

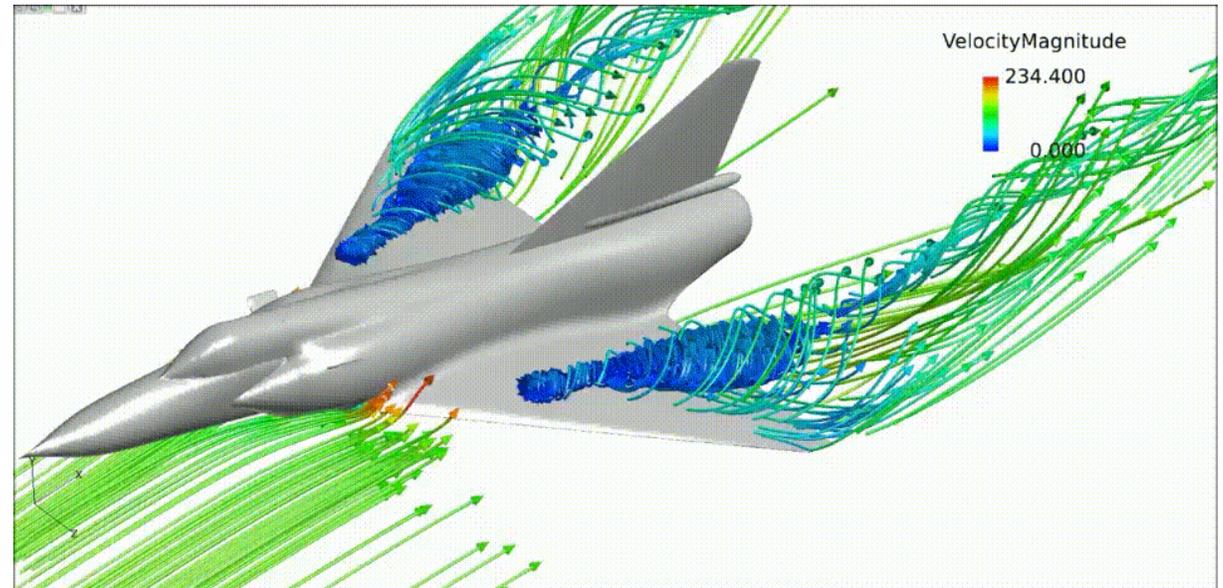


Научный инжиниринг —
почему это так важно?

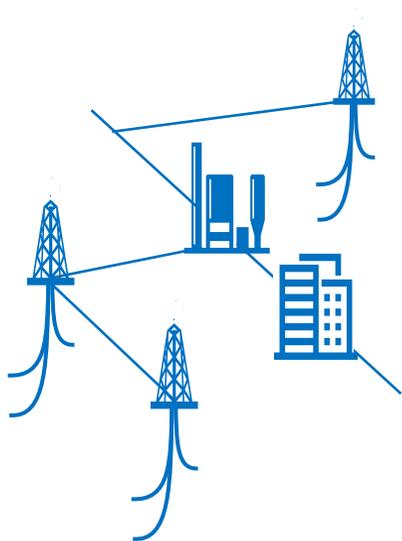
Что такое SciencEngineering?



SciencEngineering (SE) — применение методов и достижений фундаментальных наук и кибернетики для проектирования, разработки и анализа производственных систем и процессов



Системный инжиниринг — ключ к комплексной оптимизации



Системный (Интегрированный) Инжиниринг — междисциплинарная инженерная наука, предоставляющая методологии и инструменты целостного **моделирования, проектирования, создания и эксплуатации** сложных природных, технологических и организационных объектов. Интегрированный Инжиниринг объединяет подходы и алгоритмы, развитые в таких областях, как:

кибернетика

СТРОИТЕЛЬСТВО

инжиниринг энергосистем

организационный инжиниринг **экология**

инжиниринг систем контроля и управления

ПРОИЗВОДСТВО

программирование

ТЕХНОЛОГИИ

управление проектами

безопасность

Одна из важнейших задач России — внедрение научного мышления в производство



И. П. ПАВЛОВ

академик, нобелевский лауреат 1904 г.

«ОБ УМЕ ВООБЩЕ И РУССКОМ УМЕ В ЧАСТНОСТИ»

«Русский ум мало привязан к фактам. Он больше любит слова и ими оперирует»

«Физиологу на каждом шагу приходится обращаться к элементам физики, химии.

И, представьте себе, мой долгий преподавательский опыт показывает, что молодые люди, приступающие к изучению физиологии, реального представления элементах физики, химии не имеют»

ПРИМЕР «ЛИНГВИСТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ»

Сетки добывающих скважин плотностью 60–40 га/скв (от 700х800 до 600х700 м)—для залежей с особо благоприятной характеристикой: с очень низкой относительной вязкостью нефти (менее 1), с достаточно высокой проницаемостью монолитного пласта, особенно при трещинном типе карбонатных коллекторов и массивном строении залежей.

Сетки добывающих скважин плотностью 30–36 га/скв (от 600х650 до 500х600 м) —для залежей пластового типа с благоприятной характеристикой: с низкой относительной вязкостью пластовой нефти (1–5), с проницаемостью коллекторов более 0,3–0,4 мкм², при сравнительно однородном строении эксплуатационного объекта.

Тесная связь научного инжиниринга с другими дисциплинами науки на примере решения цепочки задач по гидроразрыву пласта

Моделирование и дизайн ГРП

Гидродинамика

- » Гидравлика в стволе
- » Течение жидкости в трещине
- » Утечки жидкости в пласт

Механика трещин

- » Критерий роста трещины
- » Скорость фронта трещины
- » Лаг между жидкостью и кончиком трещины

Геомеханика и теория упругости

- » Давление инициации трещины
- » Направление роста трещины
- » Учёт барьеров и контрастов напряжений
- » Связь между давлением в трещине и раскрытием

Механика пористой среды

- » Учёт пластового давления
- » Учёт порового давления
- » Моделирование стимулированного объёма и двойной пористости

Математическое моделирование

- » Решение нелинейных уравнений
- » Устойчивость схем
- » Совместное решение гидродинамики и геомеханики с помощью вариационных принципов

Контроль ГРП

Сопромат и инструментальный контроль

- » Расчёт прочности труб и отслеживание дефектов
- » Подбор пакера и давления в нём
- » Подбор компоновки при МГРП
- » Расчёт критического давления и подбор насосов

Химия

- » Контроль консистенции и состава геля
- » Антибактериологические добавки
- » Сшиватели геля и брейкеры
- » Подбор типа и концентрации кислоты
- » Стабилизаторы глин, деэмульгаторы и др.

Анализ результатов

Машинное обучение и системный анализ

- » Анализ кривой давления на устьевом и забойном манометре, выявление бриджинга, TSO, прорывов в соседние пласты, корректировка дизайна ГРП
- » Анализ результатов мини-ГРП, оценка утечек, горных напряжений и проводимости пласта

- » Анализ ГДИС, нахождение длины трещины, проводимости пласта, скин-фактора трещины и эффективности ГРП
- » Анализ данных добычи, оценка коэффициента продуктивности, скин-фактора трещины и эффективности ГРП

SciencEngineering — эффективный инструмент разработки



Engineering



SciencEngineering

SE всегда был основой инженерного дела, но сейчас начал выделяться в отдельную область знаний и умений в связи с ростом уровня наукоемкости современных производств.

SE характеризует:

- » мультидисциплинарность
- » комплексность
- » синергия теории и практики
- » инновационность

В нефтяной отрасли необходимо перейти к SE:

- » прежний опыт не работает;
- » необходим интегрированный инжиниринг;
- » отсутствует обобщение инженерных исследований.

Три составляющие Системного Инжиниринга



Философия — важный компонент инженерных знаний



Г. К. ЧЕСТЕРТОН О ФИЛОСОФИИ

«Нам важно знать все,
за исключением целого»

ИЗ ПРЕДИСЛОВИЯ К КНИГЕ «ЕРЕТИКИ» (1905 г.)

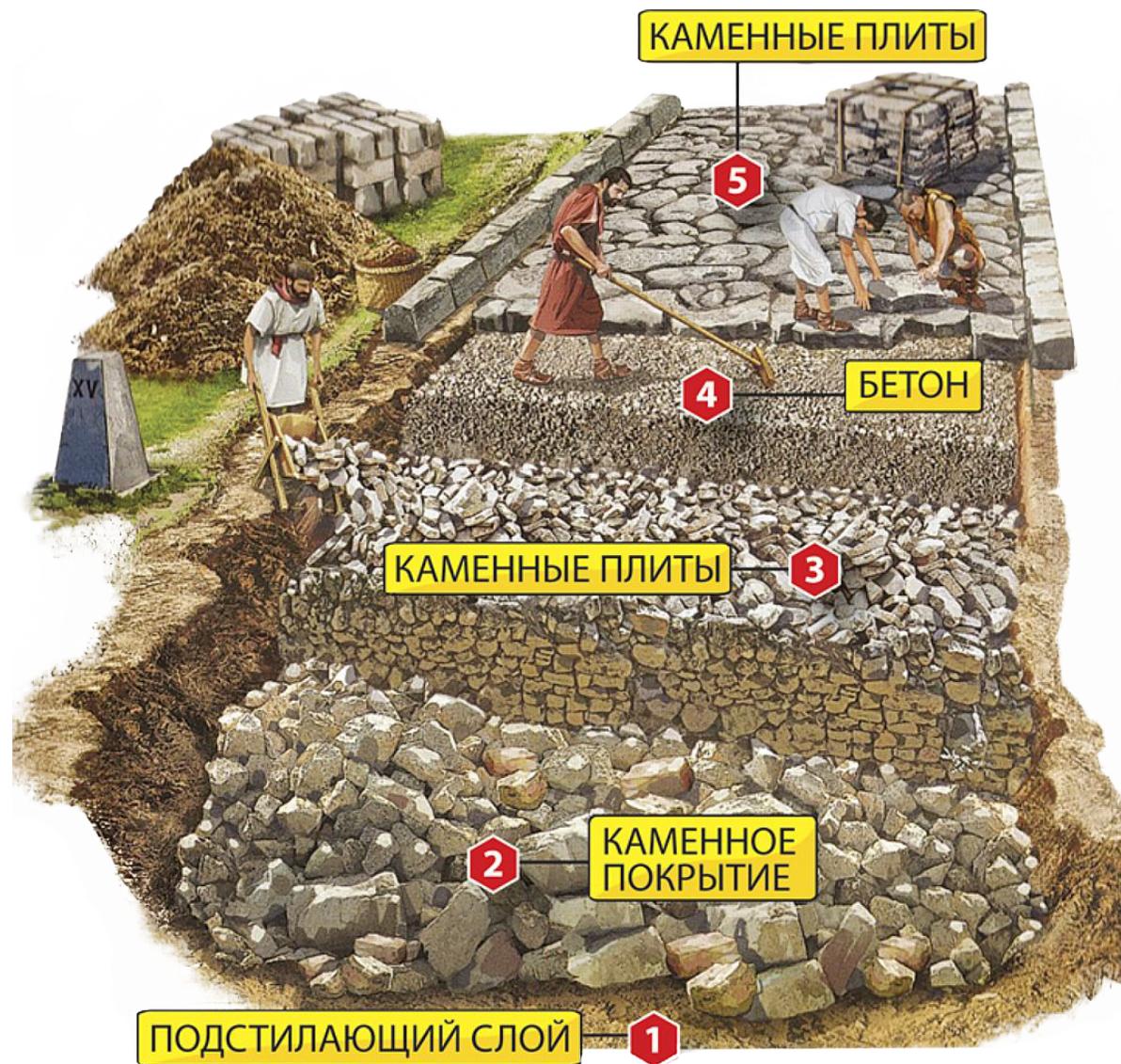
«даже с практической точки зрения самым важным для человека является его видение Вселенной..»

«Генералу перед боем важно знать, каковы силы противника, но еще важнее знать его философию»

- » Знание метафизики обеспечивает целостность, системность и глубину понимания при формировании личной инженерной философии специалиста



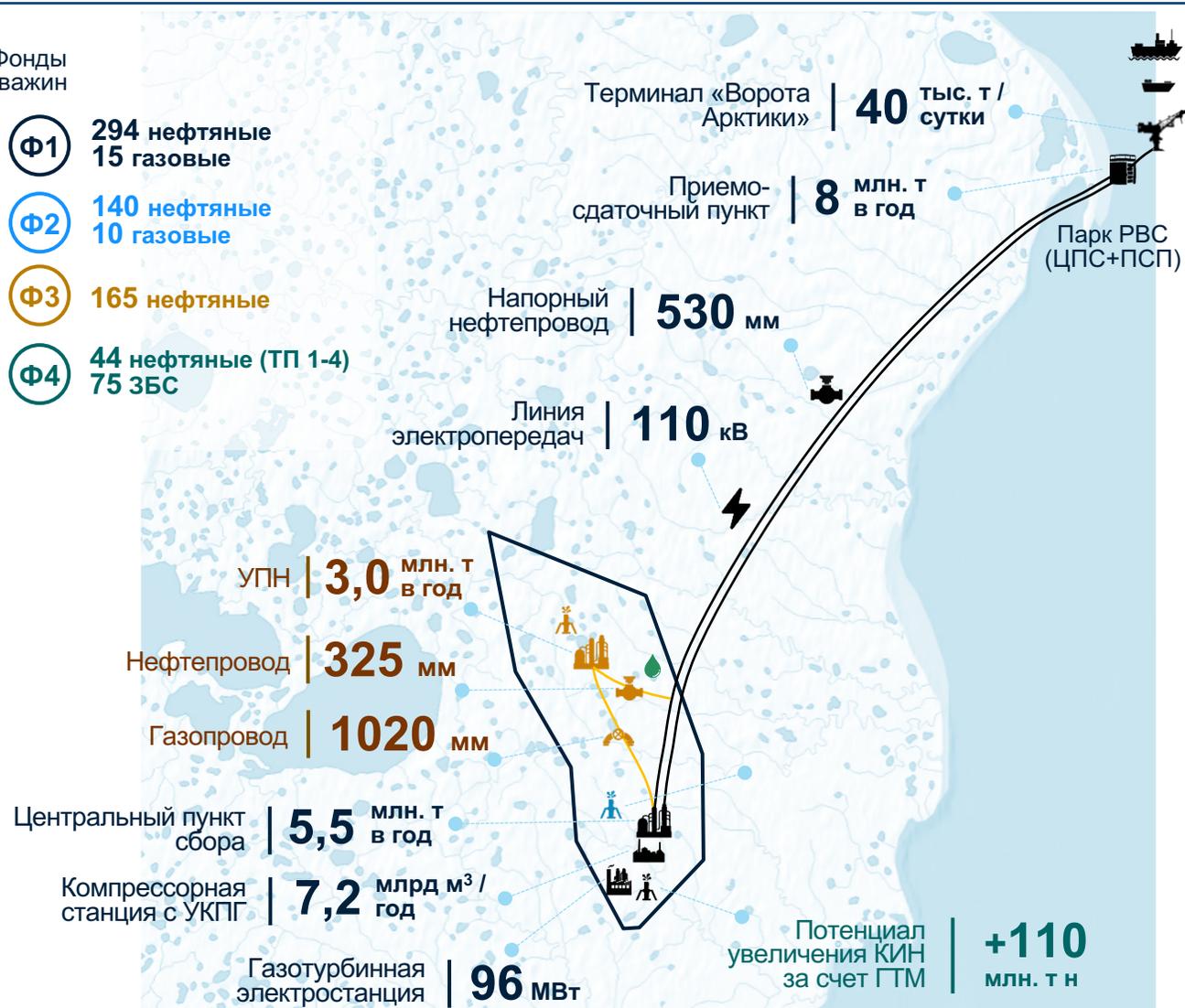
Технологии строительства дорог в Древнем Риме: недостижимый пока идеал



Системный инжиниринг на примере проекта «Новый Порт»

Фонды скважин

- Ф1 294 нефтяные
15 газовые
- Ф2 140 нефтяные
10 газовые
- Ф3 165 нефтяные
- Ф4 44 нефтяные (ТП 1-4)
75 ЗБС



485 млрд руб.
общий объем инвестиций в проект

105 км
общая длина нефтепровода

2 ледокола
арктического класса Arc 8

6 танкеров
арктического класса Arc 7

75
объектов инфраструктуры

104
завода

174
поставщика оборудования

39
подрядчиков

В месяц:

~3 300 строителей

~500 единиц техники

Радикальное усложнение бизнеса

РАНЬШЕ:

СЕЙЧАС:

КАЧЕСТВО ЗАПАСОВ



Высокопродуктивные мощные пласты



ТриЗ, нефтегазоконденсаты, оторочки

РАЗМЕРЫ ОТКРЫВАЕМЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ



Крупные



Мелкие

ИНФРАСТРУКТУРА



Освоенные регионы



Восточная сибирь, Арктика, шельф

ЦЕНА НЕФТИ



Эксклюзивный товар, высокие цены



Не эксклюзивный товар, низкий потолок цены

ЦЕЛИ



Распределение капитала, рост добычи



Радикальное повышение эффективности

Что может помочь:

КОГНИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

доступность датчиков и гаджетов

design chemistry

«умные» материалы

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

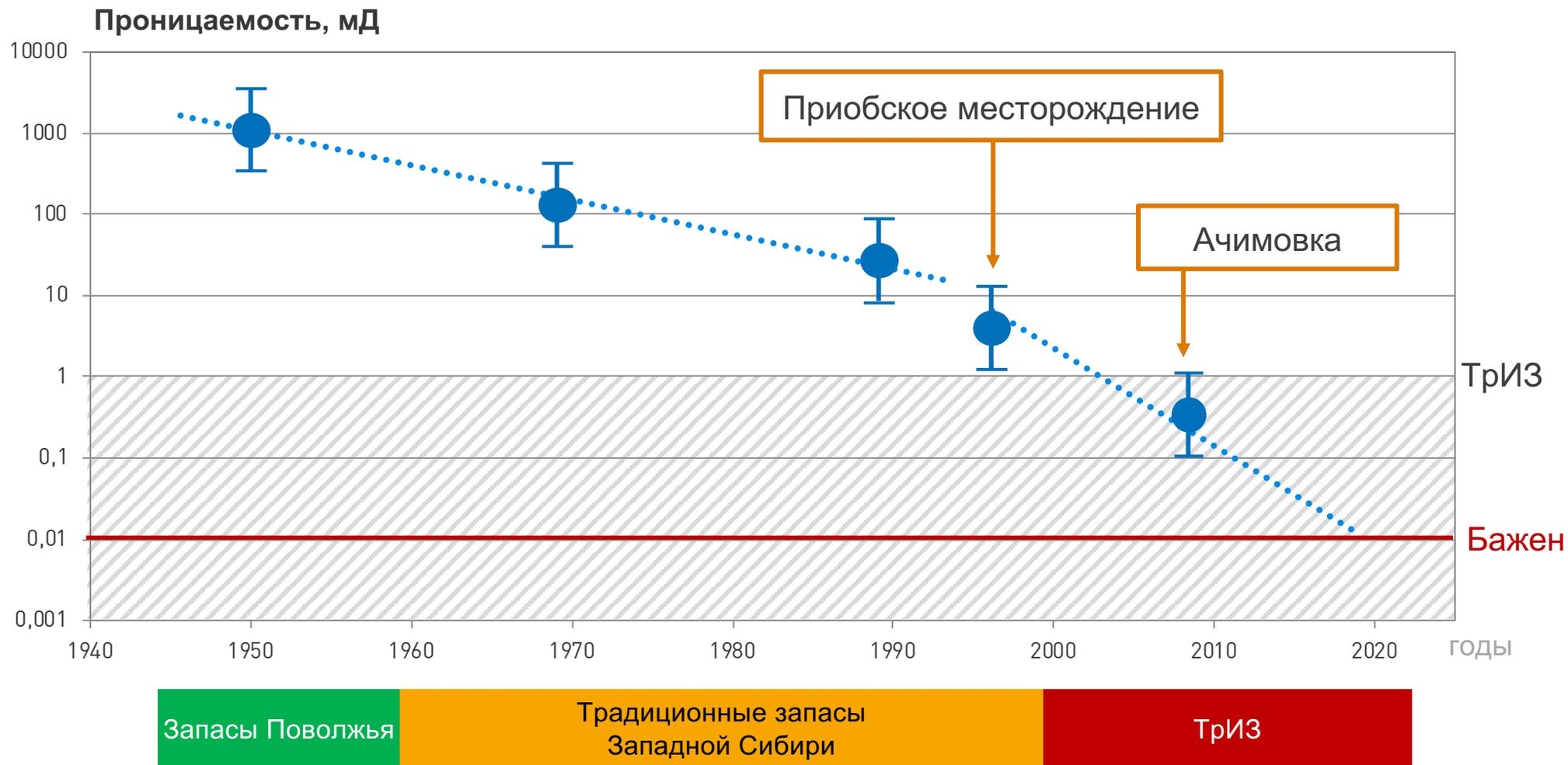
рост компьютерных мощностей

3D-печать

agile

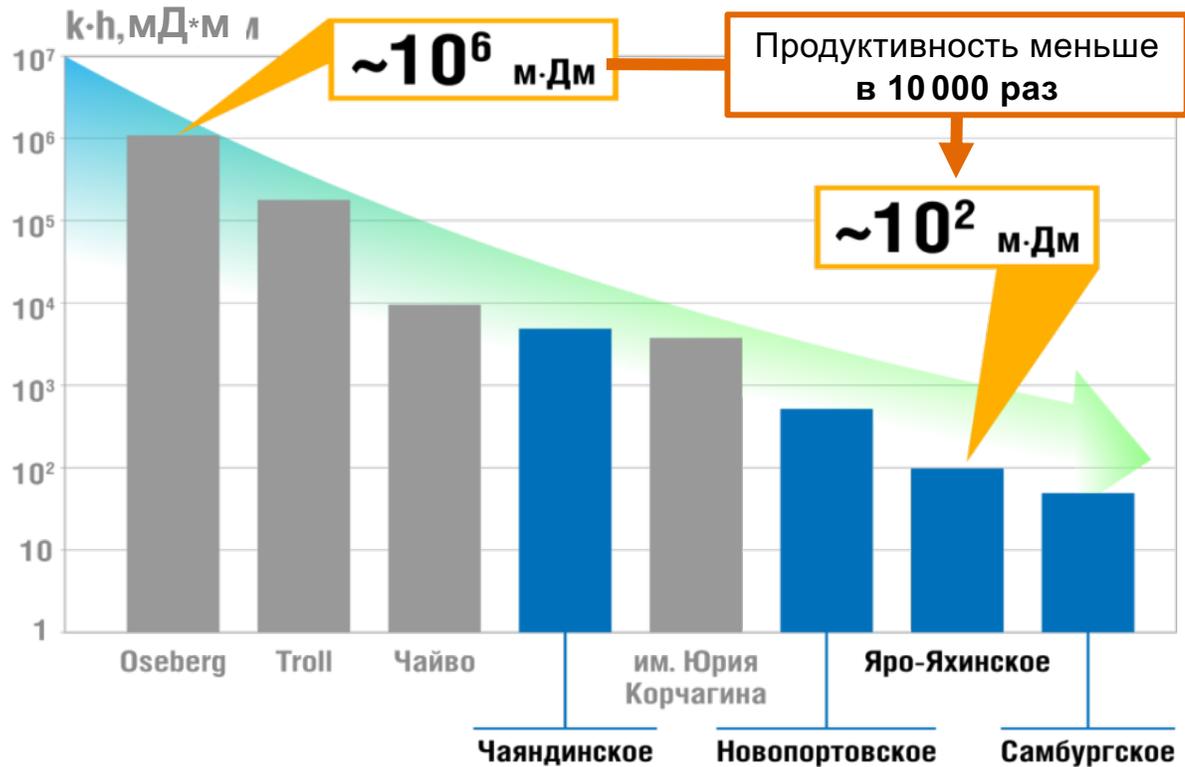
цифровизация

Уменьшение продуктивности пластов: стремительное приближение к сланцевому порогу



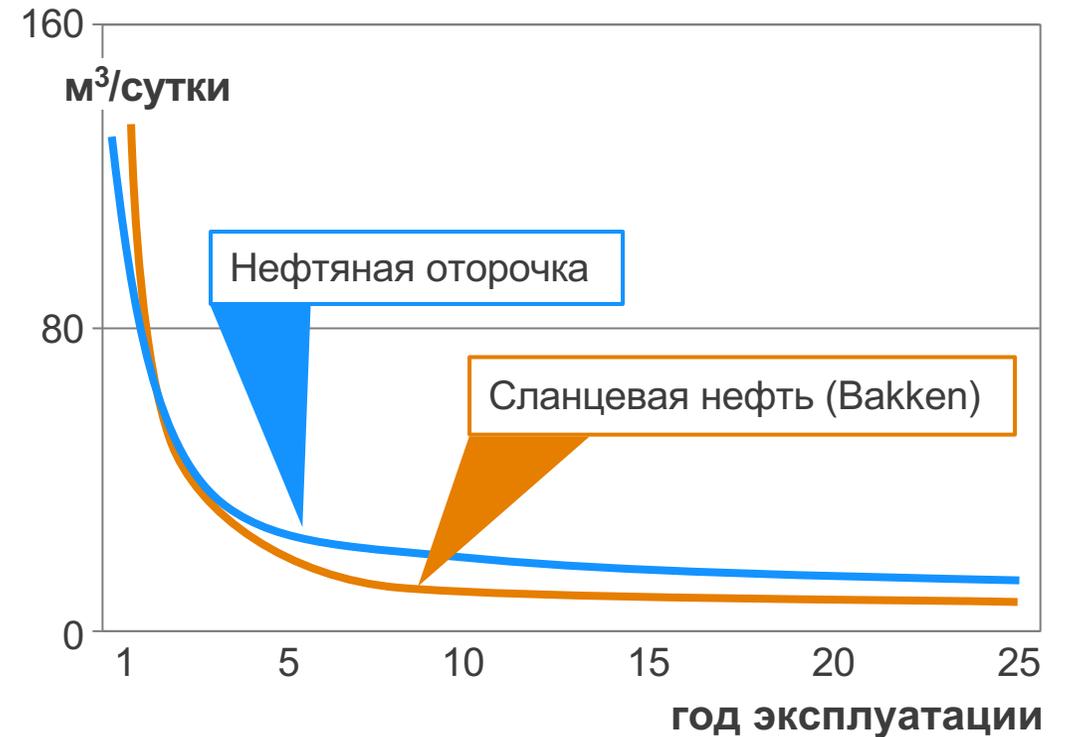
Нефтяные оторочки России — аналог сланцевой нефти

Сравнение продуктивности нефтяных оторочек разных месторождений



■ — месторождения ГК «Газпром»

Динамика дебита скважин



Новый мир требует новых компетенций

От мира S.P.O.D. к миру V.U.C.A.:

 **S**teady
УСТОЙЧИВЫЙ

 **P**redictable
ПРЕДСКАЗУЕМЫЙ

 **O**rdinary
ПРОСТОЙ

 **D**efinite
ОПРЕДЕЛЕННЫЙ

 **V**olatile
НЕСТАБИЛЬНЫЙ

 **U**ncertain
НЕЯСНЫЙ

 **C**omplex
СЛОЖНЫЙ

 **A**mbiguous
НЕОДНОЗНАЧНЫЙ

V.U.C.A.-ответ на V.U.C.A.-вызовы:

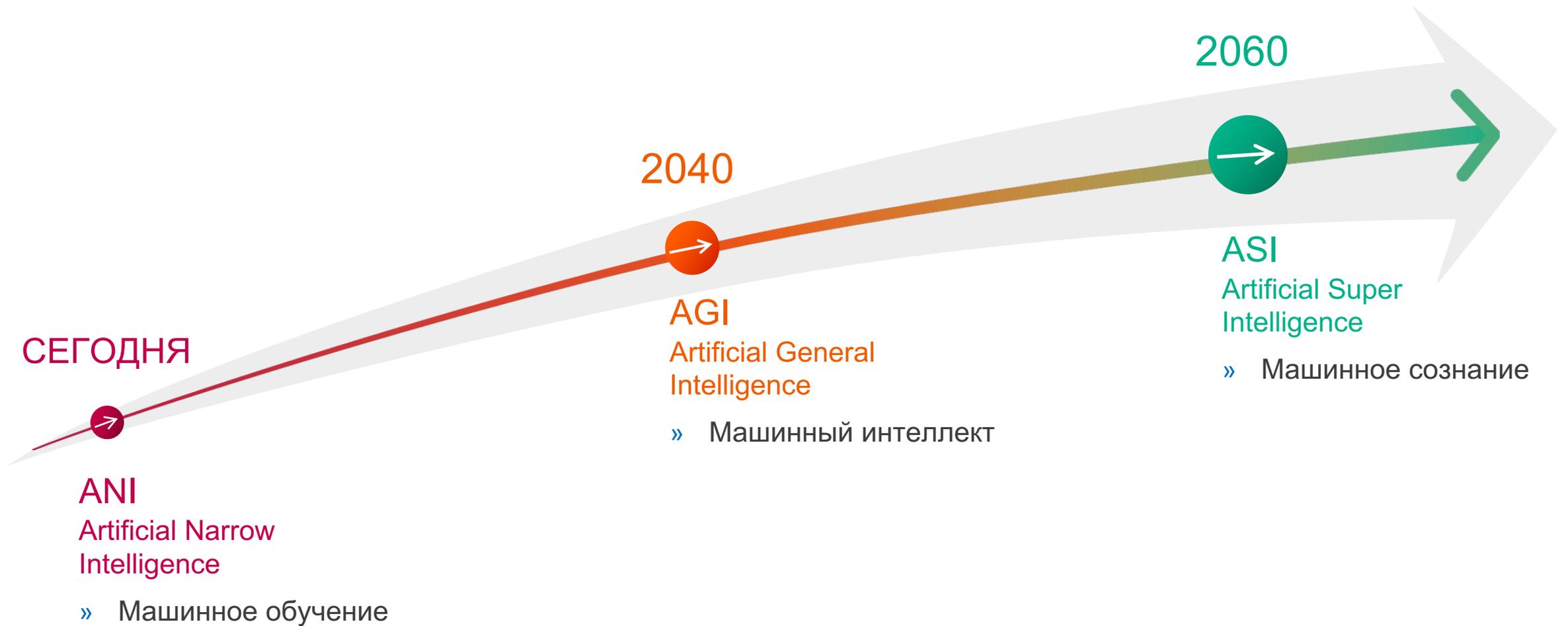
 **V**ision
ВИДЕНИЕ

 **U**nderstanding
ПОНИМАНИЕ

 **C**larity
ЯСНОСТЬ

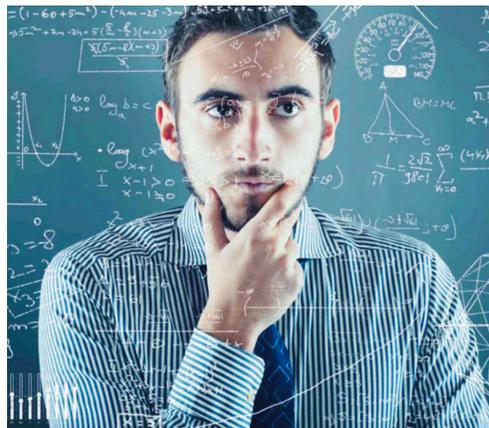
 **A**gility
СКОРОСТЬ

Материал для дискуссии: верите ли вы в этот прогноз*?

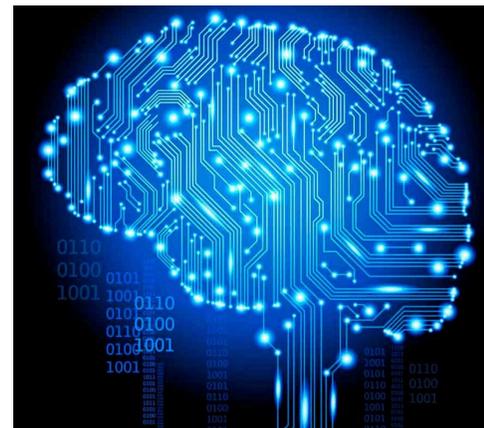


* материал взят с просторов интернета

СИЛЬНЫЕ СТОРОНЫ ЧЕЛОВЕКА И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА (ИИ)



- » Интуиция, воображение
- » Рассуждения
- » Обобщение и перенос знаний
- » Открытые (open-end) задачи
- » Целеполагание и планирование

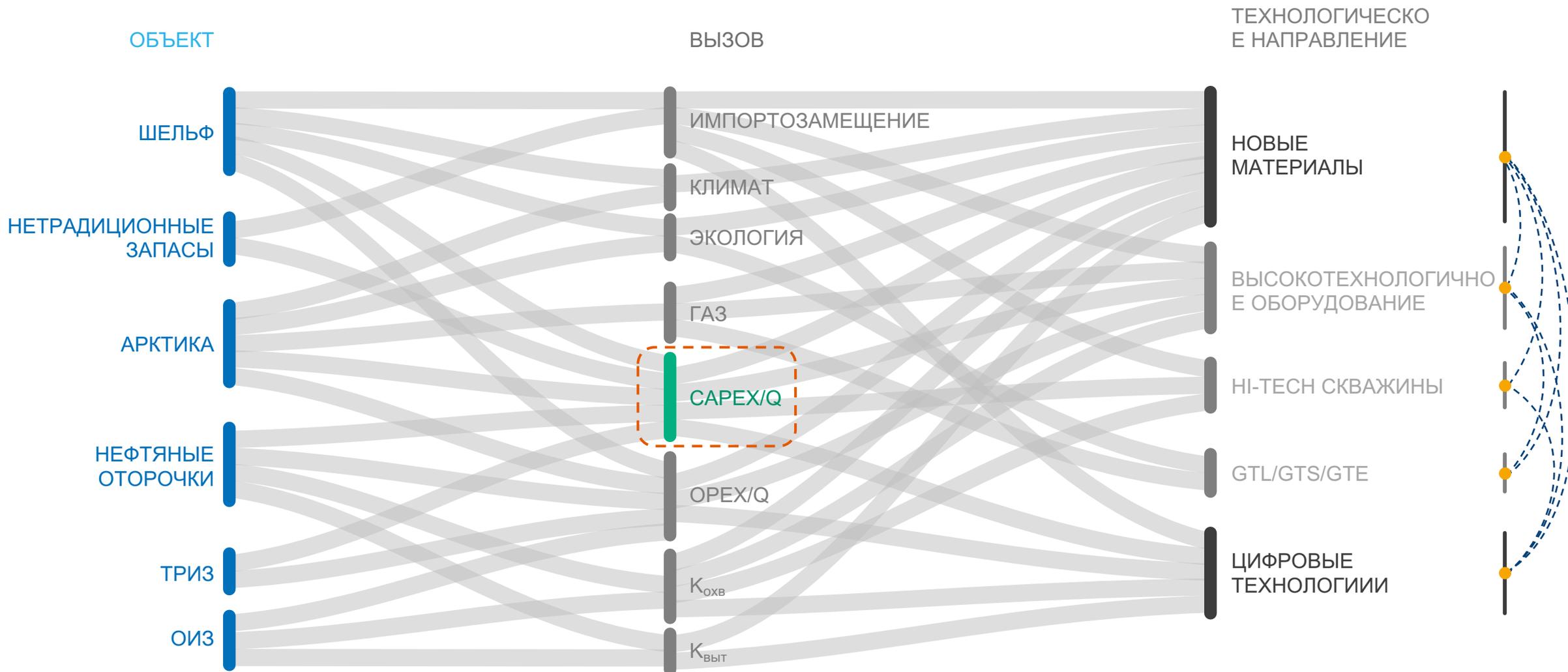


- » Скорость вычислений
- » Объем памяти
- » Выявление скрытых закономерностей
- » Оперативный процессинг
- » Первичная обработка сенсорных данных

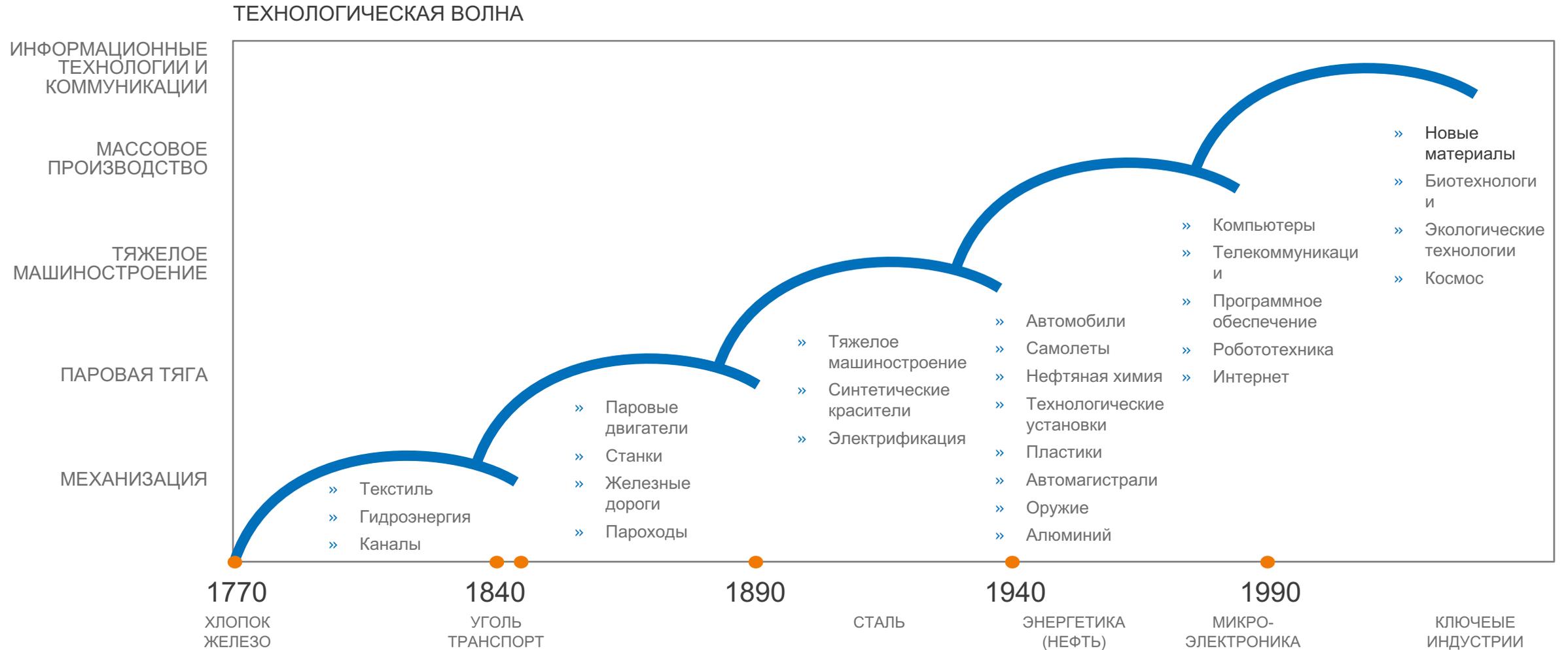
ВЕКТОР РАЗВИТИЯ ИИ В ОБОЗРИМОМ БУДУЩЕМ

- » Гибридные системы «Человек-Машина»
- » Компенсация слабостей человека машиной (Augmented Intelligence — Дополненный Разум)

Важнейшие направления развития технологий добычи



Технологические волны*



*Dodgson et al, "The Management of Technological Innovation", 2008

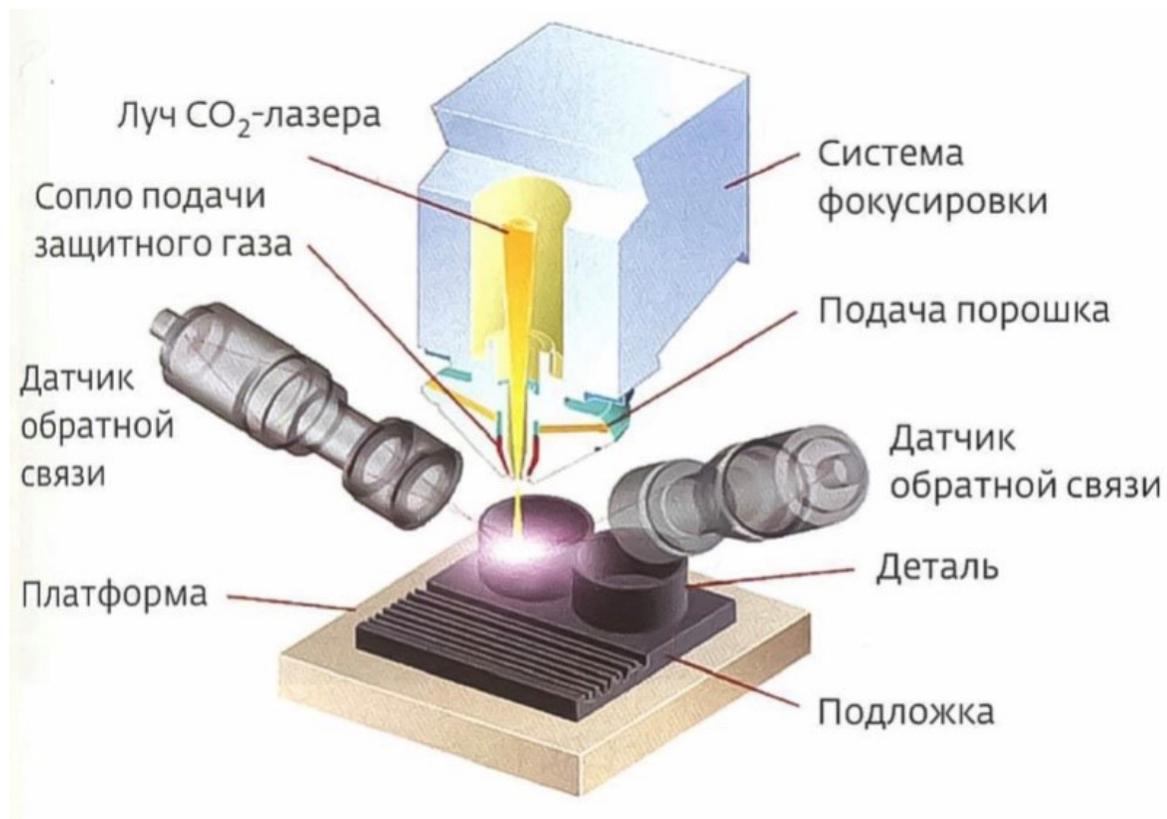
Три составляющие процесса создания новых материалов

Материалы проектируются «под заказ» мультидисциплинарной командой «Заказчик-Исполнители»

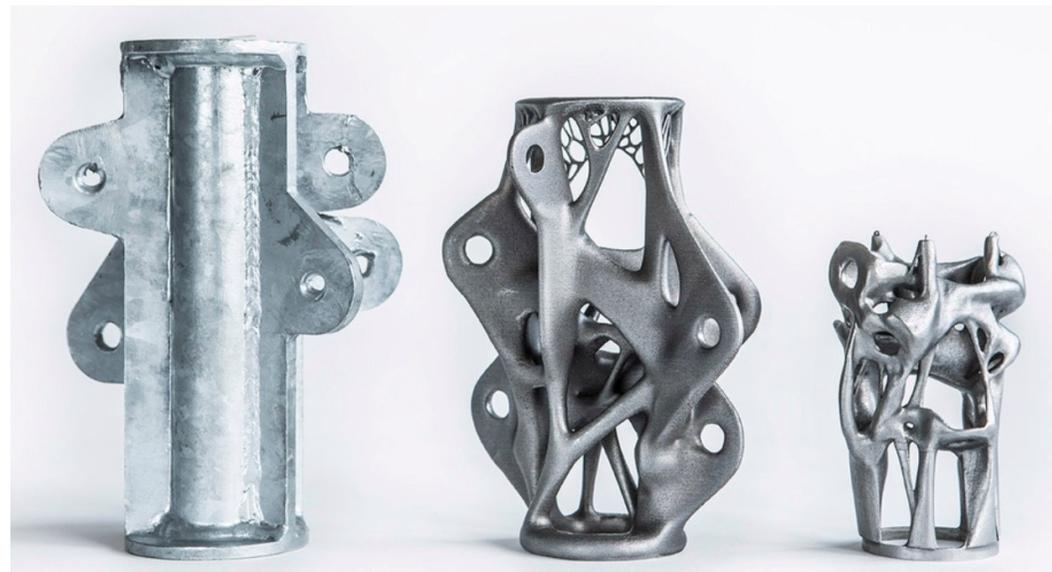


Новые материалы неразрывно связаны с аддитивными технологиями

Аддитивное производство (AM — Additive Manufacturing) или 3D-принтинг — это изготовление сложных деталей путем «выращивания» на основе 3D-модели



AM: Топологическая оптимизация на примере крепежного коллектора



- » Креативность, не ограниченная станком
- » Возможность создания гибких производств для высокотехнологичного оборудования
- » Прогноз на 2030 г.: 65% продукции в мире будет произведено с применением AM

Design Chemistry: создание материалов и веществ с заданными свойствами

Проектирование ПАВ для SP-заводнения

ЗАДАЧА

Спроектировать молекулу ПАВ для многофазной системы:
НЕФТЬ + ВОДНЫЙ СОЛЕВОЙ РАСТВОР + ПАВ

МОДЕЛЬ

Два уровня моделирования:

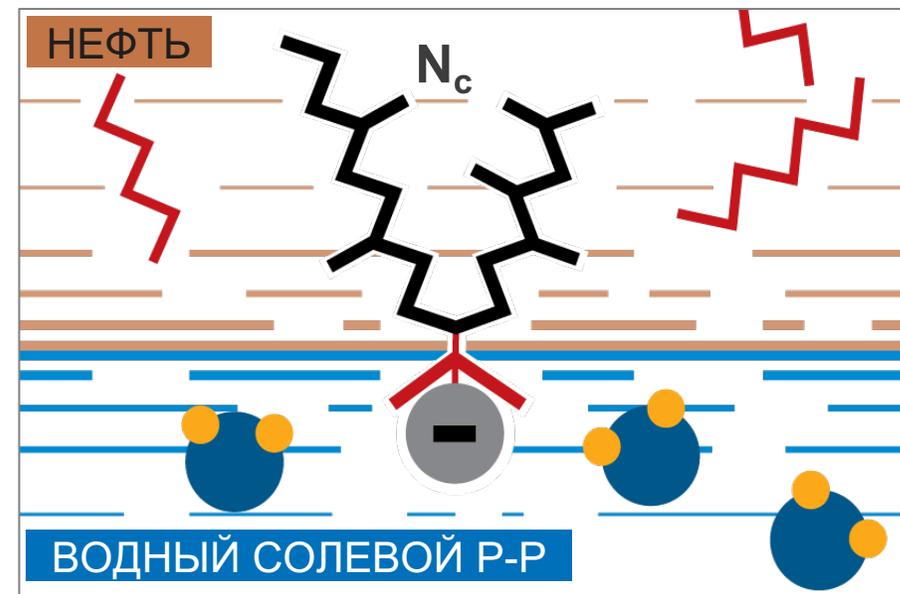
- » **ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ:** Метод линейной регрессии — создание молекул с заданными свойствами
- » **ПРОМЫШЛЕННЫЙ:** Создание смесевых ПАВ, поиск оптимальных смесей для конкретных пластовых условий

РЕШЕНИЕ

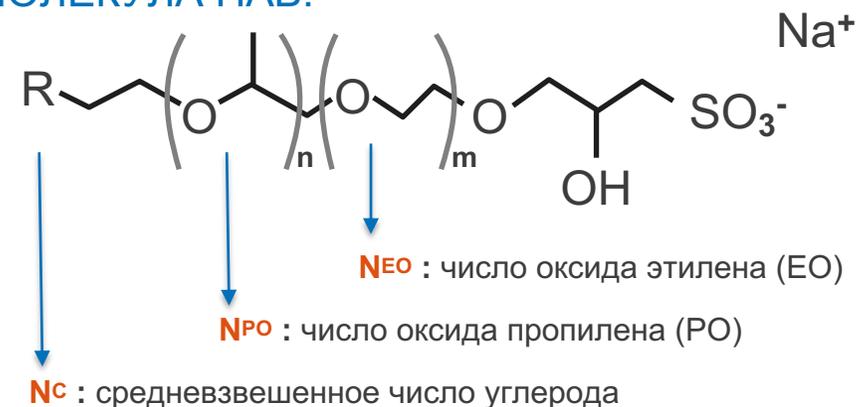
- » Полуэмпирическим методом найдена зависимость оптимальной солености пластовой воды в точке минимума межфазного натяжения (S^*) от температуры и средневзвешенных мольных чисел:

$$\ln(S^*) = f(T, N_{EO}, N_{PO}, N_C),$$

- » В рамках сотрудничества с ТюмГУ и НОРКЕМ:
 - За 2 года произведено 20 образцов ПАВ, из них выбрано 4 перспективных
 - Межфазное натяжение с нефтью снижается в 10^4 раз
 - КИН в лабораторных условиях 0,8 и выше



МОЛЕКУЛА ПАВ:



Успешный пример design chemistry: получение заменителя победита

ПРИМЕНЯЕМЫЕ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ В БУРЕНИИ СВЕРХТВЕРДЫЕ МАТЕРИАЛЫ



- » Высокая себестоимость: для синтеза необходимы давления $\sim 6 \cdot 10^4$ атм и температуры $\sim 1\,400^\circ\text{C}$
- » 100% импорт

КОМПЬЮТЕРНЫЙ ДИЗАЙН МАТЕРИАЛА ПО ЗАДАНЫМ СВОЙСТВАМ



в 1,5 раза
Y превосходит победит по твердости

- » Резец в сборе в **2+ раза дешевле**: синтез не требует высоких температур и давлений
- » Материал X по твердости незначительно уступает алмазной пластине (по расчетам)
- » Материал Y — потенциальная промышленная замена победита

ms²E — следующая ступень эволюции научного инжиниринга

Научный
инжиниринг

СИСТЕМНЫЙ ИНЖИНИРИНГ

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУКИ

КИБЕРНЕТИКА

СТОИМОСТНОЙ ИНЖИНИРИНГ

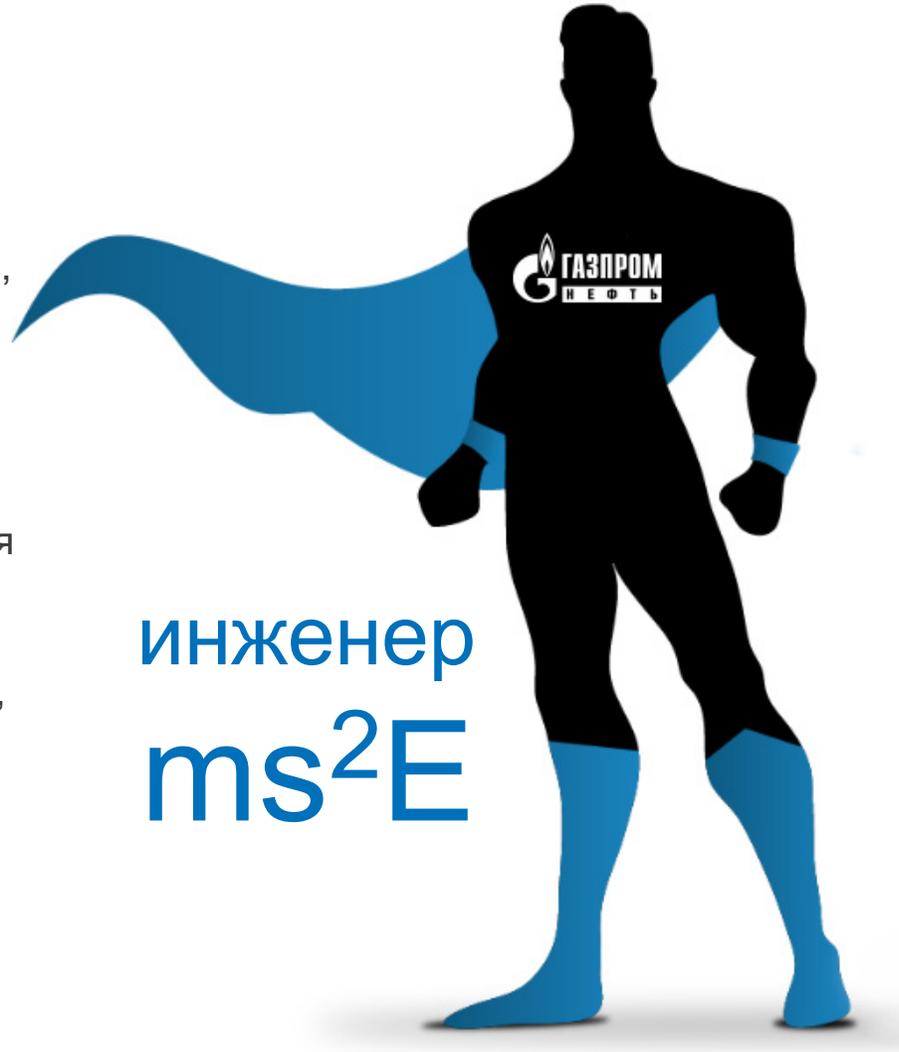
ms²E

multidisciplinary
system
sciencEngineering

Портрет инженера ms^2E

СПЕЦИАЛЬНЫЕ (ИНЖЕНЕРНЫЕ) НАВЫКИ

- » Интегрированный (системный) инжиниринг
- » Глубокое знание математики физики, химии, механики
- » Прикладная математика
- » Физико-химическая гидродинамика
- » Системный анализ, моделирование сложных систем, синергетика, теория самоорганизации
- » Теория операций, теория принятия решений, теория нечетких множеств, теория игр
- » Информационные технологии
- » Когнитивные технологии
- » Материаловедение
- » Проектное управление



ЛИЧНОСТНЫЕ (СОЦИАЛЬНЫЕ) НАВЫКИ

- » Проактивность
- » Пассионарность
- » Гибкость и инновационность
- » Командная работа
- » Умение искать информацию
- » Умение пользоваться ИТ в жизни и работе
- » Умение выстраивать приоритеты в ситуации многозадачность
- » Умение правильно распределять свое время
- » Приверженность ценностям и корпоративной культуре компании

Количество наших технологических партнеров непрерывно растет: 70% проектов мы реализуем в партнерствах. Приглашаем к плодотворному сотрудничеству!

