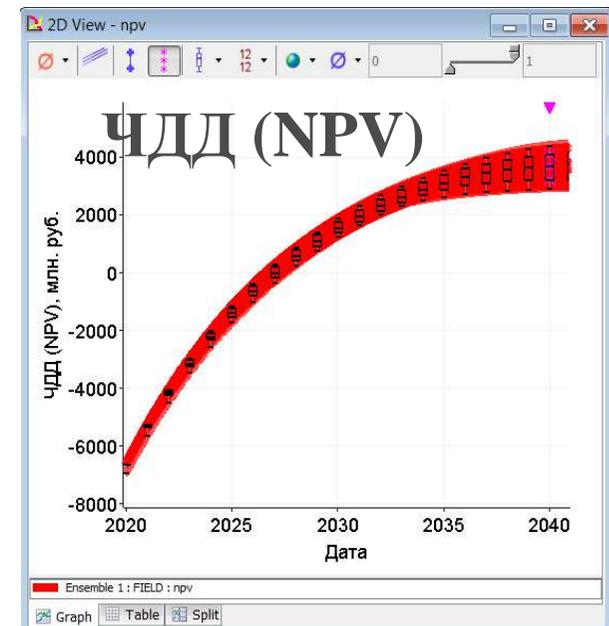
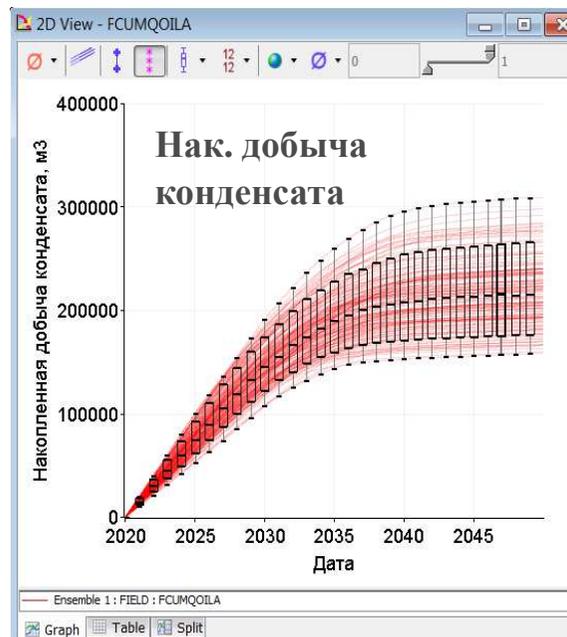
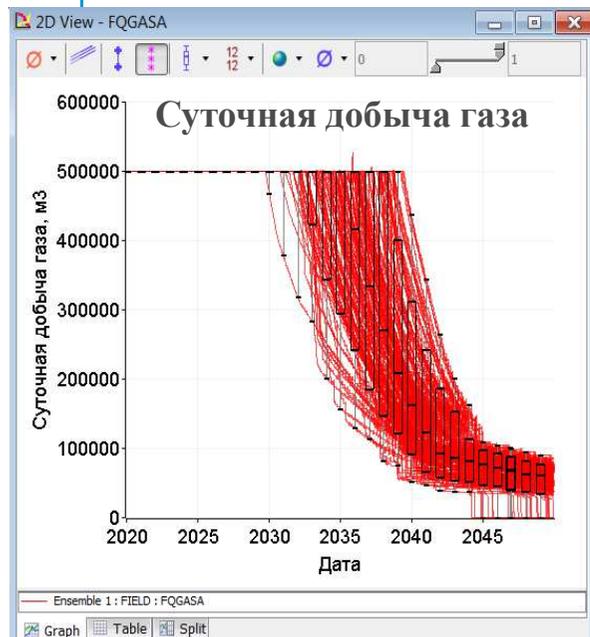


# Оценка неопределённости для базового варианта

Показатели за 20 лет	P10	P50	P90
ЧДД (NPV), млрд. руб.	3.24	3.73	4.12
Нак. добыча газа, млрд.м3	2.9	3.3	3.6
Нак. добыча конденсата, тыс.м3	172	208	255

Оценка неопределённости показателей базового варианта в условиях неопределённости:

- ФЕС;
- ГVK;
- параметров водонапорного режима
- PVT



# Автоматизированная оптимизация варианта разработки

Параметры оптимизации :

- максимальная суточная добыча газа
- положение рядов скважин

Наибольшее влияние на ЧДД оказывает величина макс. суточной добычи газа

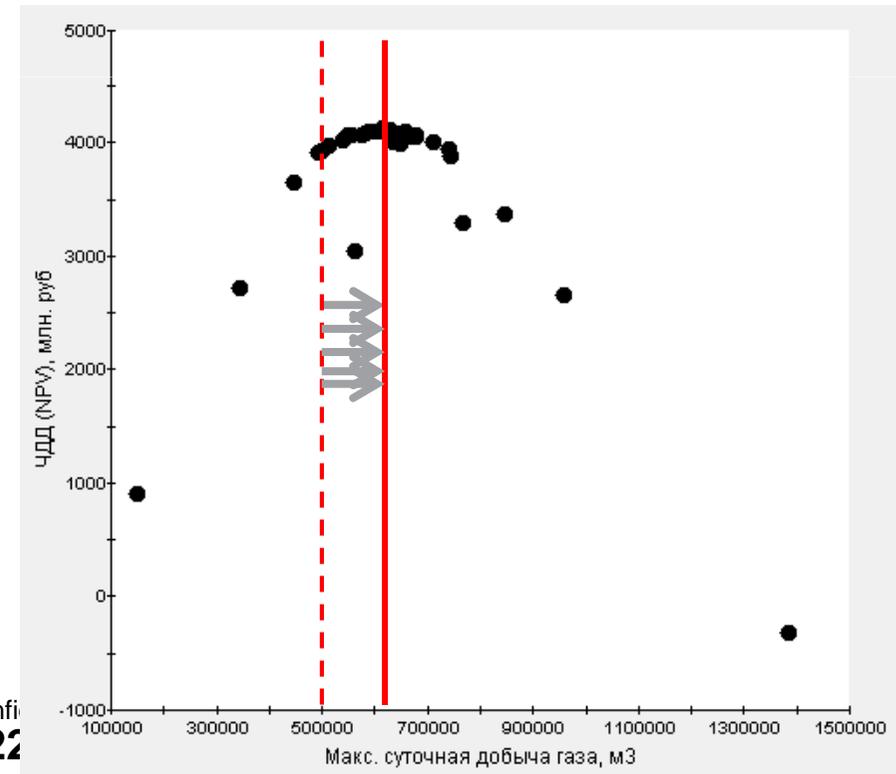
Оптимально 615 тыс.м<sup>3</sup>/сут.

Целевая функция ЧДД (NPV)

Оптимизация выполнена в

ПК **TempestEnABLE**

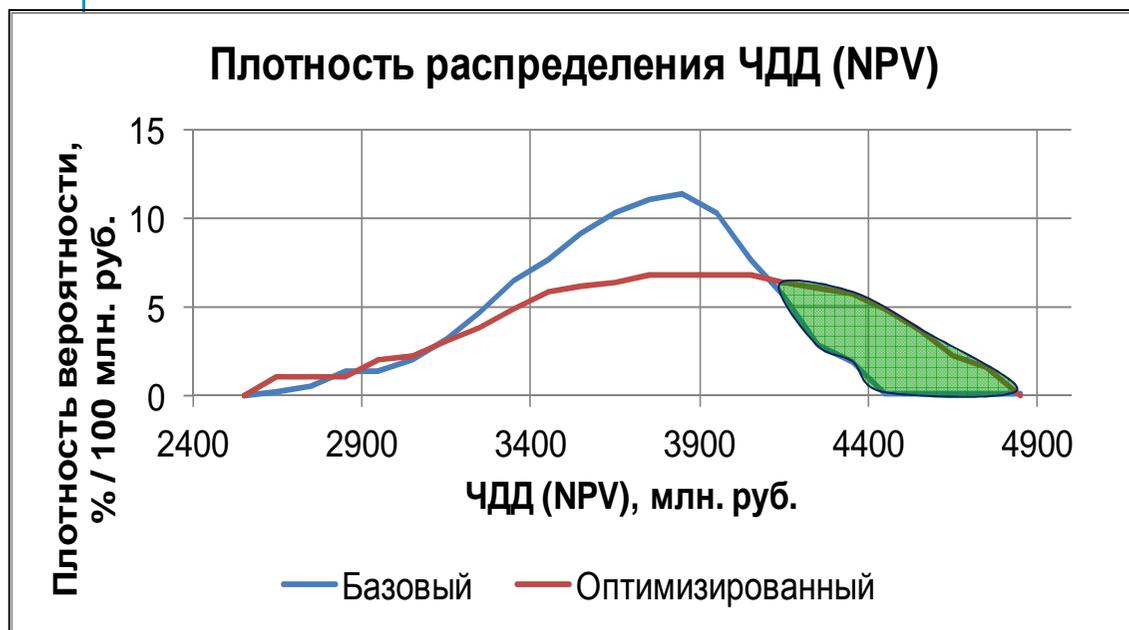
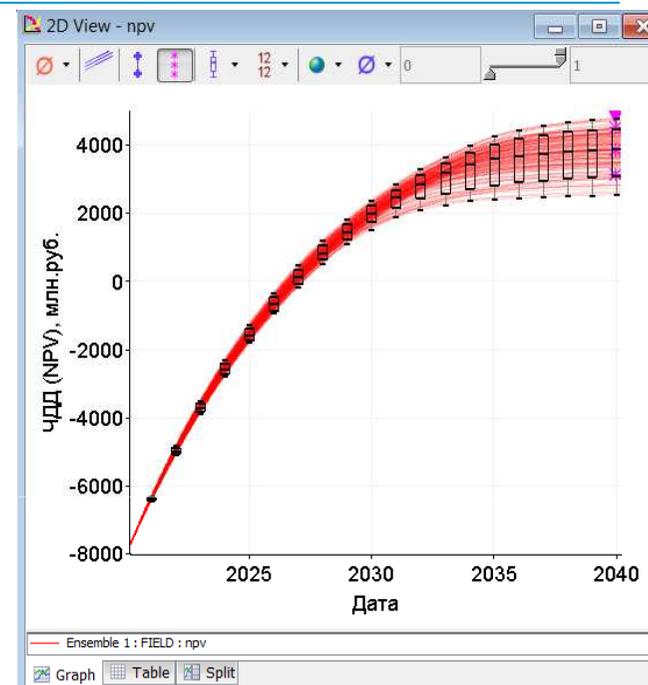
Показатели за 20 лет	базовый	ОПТИМИЗИРОВАННЫЙ
ЧДД (NPV), млрд. руб.	3.93	4.12
Макс. суточная добыча газа, тыс.м <sup>3</sup>	500	615
Нак. добыча газа, млрд.м <sup>3</sup>	3.42	3.51
Нак. добыча конденсата, тыс.м <sup>3</sup>	225	224



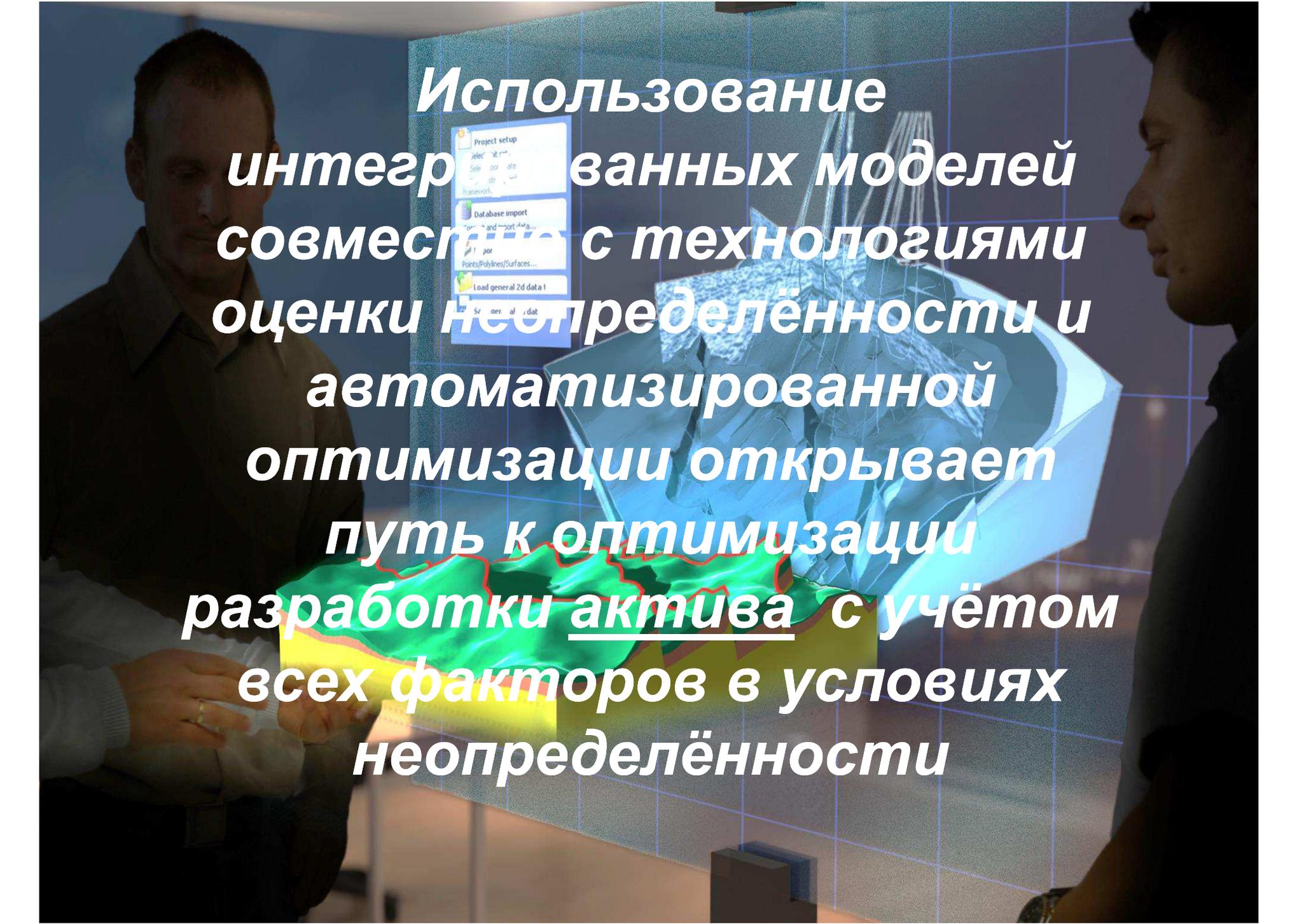
# Оценка неопределённости оптимизированного варианта

Выполнена оценка неопределенности показателей оптимизированного варианта для сравнения с базовым

Показатели за 20 лет оптим./базов.	P10	P50	P90
ЧДД (NPV), млрд. руб.	3.1 / 3.24	3.88 / 3.73	4.48 / 4.12
Нак. добыча газа, млрд.м <sup>3</sup>	3.0 / 2.9	3.4 / 3.3	3.8 / 3.6
Нак. добыча конденсата, тыс.м <sup>3</sup>	165 / 172	207 / 208	246 / 255



Вероятностное распределение ЧДД сместилось вправо без увеличения рисков



**Использование  
интегрированных моделей  
совместно с технологиями  
оценки неопределённости и  
автоматизированной  
оптимизации открывает  
путь к оптимизации  
разработки актива с учётом  
всех факторов в условиях  
неопределённости**