

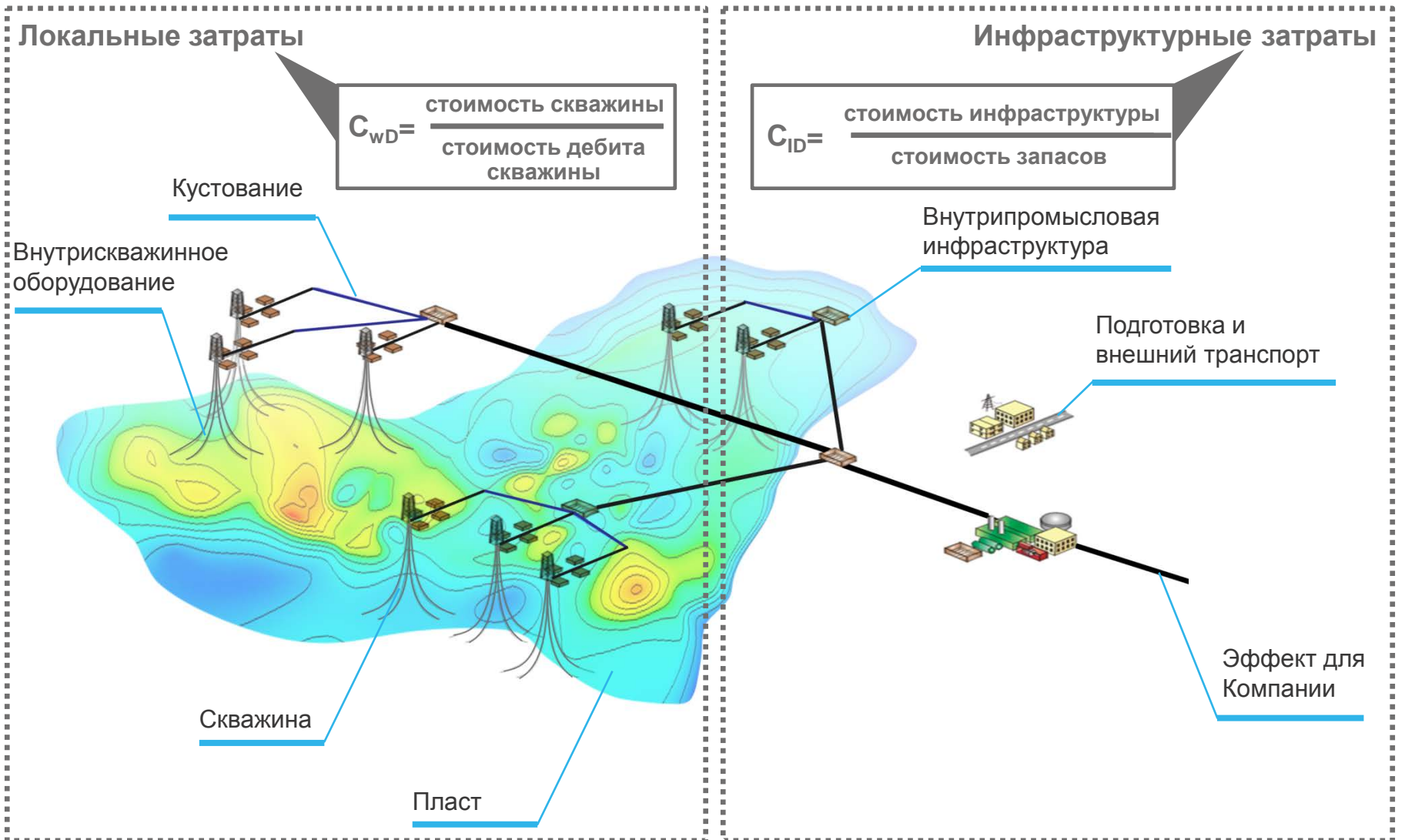


## Методы интегрированного моделирования и проектирования

М.М. Хасанов



# Основные компоненты интегрированной системы разработки нефтяных месторождений



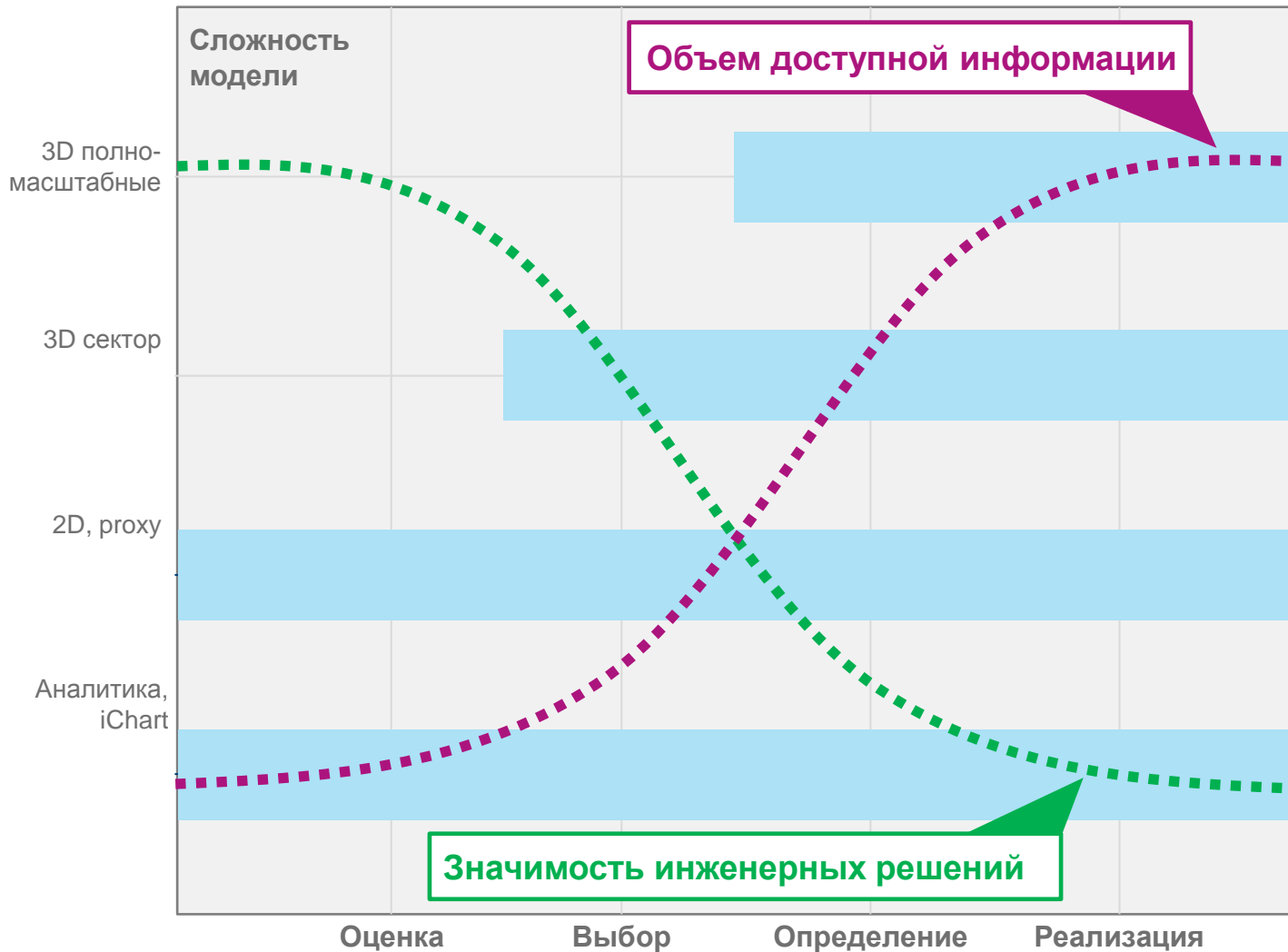
# Интегрированный ансамбль моделей: пласт-скважина-обустройство-экономика



## Требования к ансамблю моделей:

- Целостность
- Обеспечение взаимодействия моделей в рамках единой цепочки («слаженность»)
- Возможность проведения многопараметрической оптимизации (оптимальное и устойчивое решение)

# Иерархия моделей, соответствующая этапам проекта и объему доступной информации



## ИНТЕГРИРОВАННОСТЬ МОДЕЛЕЙ



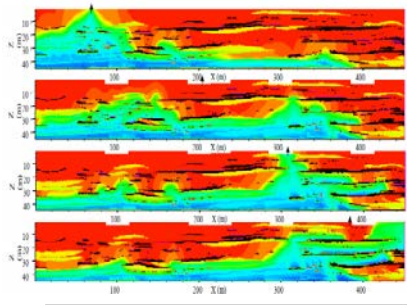
# Иерархия моделей



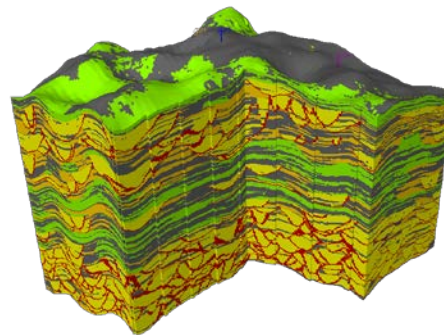
Для инженера математика — это склад инструментов, таких же, как штангель, зубило, ручник, напильник для слесаря или топор и пила для плотника ... Однако, чтобы правильно подобрать себе свой ассортимент инструментов, нужно ближе разобраться в том деле, для которого он нужен.



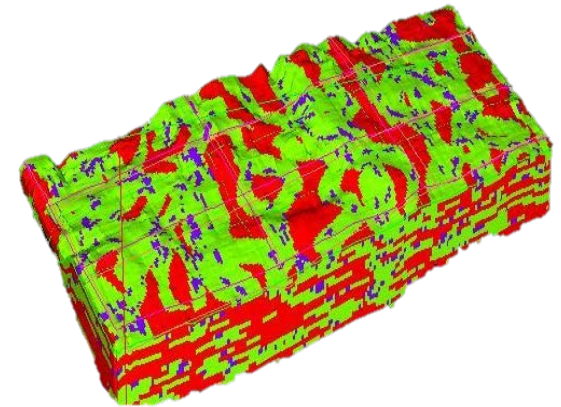
**Крылов А.Н.**  
вольная выдержка



**2D - модель**



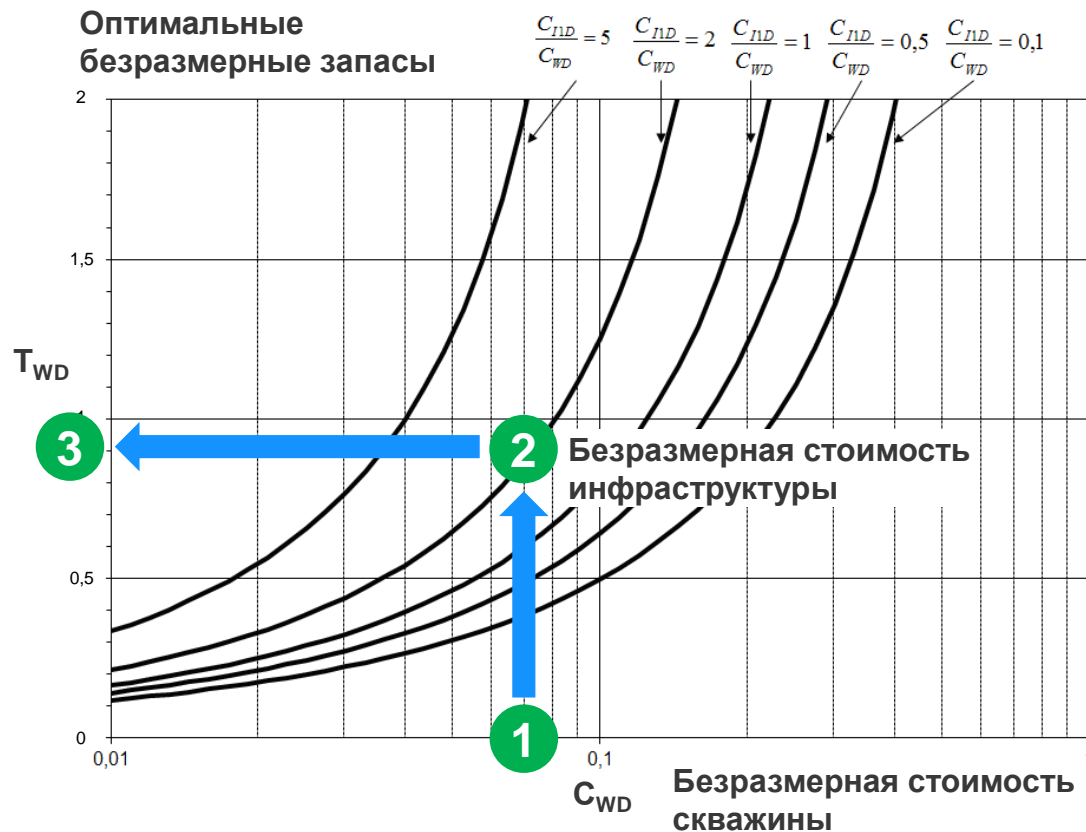
**3D сектор**



**Полномасштабная  
3D-модель**



# Аналитическое моделирование систем разработки: iChart для вертикальных скважин



$$C_{WD} = \frac{\text{СТОИМОСТЬ СКВАЖИНЫ}}{\text{СТОИМОСТЬ ДЕБИТА СКВАЖИНЫ}}$$

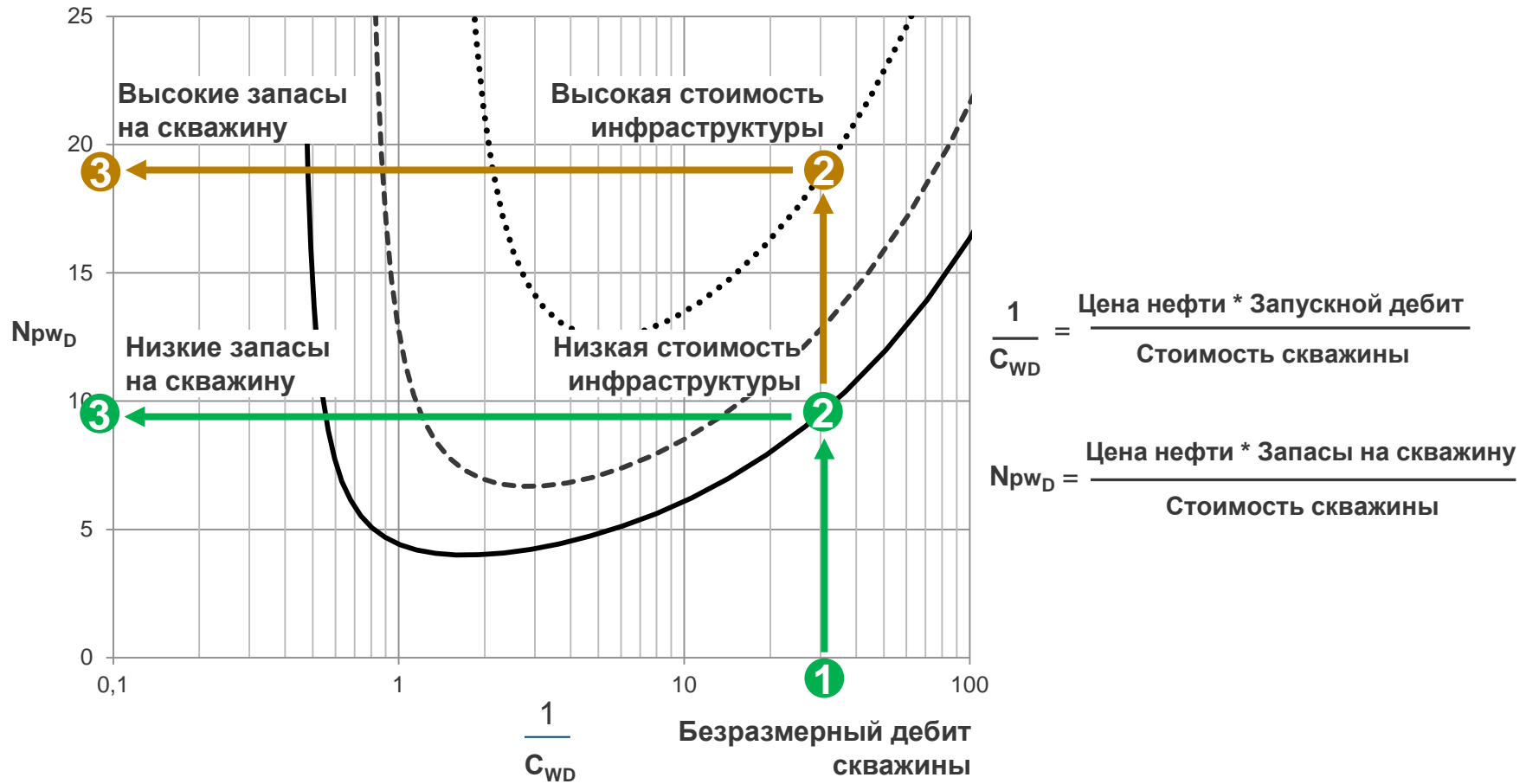
$$C_{ID} = \frac{\text{СТОИМОСТЬ ИНФРАСТРУКТУРЫ}}{\text{СТОИМОСТЬ ЗАПАСОВ}}$$

$$T_W = \frac{\text{запасы на скважину}}{\text{дебит} \cdot 365}$$

$$T_{WD} = T_W \cdot r$$

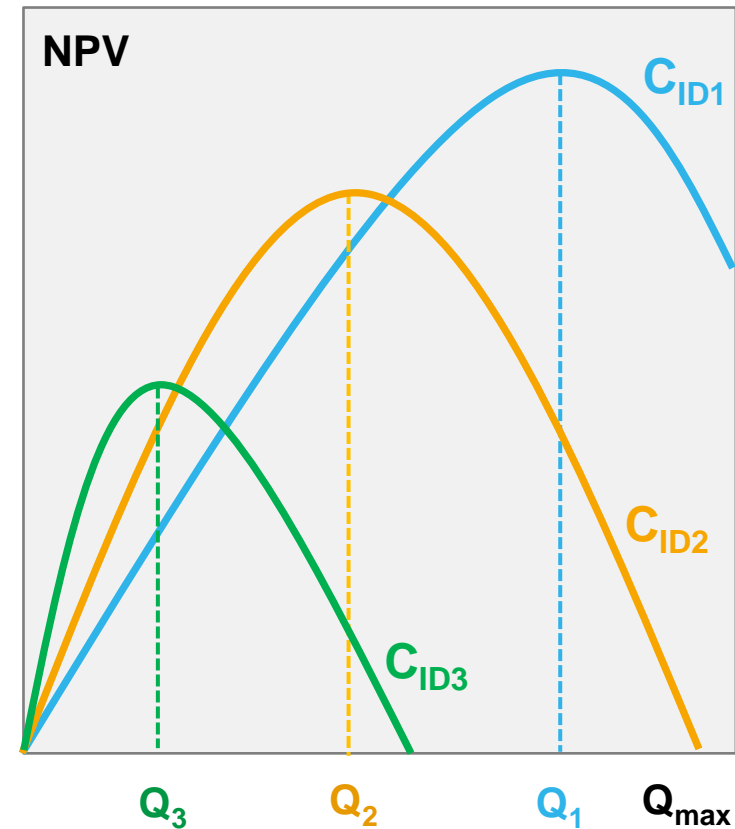
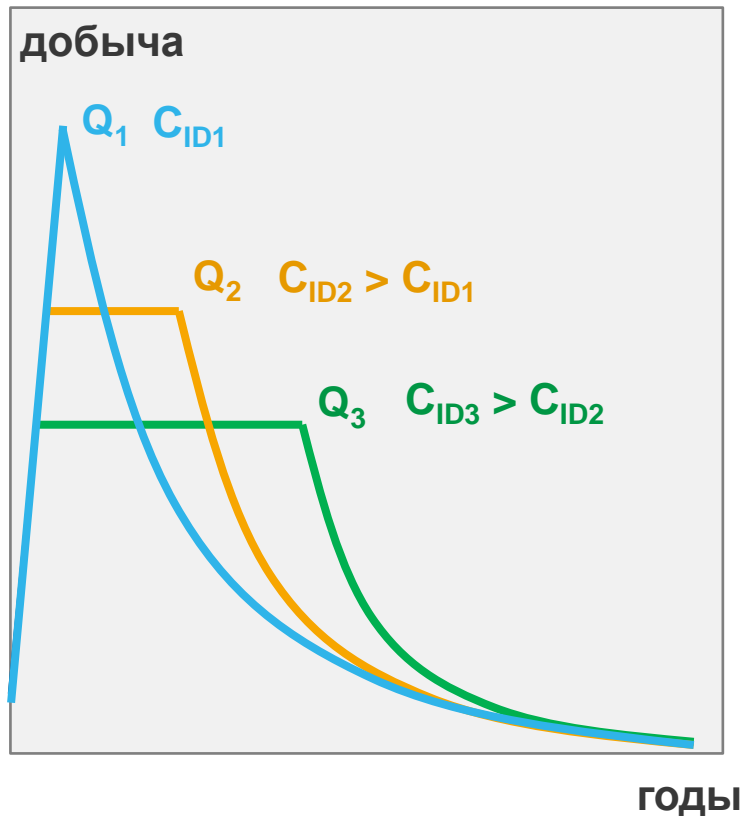
- Скрининговый показатель: отношение стоимости скважины к дебиту
- Локальные подходы (максимизация NPV скважины) могут приводить к неоптимальным экономическим решениям

# Влияние стоимости инфраструктуры на плотность сетки скважин



- Стоимость инфраструктуры оказывает существенное влияние на оптимальное значение величины запасов на скважину

# Влияние стоимости инфраструктуры на пик добычи

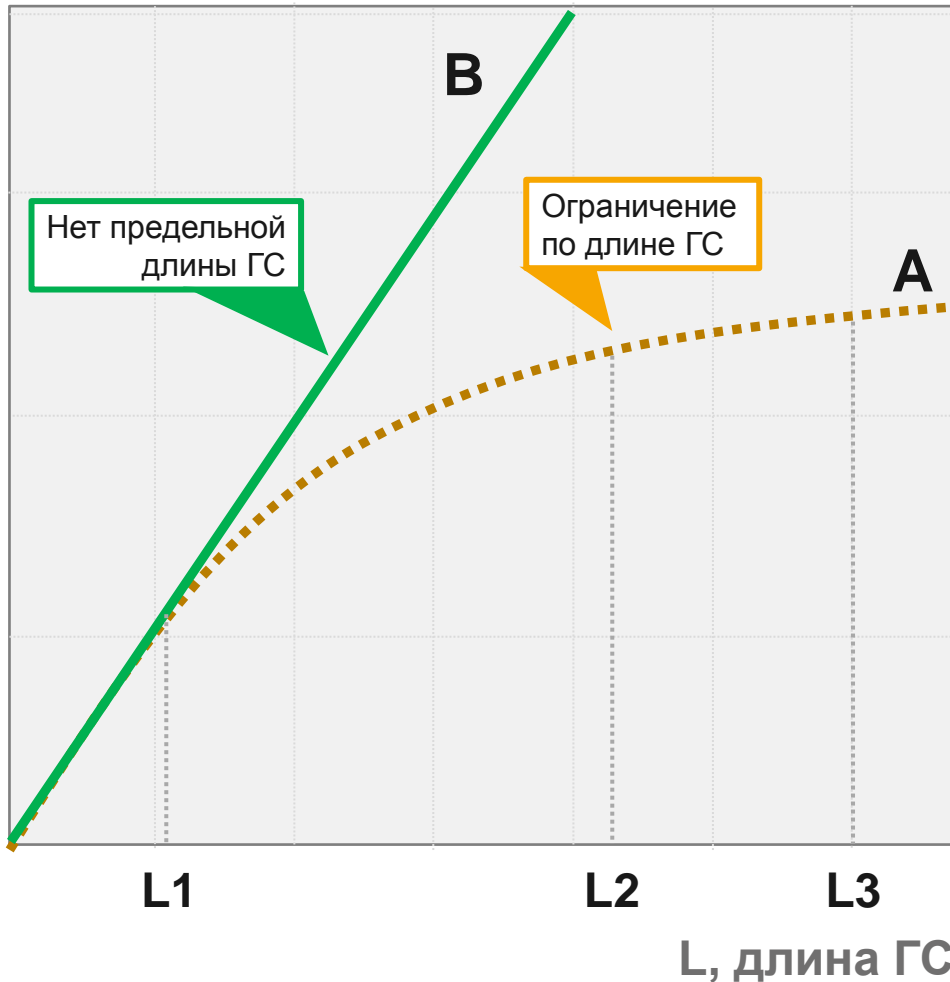


- Для малых инфраструктурных затрат оптимальные варианты характеризуются малой продолжительностью плато
- С увеличением инфраструктурных затрат продолжительность плато увеличивается

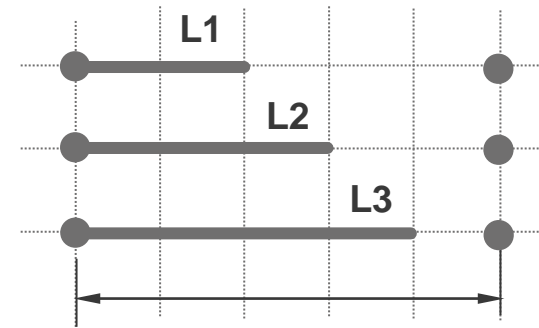


# Необходимость кост-инжиниринга: пример определения оптимальной длины горизонтального участка скважины (1/2)

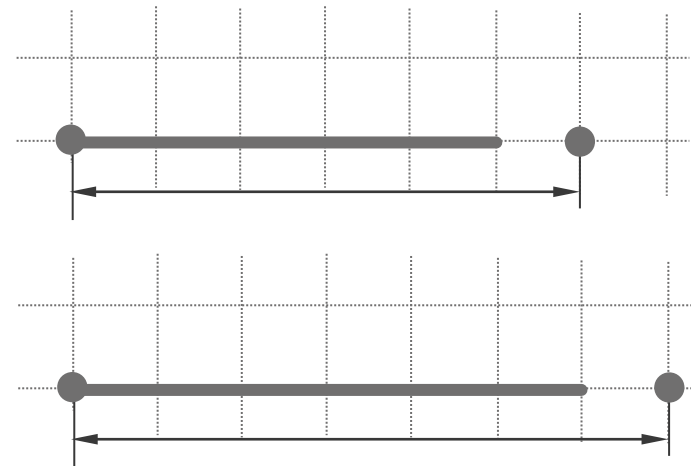
## Дебит скважины



## A Постоянное расстояние между скважинами в ряду



## B Растянутые сетки скважин

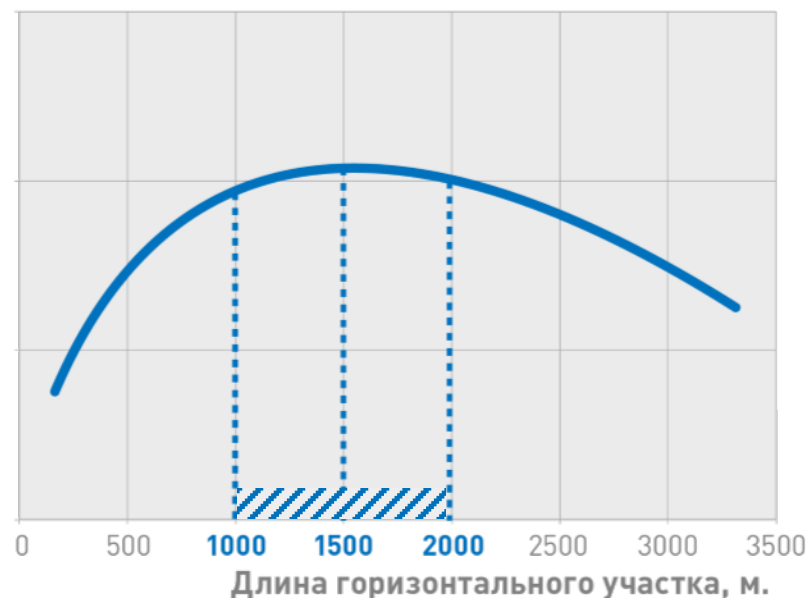


## Необходимость кост-инжиниринга: пример определения оптимальной длины горизонтального участка скважины (2/2)

Стоимость скважины

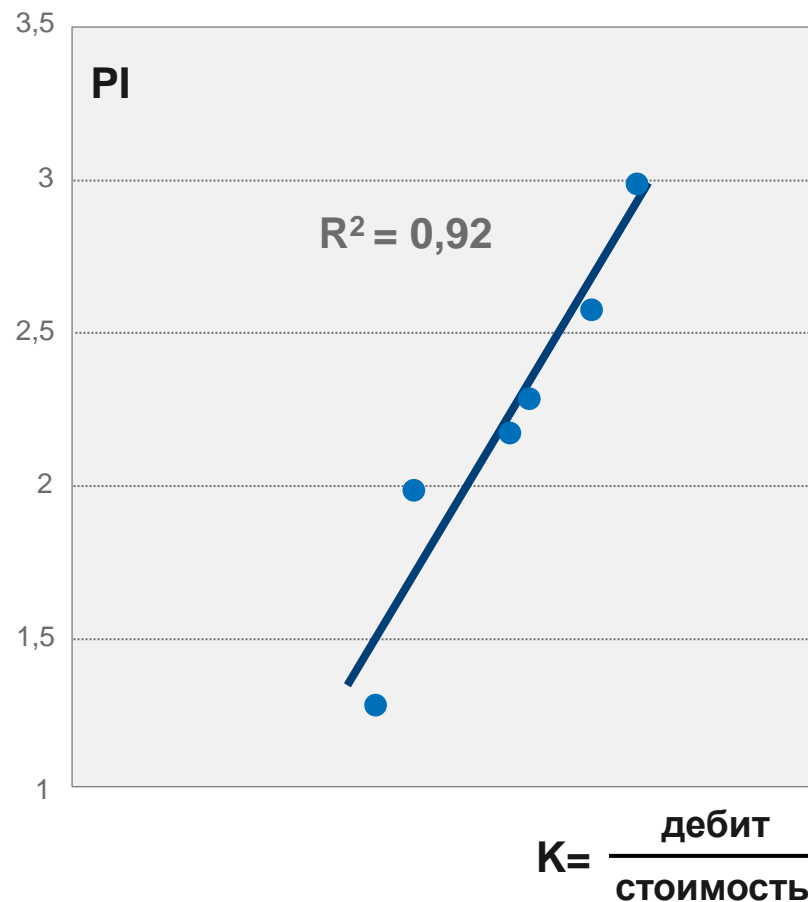
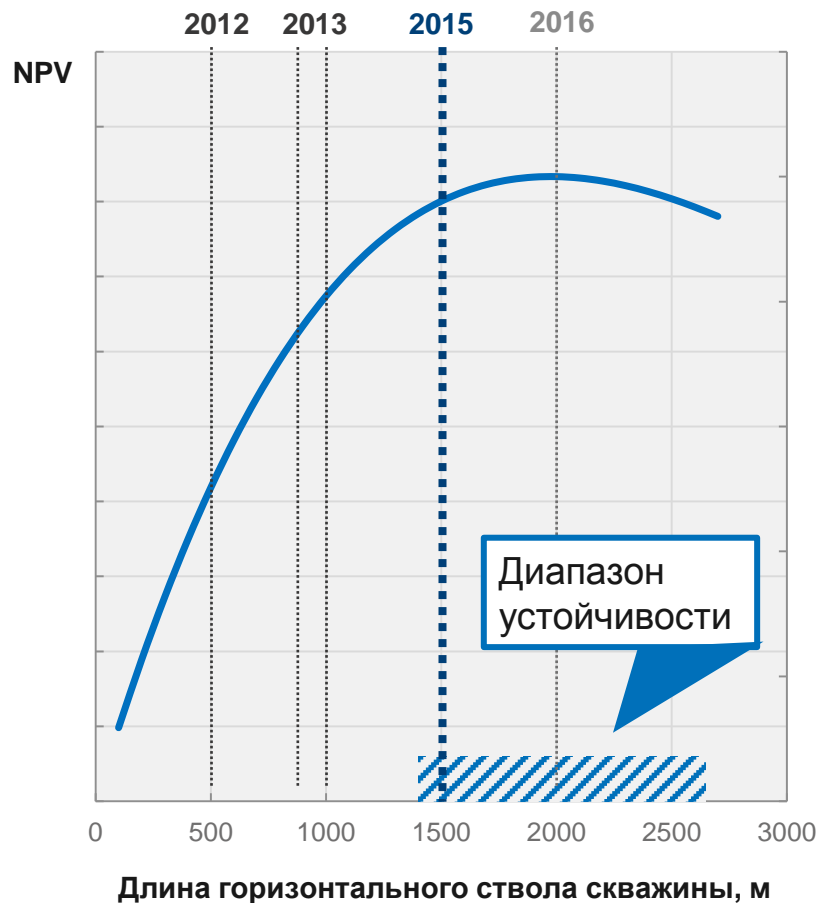


NPV



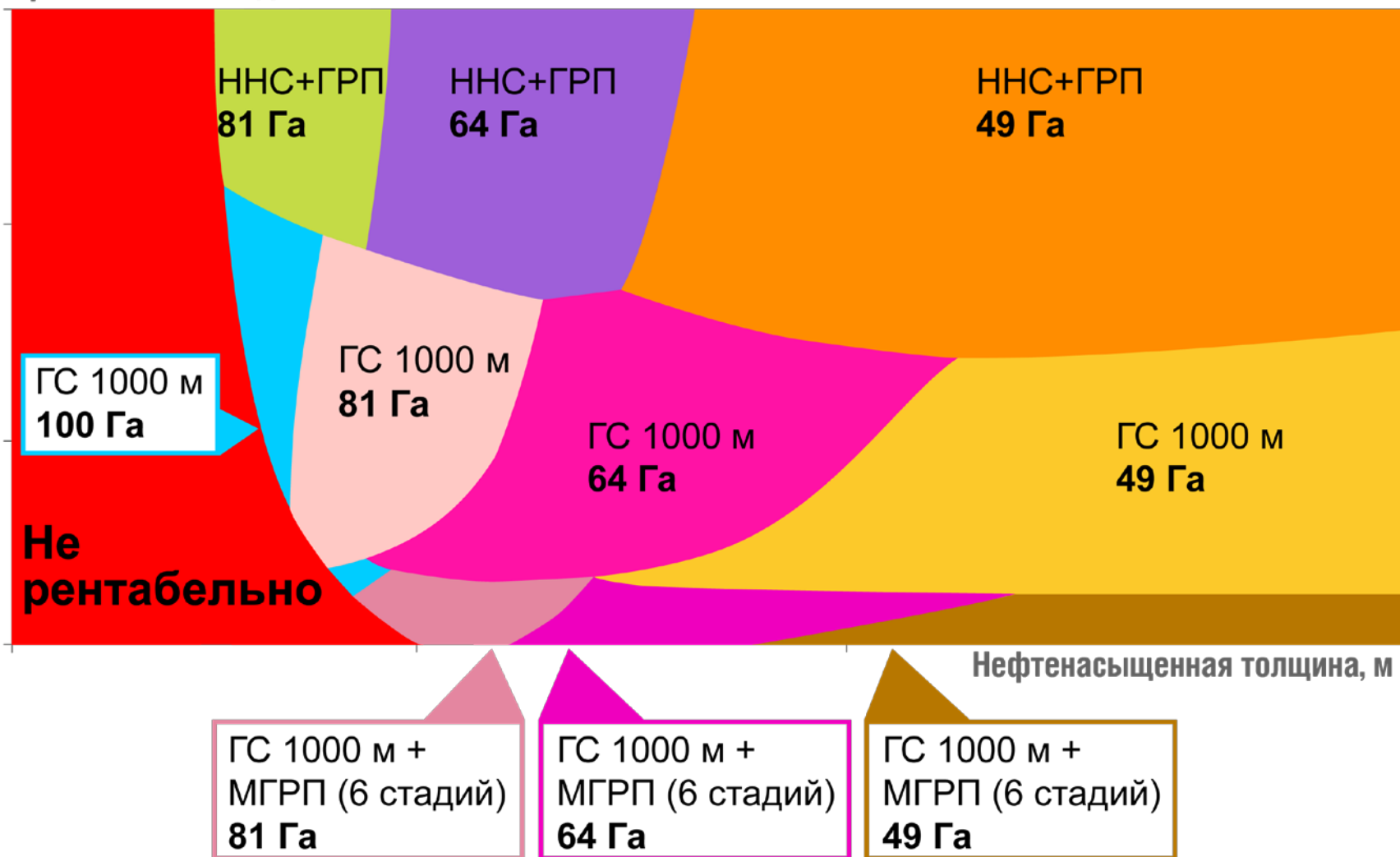
**Кост-инжиниринг:** определение стоимости объекта строительства до ПСД в широком диапазоне изменения характеристик

# Эволюция длины горизонтального участка: месторождение Новый порт

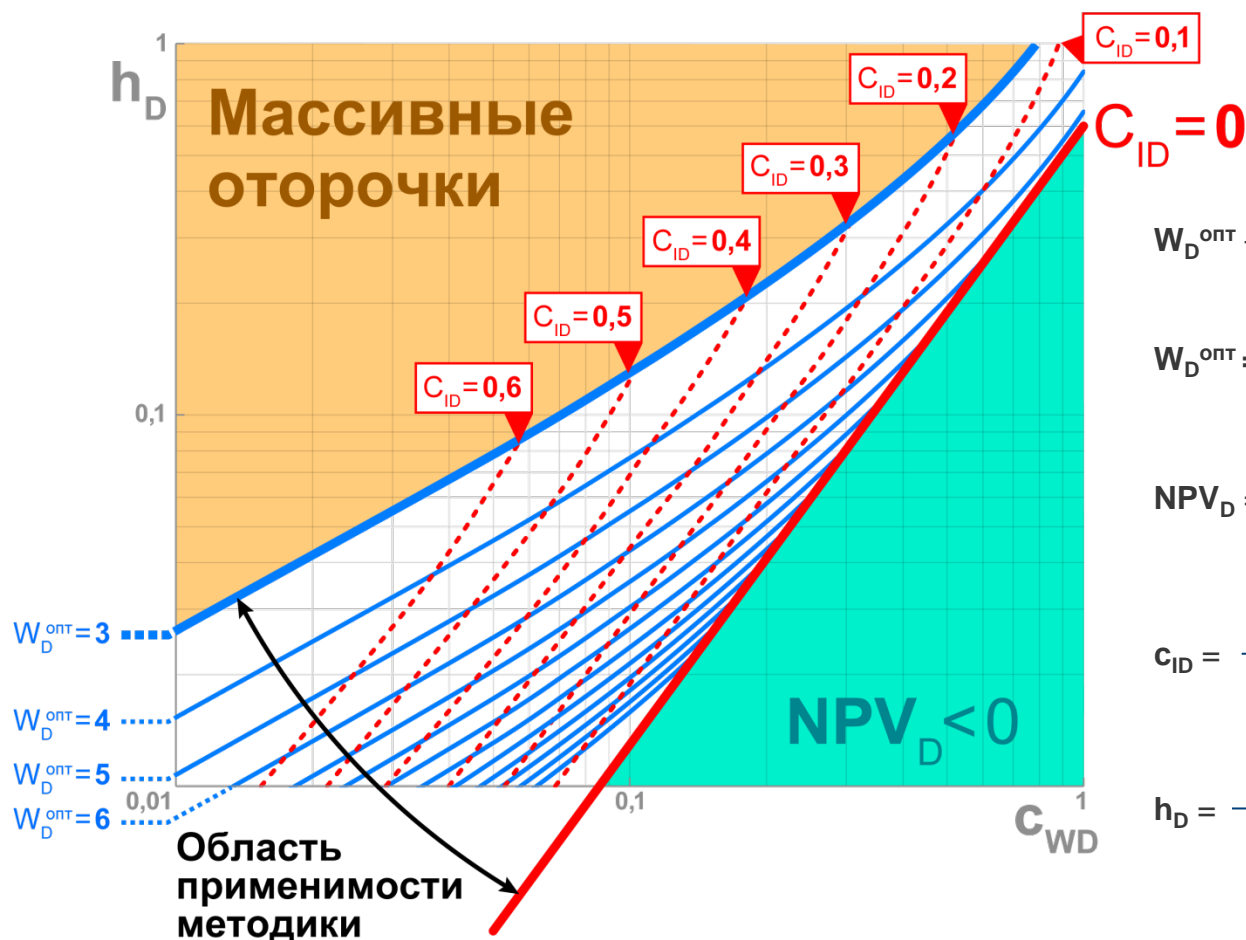


# iChart для типов заканчивания: выбор конструкции скважины при разработке ТРИЗ

Проницаемость, мД



# iChart для нефтяных оторочек



$W_D^{opt}$  — безразмерное межрядное расстояние

$W_D^{opt} = \frac{\text{межрядное расстояние}}{\text{мощность оторочки}}$

$NPV_D = \frac{NPV}{\text{стоимость запасов}}$

$C_{ID} = \frac{\text{стоимость инфраструктуры}}{\text{стоимость запасов}}$

$h_D = \frac{\text{мощность оторочки}}{\text{характерное расстояние продвижения конуса газа}}$

$C_{WD} = \frac{\text{стоимость скважины}}{\text{стоимость дебита скважины}}$

# Value Engineering: интегрированное проектирование на примере месторождения ГПН

**+2 млрд.руб.**

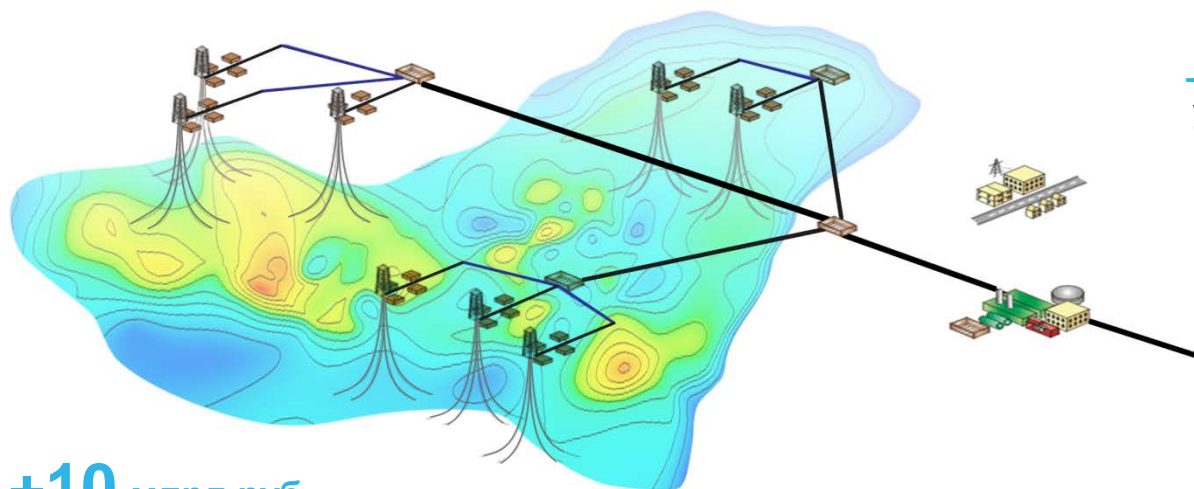
кост-инжиниринг, OPEX

**+14 млрд.руб.**

кост-инжиниринг, оптимизация CAPEX

**+13 млрд.руб.**

увеличение производительности ЦПС



**+10 млрд.руб.**

уплотнение сетки

**+20 млрд.руб.**

увеличение длины ГС с 600 м до 1 000 м

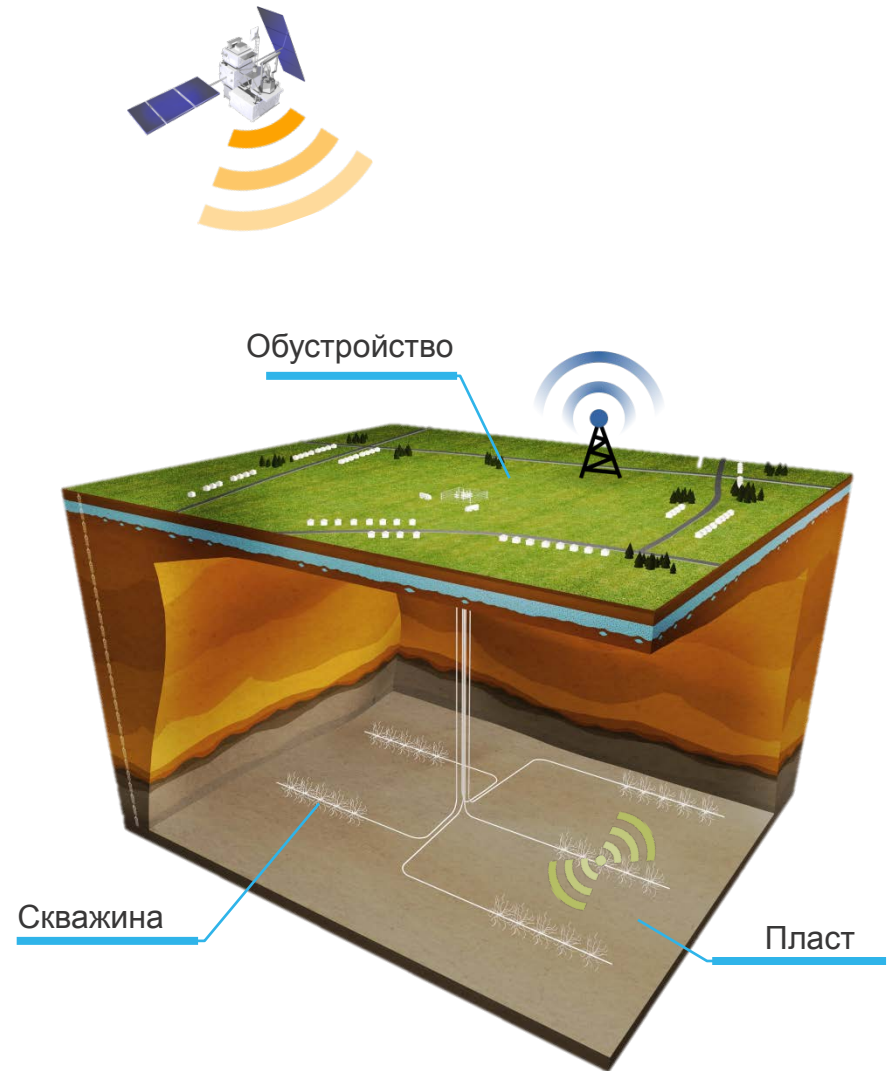
**+500 руб./т.**

эффект для NPV

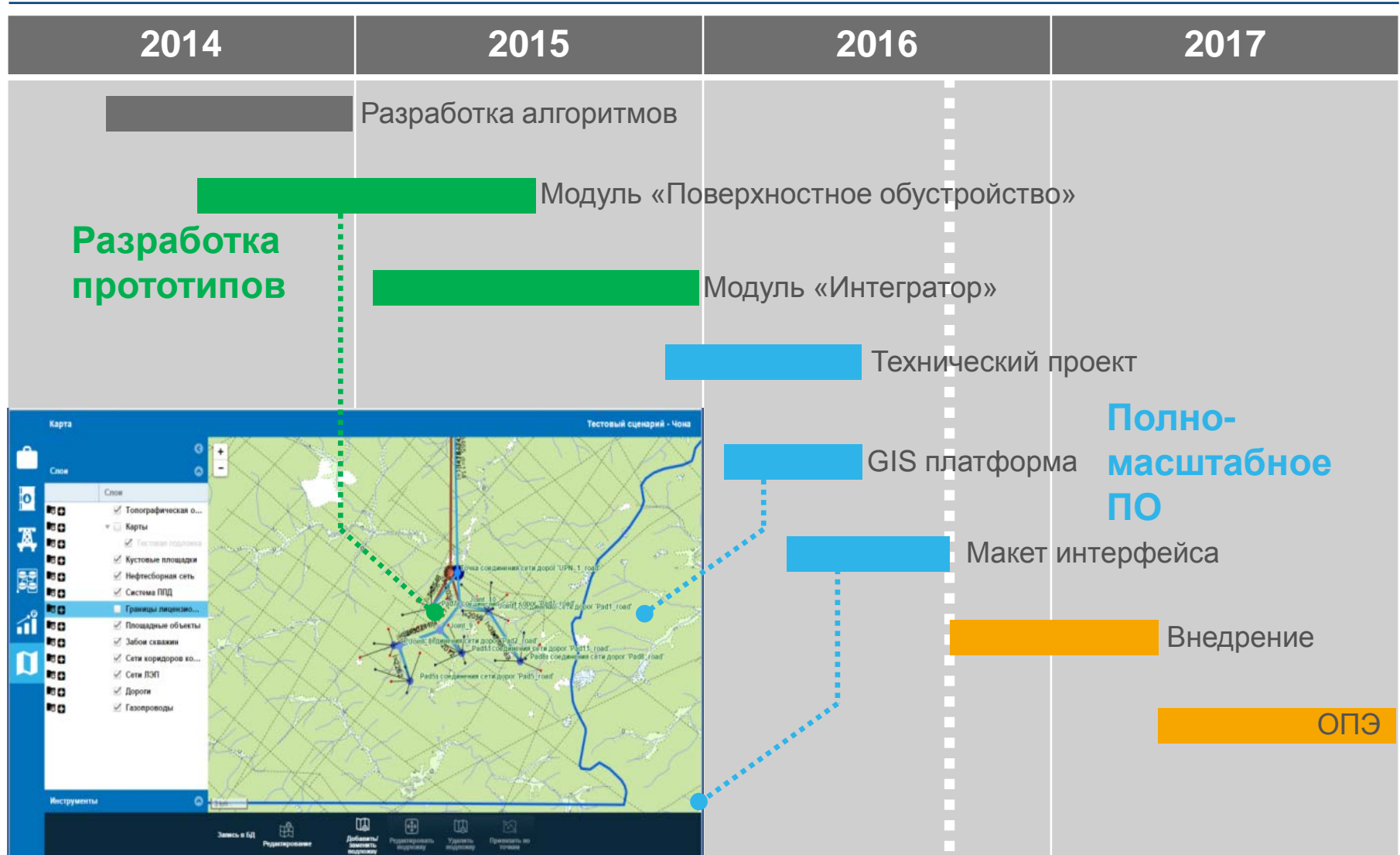


# Когнитивные технологии для интегрированного моделирования и проектирования

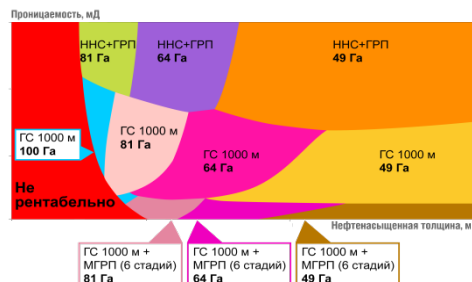
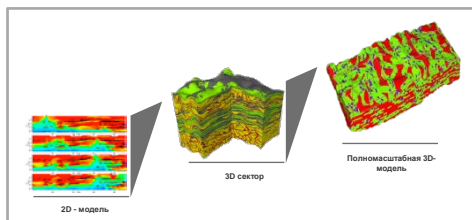
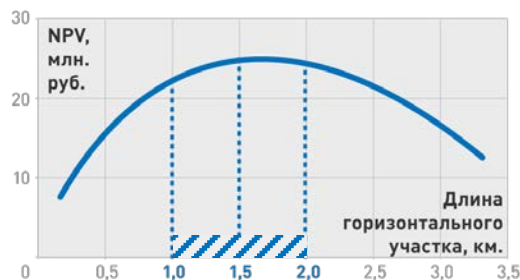
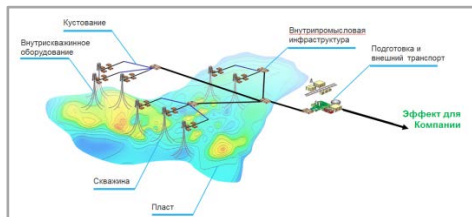
- Принятие решений в условиях неопределенности: большой объем неструктурированных зашумленных данных
- Определение оптимума для сложноорганизованной системы «пласт-скважина-обустройство»
- Комплексование априорной информации о месторождении и методов машинного обучения
- Самоорганизация и самообучение интегрированной системы



# Реализация в ГПН проекта «Интегрированное проектирование»



# Диалектика нефтяного инжиниринга: основные идеи



- **Интегрированность**  
целостность

- **Простота**  
красота / обозримость

- **Иерархичность**

- **Создание знаний**  
обобщение / создание паттернов