

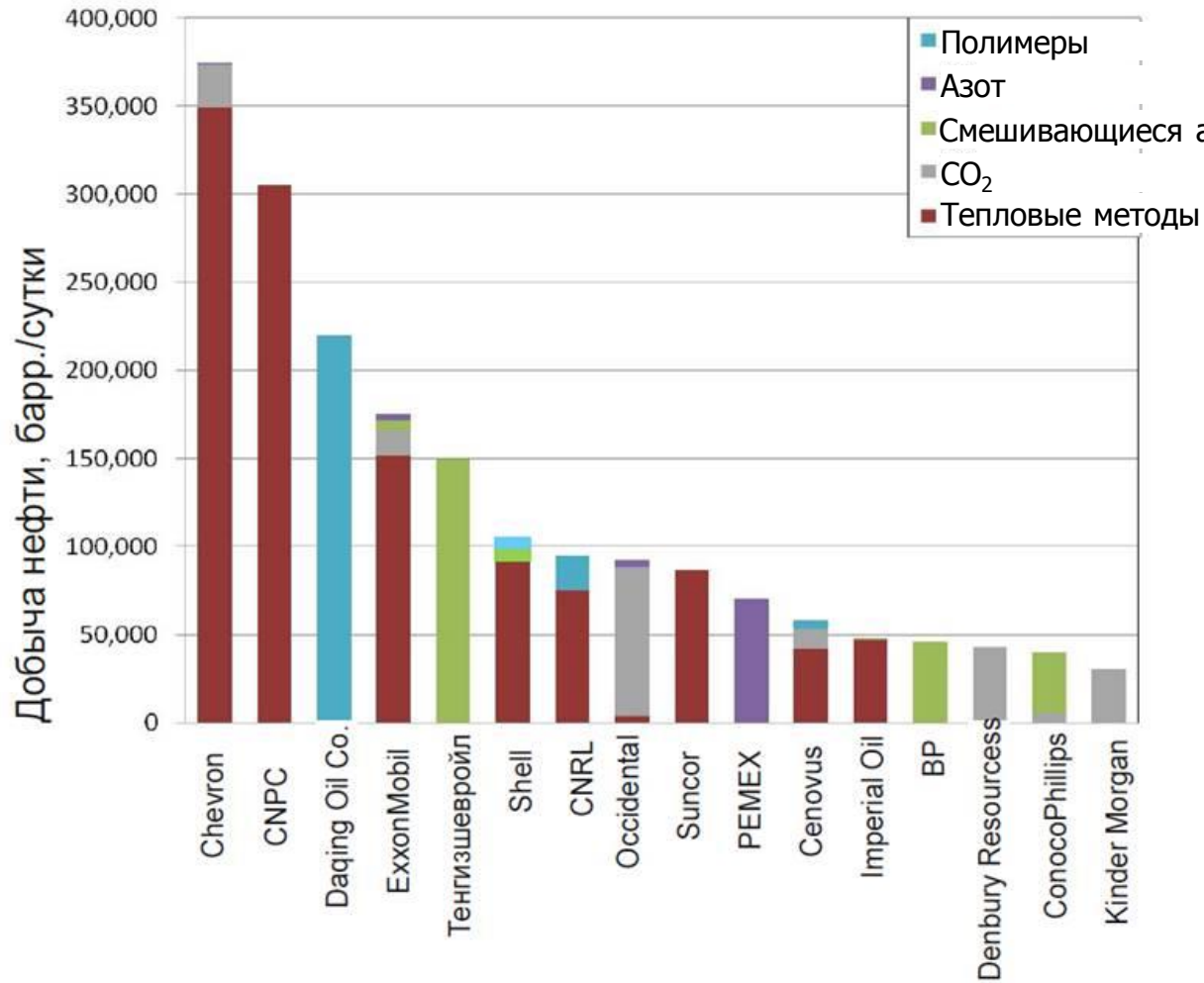
ПРИНЦИПЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛОЩАДНОЙ ЗАКАЧКИ ПАРА ДЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ТЯЖЕЛЫМИ НЕФТЯМИ



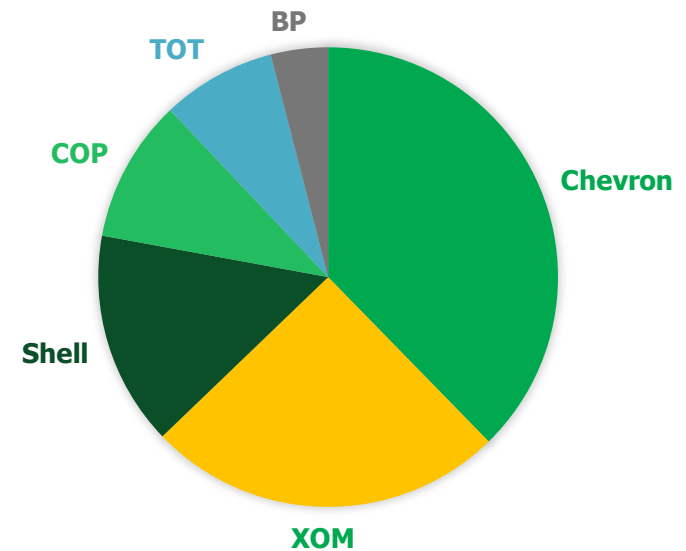
СОДЕРЖАНИЕ

1. Обзор потенциала добычи с применением термических методов
2. Текущие границы применимости тепловых МУН
3. Почему именно пар
4. Основные принципы работы проектов стационарной парозакачки
5. Примеры из истории разработки тяжелых нефтей

ОБЗОР ПОТЕНЦИАЛА ДОБЫЧИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕРМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ



РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДОБЫЧИ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕЙ ПО МНК



ОБЗОР ПОТЕНЦИАЛА ДОБЫЧИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕРМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

ПРИНЦИПЫ ТРАДИЦИОННОЙ ДОБЫЧИ ТЯЖЕЛОЙ НЕФТИ

Канадские битуминозные пески...



Морская добыча, Северное море, Африка, Китай...



Добыча холодной тяжелой нефти, Боскан, Венесуэла...



Добыча тяжелой нефти паротепловыми методами, США, Канада, Индонезия...



ТЕКУЩИЕ ГРАНИЦЫ ПРИМЕНИМОСТИ ТЕПЛОВЫХ МУН

Основные ограничения применения парозакачки

• Глубина залежи

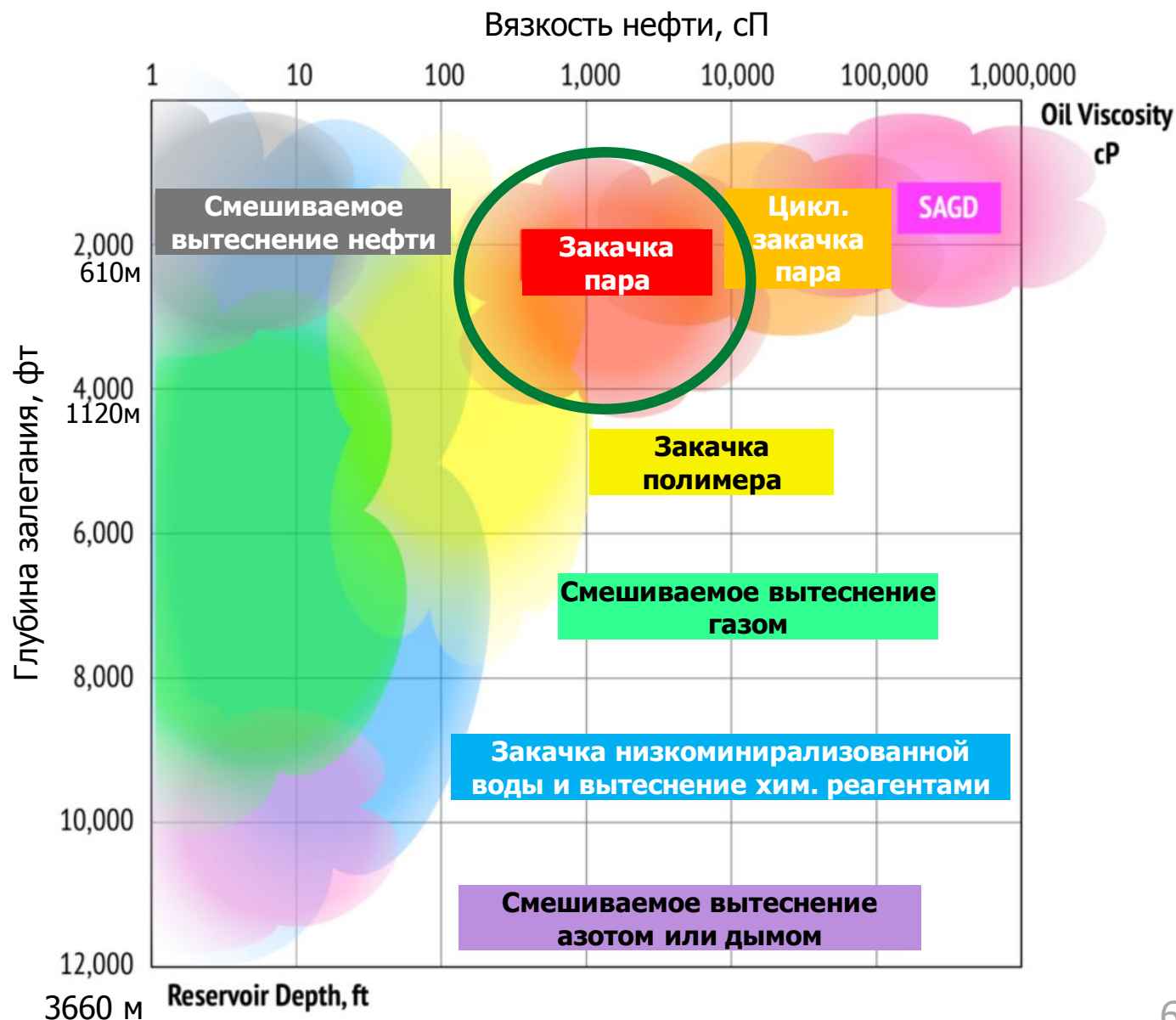
- Доставка пара на забой скважины имеет свои ограничения

• Геологическое строение

- Переслаивание глины ограничивает распространение теплового фронта по вертикали

• Наличие источников газа

- Газосодержания тяжелых нефти невелико, как правило нужны внешние источники газа для нагрева воды



ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА РАССМАТРИВАЕМЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Мест-е	Вид заканчивания	Тип скв.	Глубина, м	Вязкость, сП	Прониц., mD	Плотность, АНИ	Механизм разки	Пласт. темп-ра, С	НГЗ, млн.т
Керн Ривер	Перфорированный обсадная колонна/хвостовик	Верт.	~ 290	5600	3000	~13	Закачка пара	26	556
Дури	В основном гравийный фильтр с размером гранул песка 20/40 вокруг проволоочного фильтра 12 калибра	Верт.	140-200	150-300	1000-10000	23	Закачка пара	38	610
Х (Казахстан)	Перфорированный обсадная колонна/хвостовик	Верт.	340-450	350-450	175-500	18-20	Закачка горячей воды/Заводнение	32	301

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ТЕПЛОВЫХ МУН

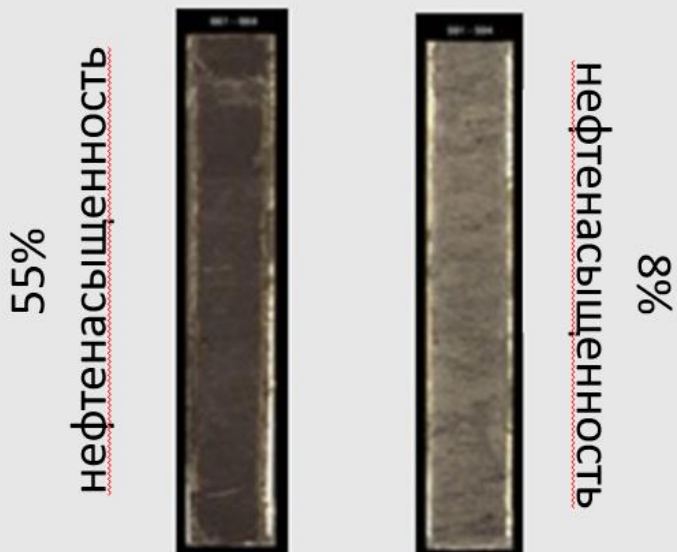
Методы разработки

Первичные 5 - 15%

Закачка пара 50 - 80%

До парозакачки

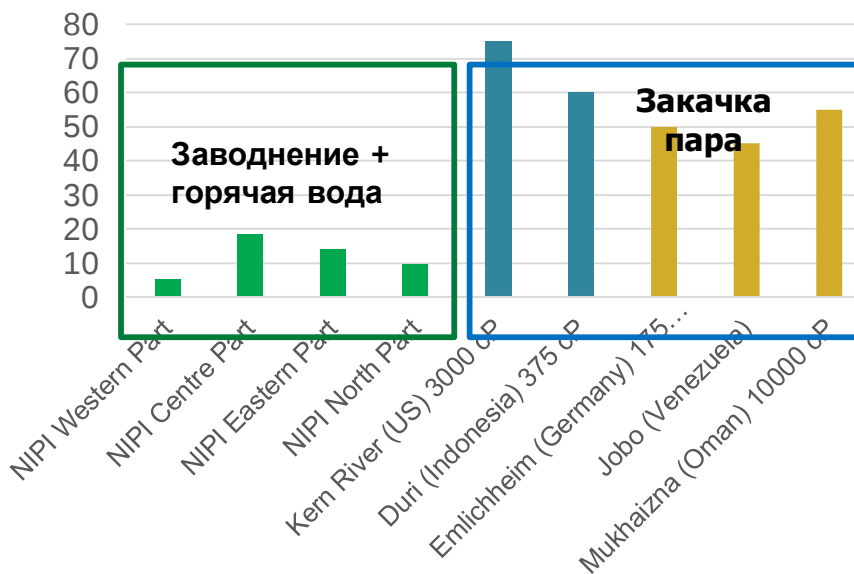
После парозакачки



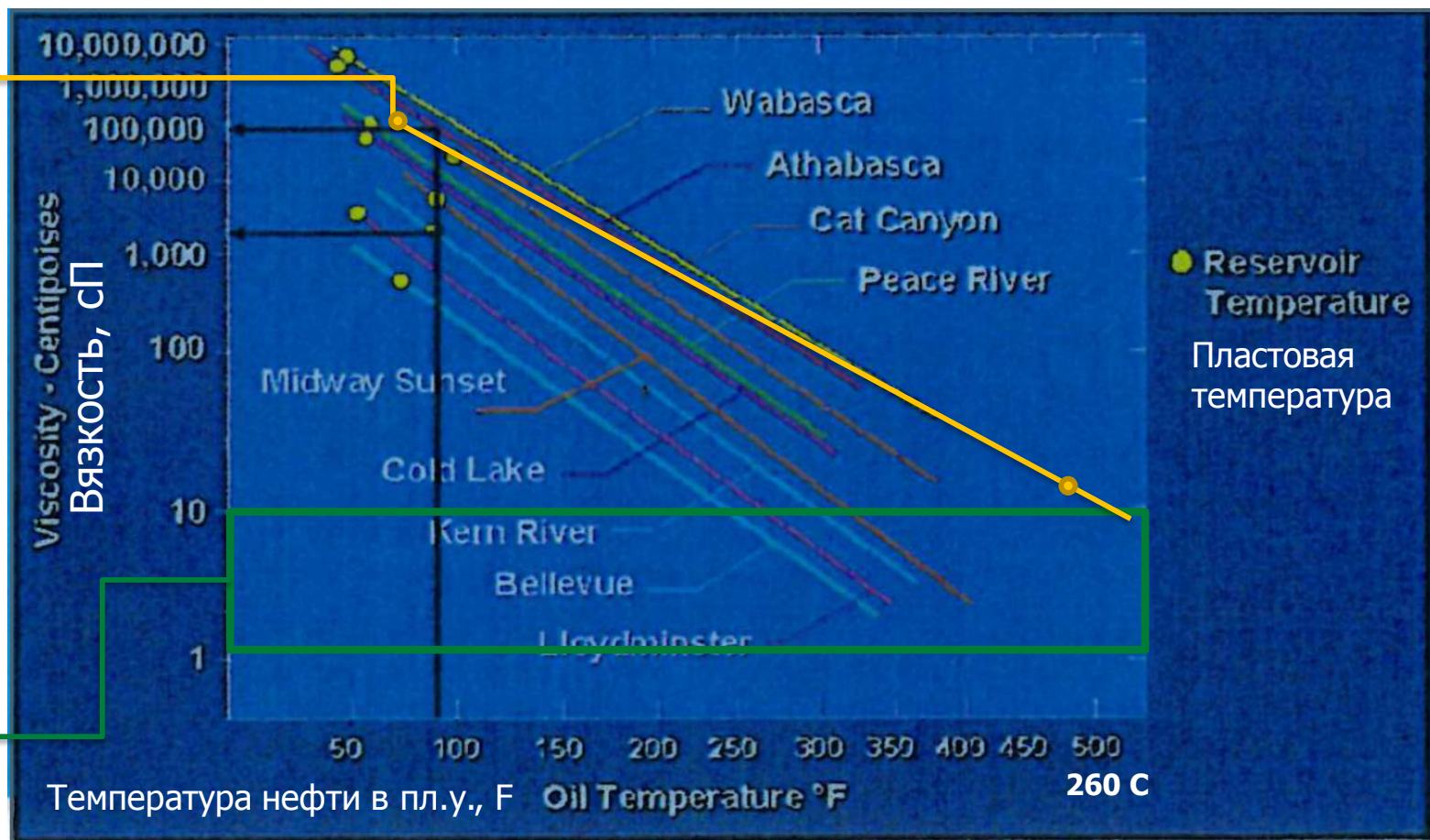
Пример Дури, Индонезия

Режим Разработки	КИН, %
Истощение	5 - 10%
Закачка горячей воды	15 - 25%
Закачка пара	50 - 80%

КИН на 2015г проектов добычи тяжелых нефтей



ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ТЕПЛОВЫХ МЕТОДОВ



- Корреляция вязкости нефти от температуры зависит от состава нефти
 - При 90F (32C) вязкость нефти ~ 3000 сП (Керн Ривер)
 - При 270F (130C) вязкость нефти ~ 10 сП (Керн Ривер)
 - При 68F (20C) вязкость нефти ~ 170 000 сП (Бока де Харуко)

ПОЧЕМУ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ИМЕННО ПАР?

Уникальные свойства пара

Пар используется в индустриях в связи со своими уникальными свойствами по теплопереносу:

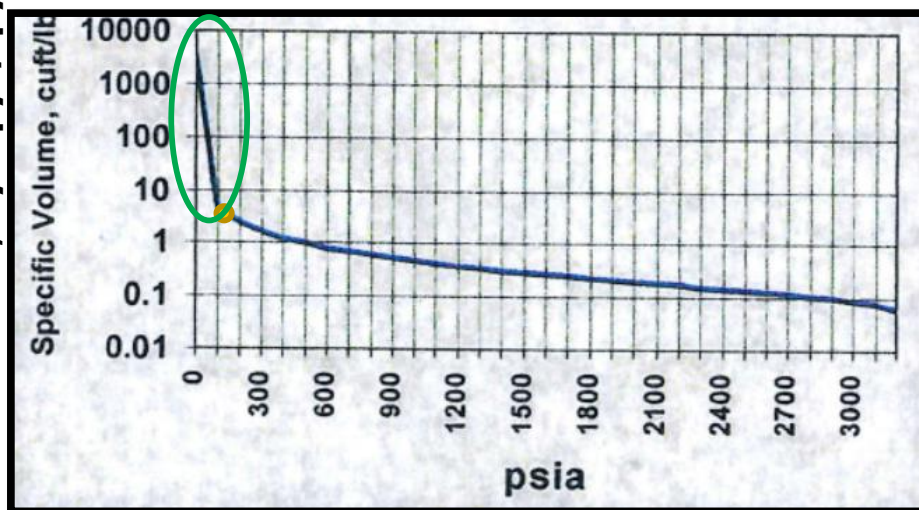
- Удельный объем пара на порядок выше чем у воды. Пар воздействует на больший объем коллектора на один кг закаченного агента чем вода ($K_{\text{охв}}$ пара близок к 100%)
- Разница энтальпии кипящей воды и пара составляет до ~100% при той же температуре и давлении

Свойства пара

- Энтальпия: количество тепла в паре
- Удельный объем: объем занимаемый единицей массы

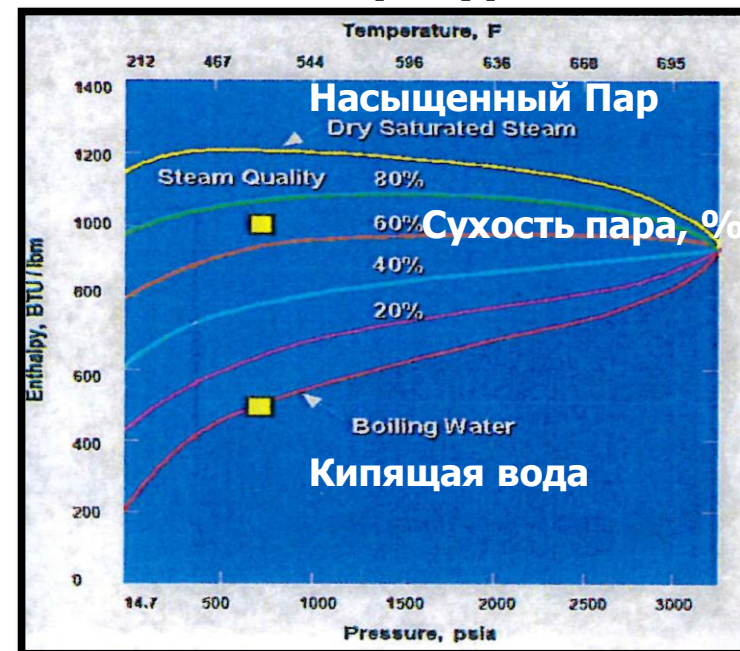
Сухость пара < 60%: массовый вклад вещества находящийся в парообразном состоянии

Удельный объем, куб.фут/фунт



Давление, фунт/дюйм²

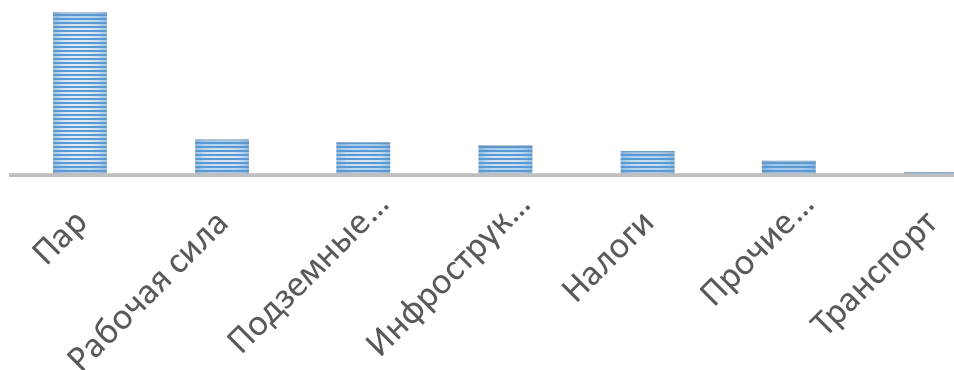
Энтальпия, БТЕ/фунт



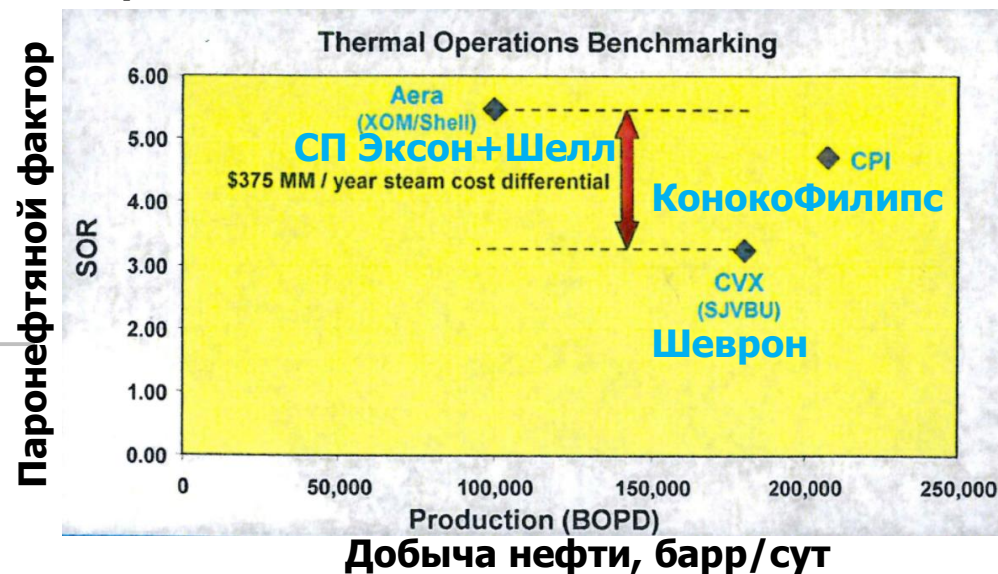
Давление, фунт/дюйм²

ПАР СТОИТ ДОРОГО

ПРИМЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИОННЫХ ЗАТРАТ



Сравнение тепловых показателей компаний

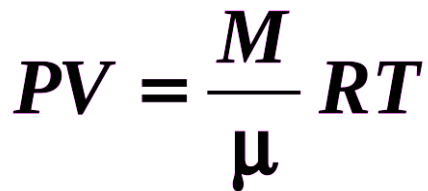


Сложность инфраструктуры доставки пара

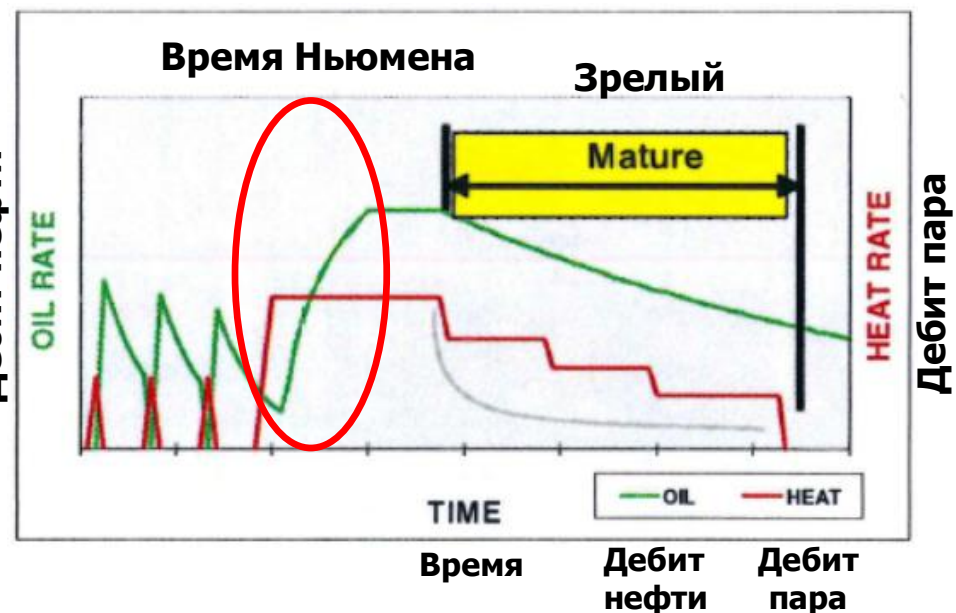
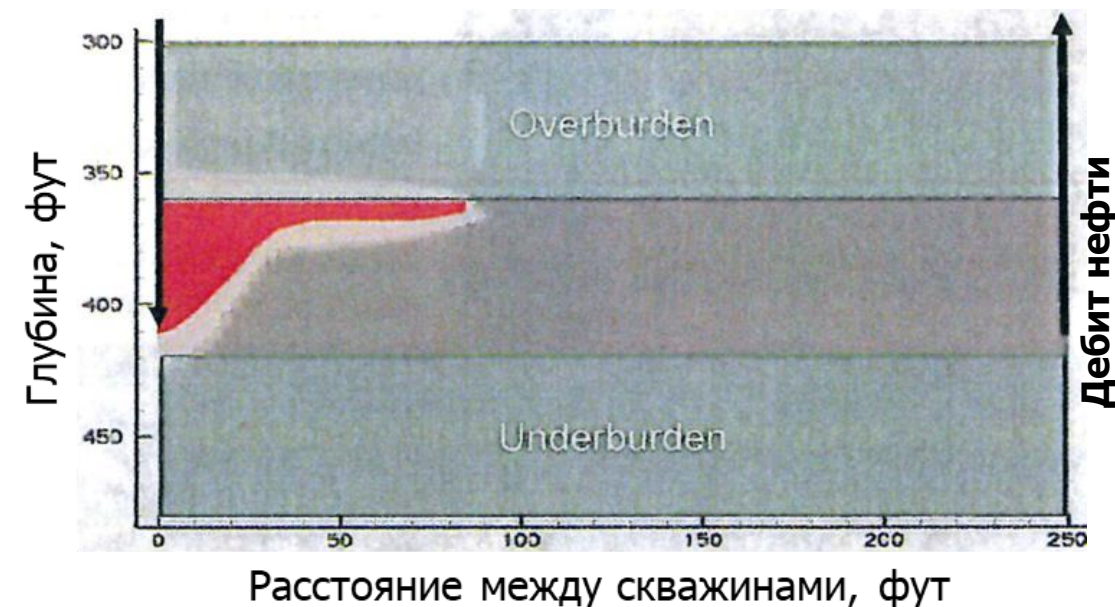


Инфраструктура доставки пара





ПЕРВЫЙ ЭТАП ПРОГРЕВА – КОНВЕКЦИЯ (ВРЕМЯ НЬЮМЕНА)



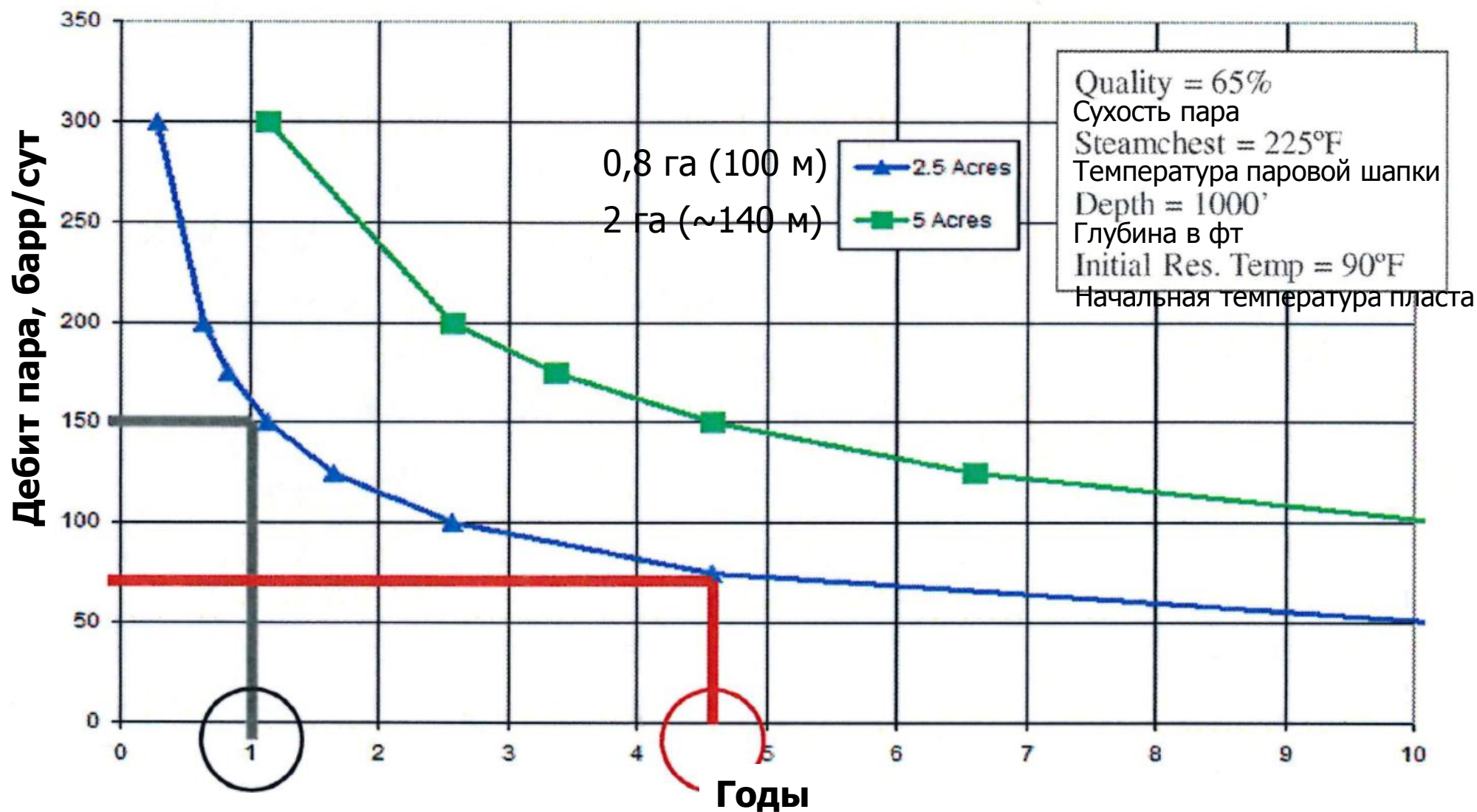
Принципы режима работы пласта

- Нагрев пласта осуществляется по средствам **конвекции** (переноса вещества)
- Фронт нагрева/вытеснения распространяется по площади пласта
- Дебит нефти скважин напрямую зависит от количества закачиваемого пара

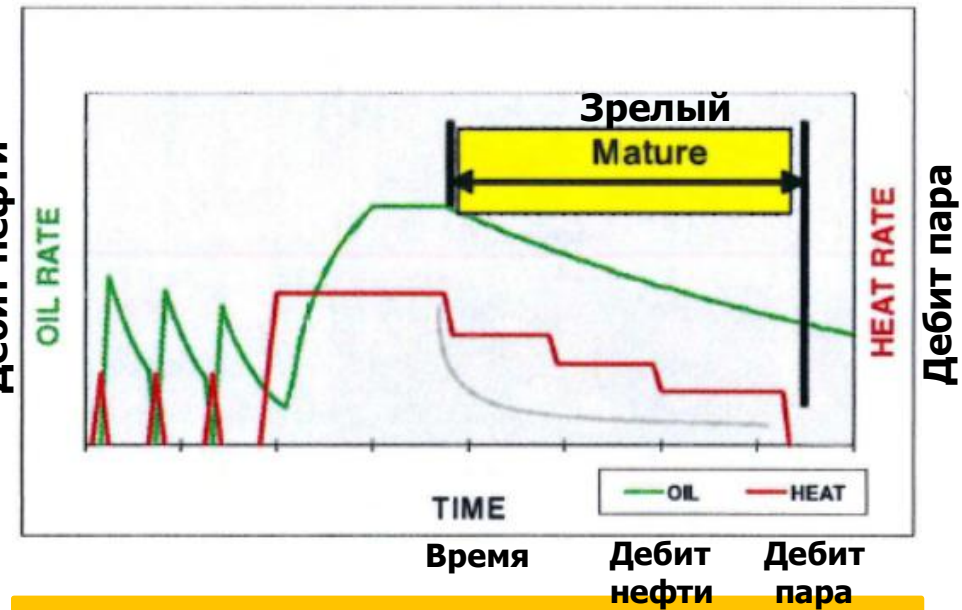
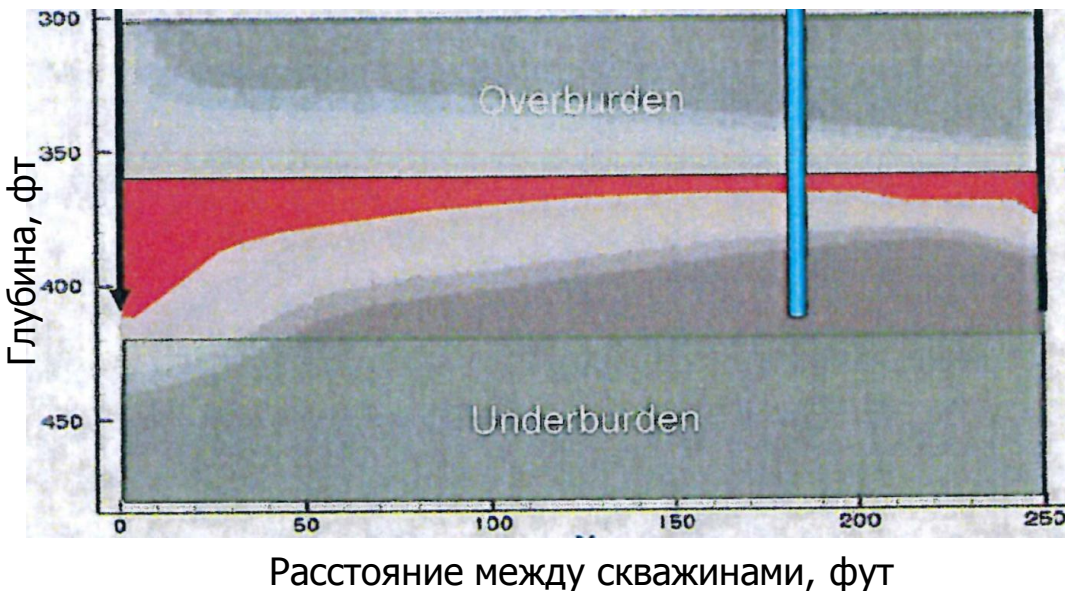
Время Ньюмена

$$Q_{\text{пар}} \approx \frac{\text{Площадь}}{\sqrt{(\text{Время Ньюмена})}}$$

РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ СКВАЖИНАМИ И ВРЕМЯ НЬЮМЕНА



ВТОРОЙ ЭТАП ПРОГРЕВА - КОНВЕКЦИЯ



Принципы режима работы пласта

- Нагрев с помощью кондукции
- **Гравитационный режим добычи пласта**
- Кондукционные потери тепла уменьшаются со временем
- Режим работы пласта толерантный к недозакачке пара (закачка пара напрямую не влияет на дебит скважин)

Время Ньюмена

$$Q_{\text{пар}} \approx \text{Площадь} * \text{Уд. теплоемкость} * \frac{dT}{dZ}$$

Энергия затраченная на нагрев

Порода	79%
Нефть	3%
Вода	18%
Пар	1%

*Температуронаблюдательная скважина

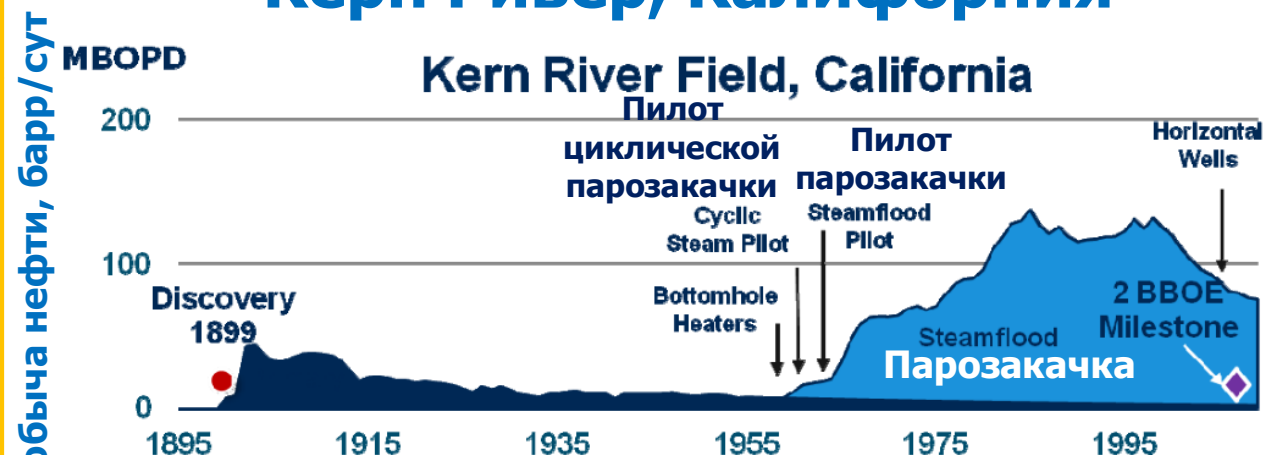
Месторождение Керн Ривер, Калифорния

- Добыча нефти
 - 65,000 барр/сут
 - ~10,000 т/сут
- Закачка пара
 - 180,000 барр/сут
 - ~60,000 м3/сут

- Фонд скважин
 - ~12,000 скважин

- Текущий КИН
 - ~70-80%

Керн Ривер, Калифорния



Дури, Индонезия

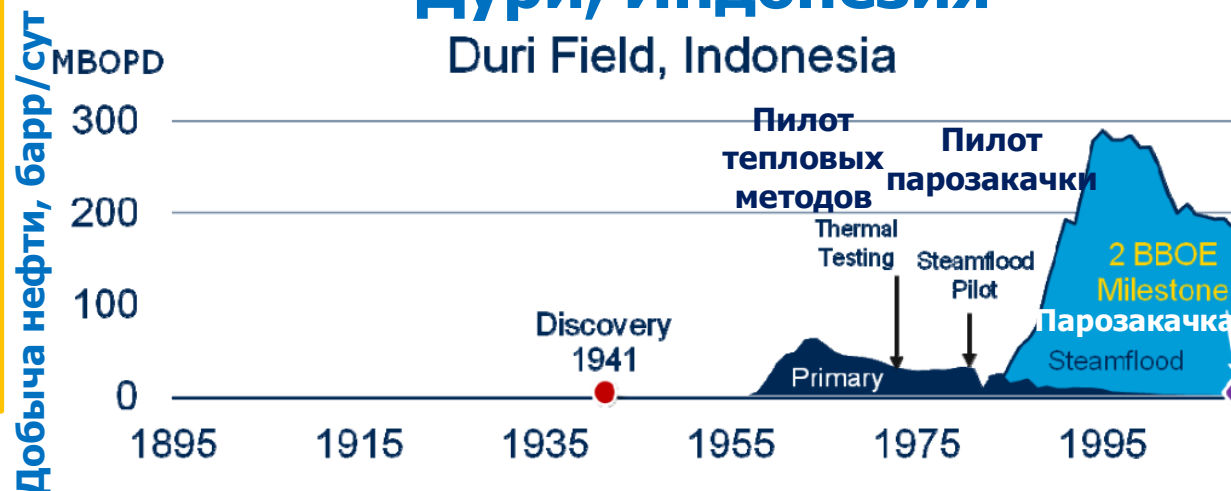
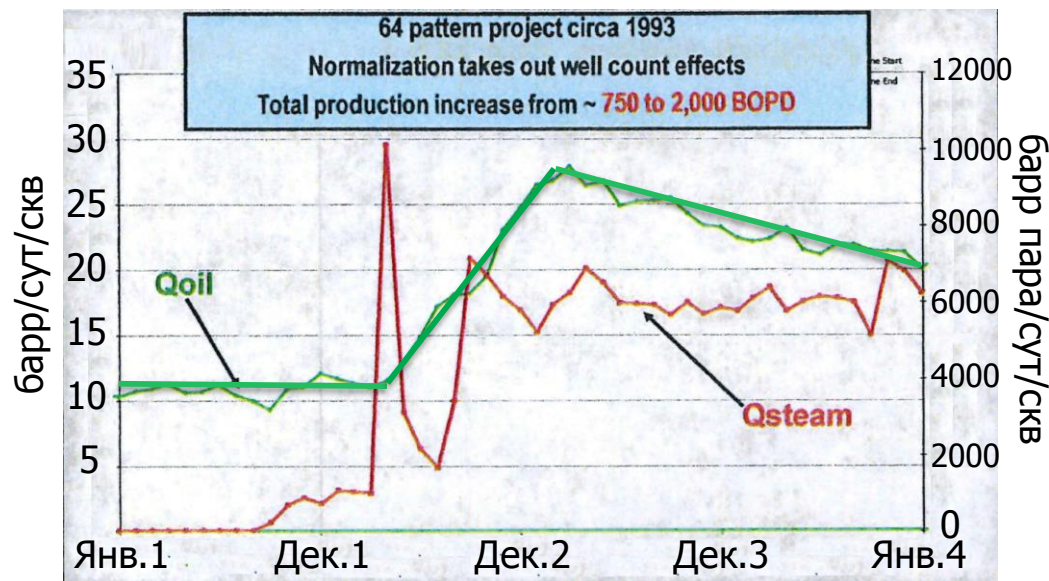


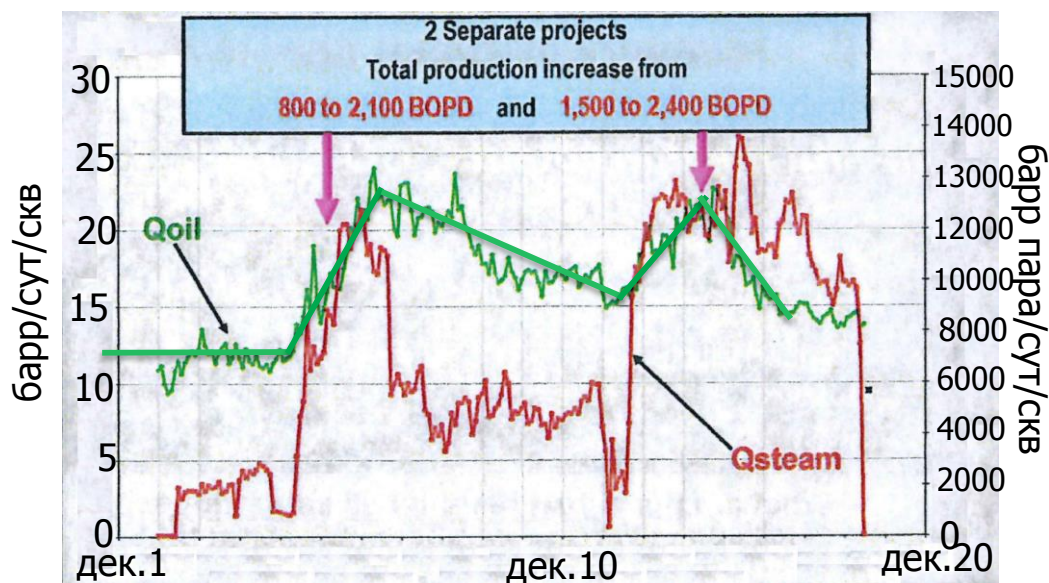
Figure 8 - Duri Field History

ПРИМЕРЫ ДОБЫЧИ ПРОЕКТОВ С ЗАКАЧКОЙ ПАРА



Термический проект, Керн Ривер, Калифорния

- Проект состоит из 64 элементов разработки
- Применяется 9 точечная обращенная система разработки (расстояние между скважинами 200 фт ~ 60 м)
- Графики нормализованы на количество скважин
- Добыча нефти возросла со 120 до 320 м³/сут



Два термических проекта, Керн Ривер, Калифорния

- Добыча нефти первого проекта возросла с 130 до 335 м³/сут
- Добыча нефти второго проекта возросла с 240 до 380 м³/сут

ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЯ

- Проведен обзор метода стационарной парозакачки
- Выделены главные особенности методологического подхода
- Приведенные примеры показывают, что технология стационарной заправки пара показала жизнеспособность и рентабельность в различных географических условиях
- Обозначены границы применения технологии стационарной парозакачки и типичные трудности связанные с применением данного метода

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!