ИНТЕГРИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ РАЗРАБОТКОЙ ЦИФРОВОГО ПРОМЫСЛА. ВРЕМЯ СОЗДАВАТЬ БУДУЩЕЕ

Шпуров Игорь Викторович

Генеральный директор ФБУ «ГКЗ»
доктор технических наук, профессор

ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ СПРОСА НЕФТИ К 2050 ГОДУ КАК В РОССИИ, ТАК И В МИРЕ, ТЕКУЩИМИ РЕНТАБЕЛЬНЫМИ ПРОЕКТАМИ СОСТАВЛЯЕТ НЕ БОЛЕЕ 30%. ПОЭТОМУ НЕОБХОДИМО ВВОДИТЬ В РАЗРАБОТКУ НОВЫЕ РЕНТАБЕЛЬНЫЕЗАПАСЫ ЗА СЧЕТ ВОВЛЕЧЕНИЯ ТРИЗ И НЕРЕНТАБЕЛЬНЫХ ЗАПАСОВ, А ТАКЖЕ ПРОВОДИТЬ ГРР НА ПОИСК ПОТЕНЦИАЛЬНО РЕНТАБЕЛЬНЫХ ЗАПАСОВ

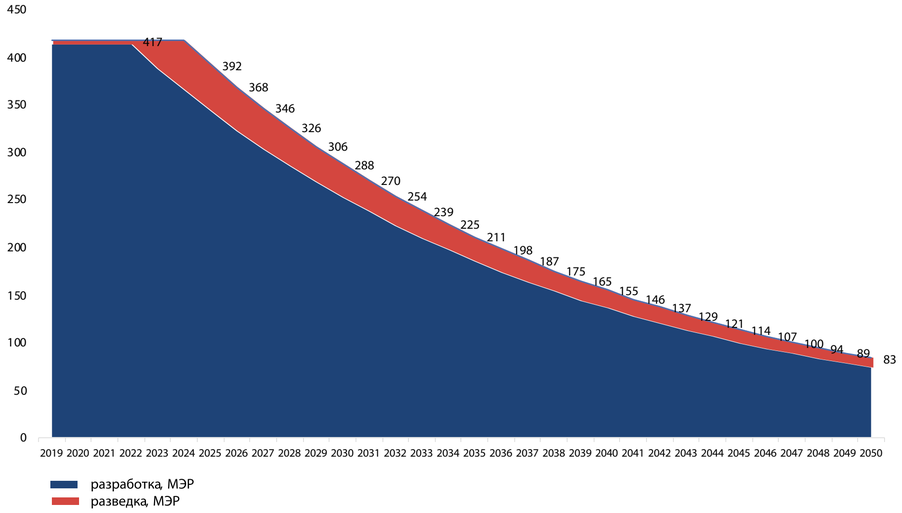
РОССИЯ

Характеристики запасов нефти в РФ в различных экономических условиях

ВАРИАНТЫ	ФОНД СКВАЖИН ДЛЯ БУРЕНИЯ, %	ОБЪЕМ ЗАПАСОВ, ВОВЛЕКАЕМЫХ В РАЗРАБОТКУ (АВ1В2С1С2), МЛРД.Т
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ ВОЗМОЖНЫЙ	100	28,9
ЭКОНОМИЧЕСКИ ДОПУСТИМЫЙ (СЦЕНАРИЙ ВМР)	65,2	18,3
ЭКОНОМИЧЕСКИ ДОПУСТИМЫЙ (СЦЕНАРИЙ МЭР)	36,5	8,6

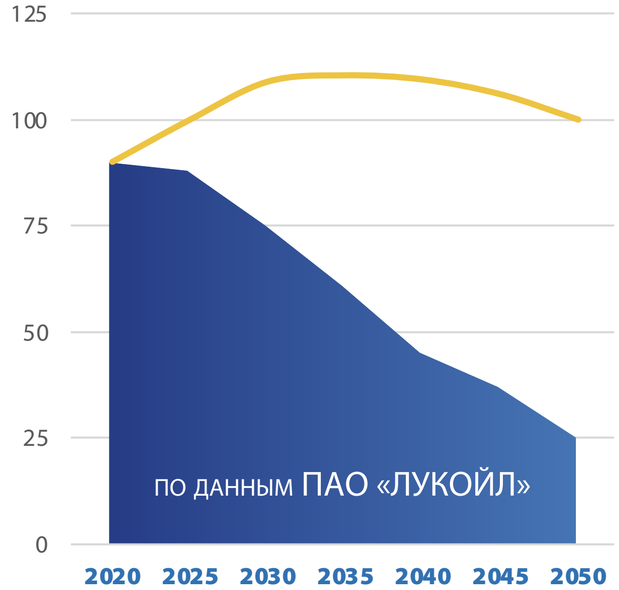
РОССИЯ при экономически допустимом сценарии

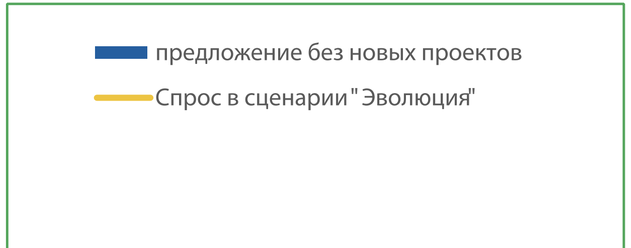
Прогноз возможности поддержания текущего уровня рентабельной добычи до 2050 года



МИР

Спрос и предложение жидких углеводородов (без новых проектов) млн.барр/сут





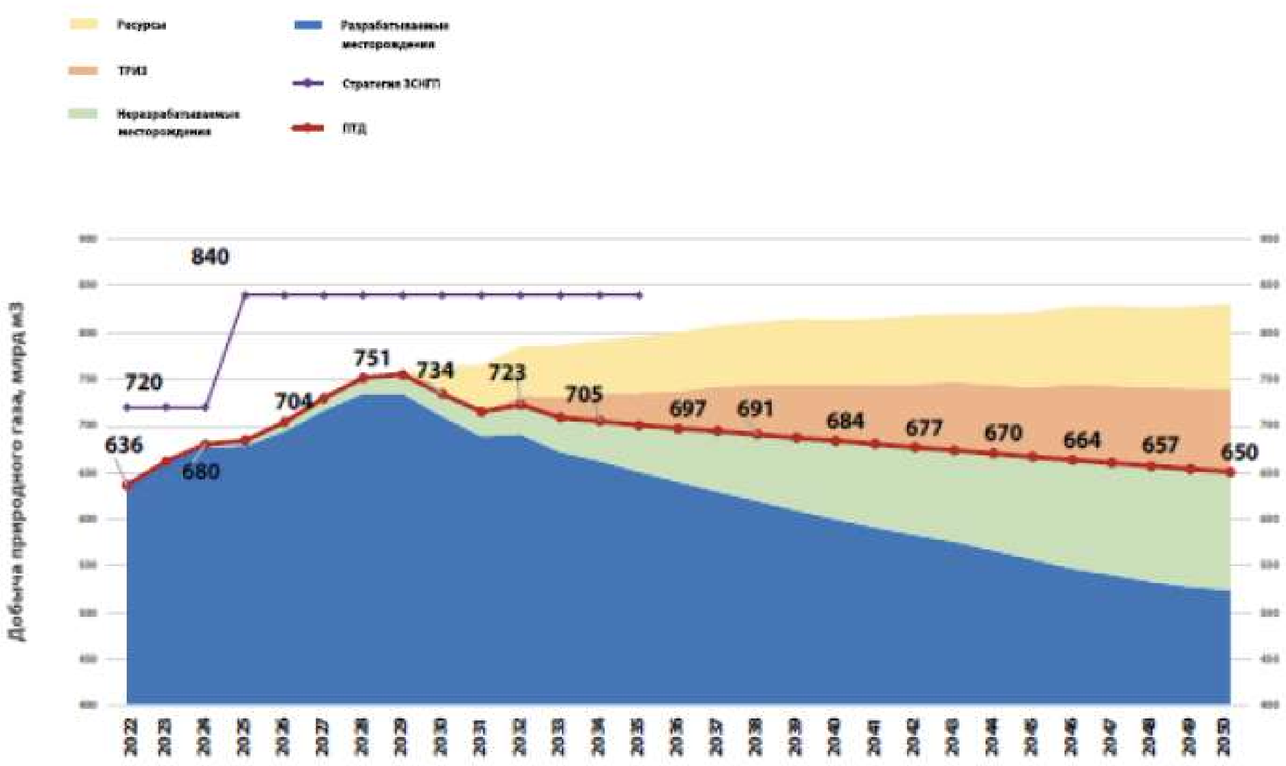
ВВОД НОВЫХ ЗАПАСОВ ДОЛЖНЫ ОБЕСПЕЧИТЬ ЭФФЕКТИВНЫЕ ГРР, РАЗРАБОТКУ ТРИЗ – СОЗДАНИЕ И ВНЕДРЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Для обеспечения запланированных в Энергостратегии РФ уровней добычи нефти необходимо обеспечить прирост рентабельных запасов ТРИЗ +7млрд т и новых рентабельных запасов за счет ГРР +4 млрд т

ПЕРСПЕКТИВЫ ДОСТИЖЕНИЯ ЗАПЛАНИРОВАННЫХ ОБЪЕМОВ ГАЗА СВЯЗАНЫ С РАБОТОЙ ГОСУДАРСТВА ПО СОЗДАНИЮ УСЛОВИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕНТАБЕЛЬНОЙ ДОБЫЧИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЗАПАСОВ И ПОИСКУ НОВЫХ РЕНТАБЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

ЗАПАСЫ СВОБОДНОГО ГАЗА РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Нефтегазоносный комплекс	Извлекаемые технологические, млрд м3		Извлекаемые рентабельные, млрд м3		Накопленная добыча, млрд м3
	кат. AB_1	кат. B_2	кат. AB_1	кат. B_2	
	текущие	текущие	текущие	текущие	
Надсеноманский	1 076	245	887	163	12
Сеноман	4 747	164	3 346	75	17343
Неосложненный неоком	3 332	510	1 787	270	2384
Ачимовские	2 602	1 243	2 082	818	328
Верхняя юра	129	12	119	6	41
Средняя юра	132	862	55	587	0,2
Нижняя юра	10		10		0,04
Доюрский	30	2	30	2	1,5
ИТОГО	12 057	3 037	8 315	1 920	20109



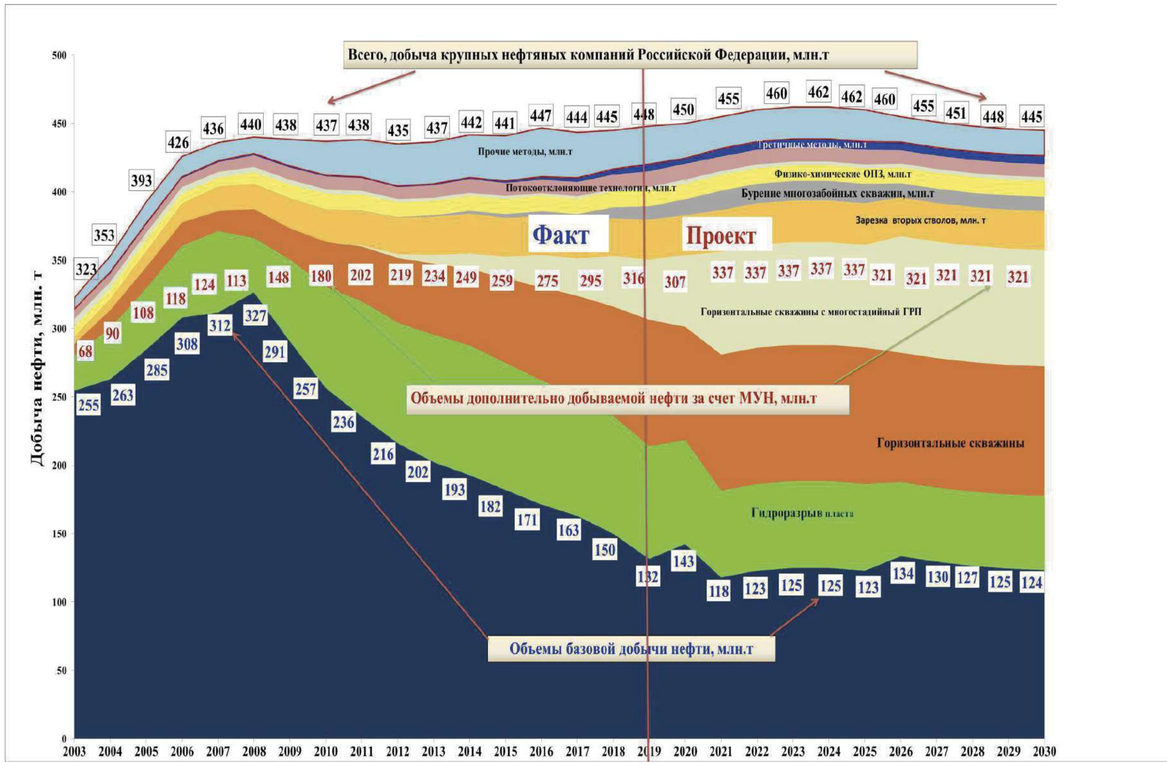
ВЫРАБОТКА РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СОСТАВЛЯЕТ 70%
ВСЕГО ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ЗАПАСАМИ ГАЗА 107 ЛЕТ, В Т.Ч. ПО РАЗРАБАТЫВАЕМЫМ МЕСТОРОЖДЕНИЯМ – 54 ГОДА, В Т.Ч. ПО СЕНОМАНСКОМУ ГОРИЗОНТУ 13 ЛЕТ.
НЕОБХОДИМО ВОВЛЕЧЕНИЕ В РАЗРАБОТКУ 11ТРЛН М3 ТРИЗ 5 ТРЛН М3 НОВЫХ РЕНТАБЕЛЬНЫХ ЗАПАСОВ ЗА СЧЕТ ГРР

ПОДДЕРЖАНИЕ СТАБИЛЬНОЙ ДОБЫЧИ НЕФТИ ПРОИСХОДИТ ЗА СЧЕТ МАСШТАБИРОВАНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ГЕОЛОГОРАЗВЕДКЕ И ДОБЫЧЕ НЕФТИ ИЗ ПОТЕНЦИАЛЬНО ЛЬГОТИРУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ

НАЛОГОВОЕ СТИМУЛИРОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ ТРИЗ ПОЗВОЛИЛО УВЕЛИЧИТЬ ДОЛЮ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СУММАРНОЙ ДОБЫЧЕ НЕФТИ С 35% (2009Г.) ДО 65% (2019Г.)

ОСВОЕНИЕ ЗАПАСОВ ТРАДИЦИОННЫХ ТРИЗ ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ В РАМКАХ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРАКТИК ИХ СТИМУЛИРОВАНИЯ

ДИНАМИКА ДОБЫЧИ ТРИЗ В РОССИИ С 2012 ПО 2022 ГОД



ПРОЧИЕ МЕТОДЫ, ГТМ, МЛН Т
ТРЕТИЧНЫЕ МЕТОДЫ МУН, МЛН Т
НЕСТАЦИОНАРНОЕ ЗАВОДНЕНИЕ
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОПЗ
БУРЕНИЕ МНОГОЗАБОЙНЫХ СКВАЖЕН, МЛН Т
ЗАРЕЗКА ВТОРЫХ СТВОЛОВ, МЛН Т
ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ СКВАЖЕНЫ С МНОГОСТАДИЙНЫМ ГРП, МЛН Т
ПОТОКООТТАЛКИВАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ
ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ СКВАЖЕНЫ, МЛН Т
ГИДРОРАЗРЫВ ПЛАСТА, МЛН Т
БАЗОВАЯ ДОБЫЧА НЕФТИ, МЛН Т

ЦИФРОВОЙ ПРОМЫСЕЛ, УПРАВЛЯЕМЫЙ ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ – НОВАЯ ПАРАДИГМА НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ

Основные задачи цифровой трансформации нефтяного промысла: создание инструментов проактивного управления производственными процессами, благодаря возможностям математического моделирования и нейросетевых технологий в единой цифровой среде в целях оптимизации процессов от пласта до переработки и реализации продукции.

БЕСШОВНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ ВСЕХ СИСТЕМ

- Возможность интеграции с любыми системами-источниками данных
- Информационная безопасность любого уровня сложности
- Интеграция с ERP/ТОиР системами заказчика (1С, SAP и др.)

ЕДИНАЯ БИБЛИОТЕКА ДАННЫХ

- Единая эко-система данных от геологии до реализации продукции
- Интерактивное GIS картирование проектной, рабочей и
- исполнительной документации, паспортов оборудования

АВТОМАТИЗАЦИЯ РУТИННЫХ ОПЕРАЦИЙ

- Подготовка планов добычи
- Учет добычи, потерь добычи, выбросов загрязняющих веществ
- Подготовка отчетов, актов, любой другой нормативной документации

УПРАВЛЕНИЕ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Вариативные сценарии подготовки ГТМ
- Возможность проверить производственный сценарий до его фактического наступления
- Управление заводнением, прогноз отказов насосного оборудования

СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ

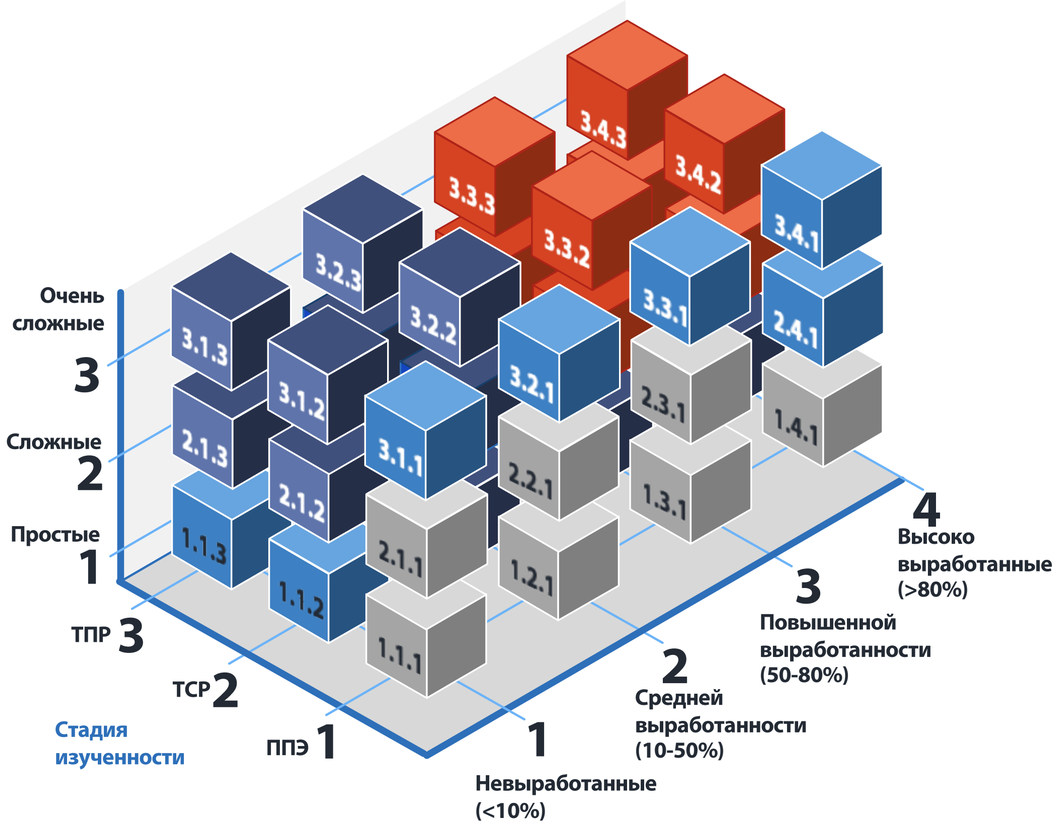
- Улучшение «прозрачности» бизнес-процессов для руководства компании
- Повышение эффективности труда

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УЧЕТА РЕСУРСА ОБОРУДОВАНИЯ

- Заблаговременное планирование ремонтов
- Оптимизация планирования закупок и запасных частей

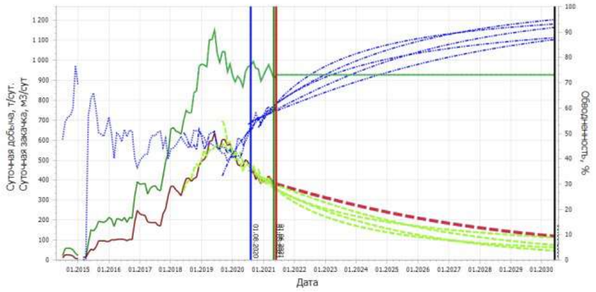
Важнейшей основой создания эффективного и экологичного цифрового промысла является исследование МБУ для обеспечения постоянного и достоверного потока информации о работе всей системы

ПРОЦЕСС УПРАВЛЕНИЯ РАЗРАБОТКОЙ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТРЕБУЕТ КАРДИНАЛЬНУЮ ТРАНСФОРМАЦИЮ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ЭТОГО ИНСТРУМЕНТОВ, В Т.Ч. ПОДГОТОВКИ РЕГЛАМЕНТА ИНТЕГРИРОВАННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ, ВКЛЮЧАЮЩЕГО ВСЕ ЭЛЕМЕНТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ДОБЫЧИ, ОТ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ ДО ОБУСТРОЙСТВА МЕСТОРОЖДЕНИЙ

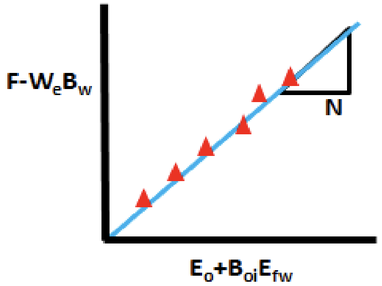


1D модели, метод аналогии
2D модели
3D модели
Гибридные модели (AI+3D ГДМ)

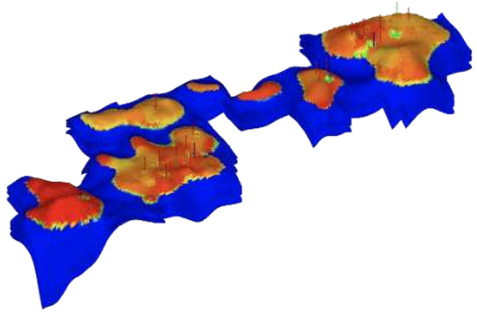
Кривые падения



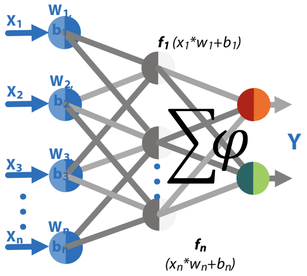
Материальный баланс



3D ГДМ

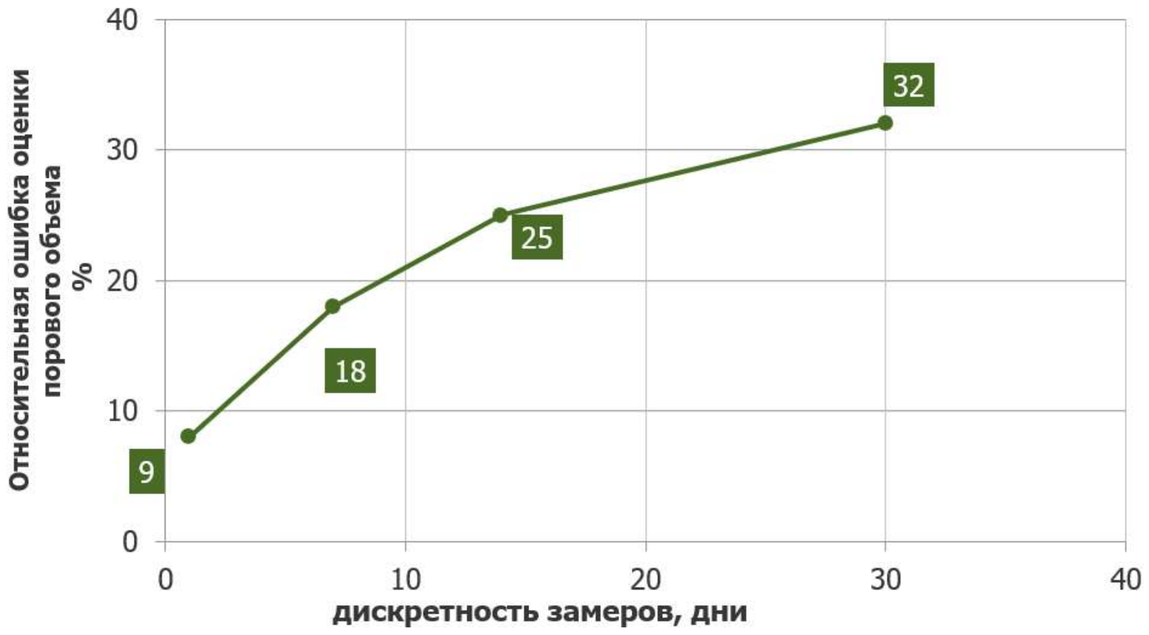


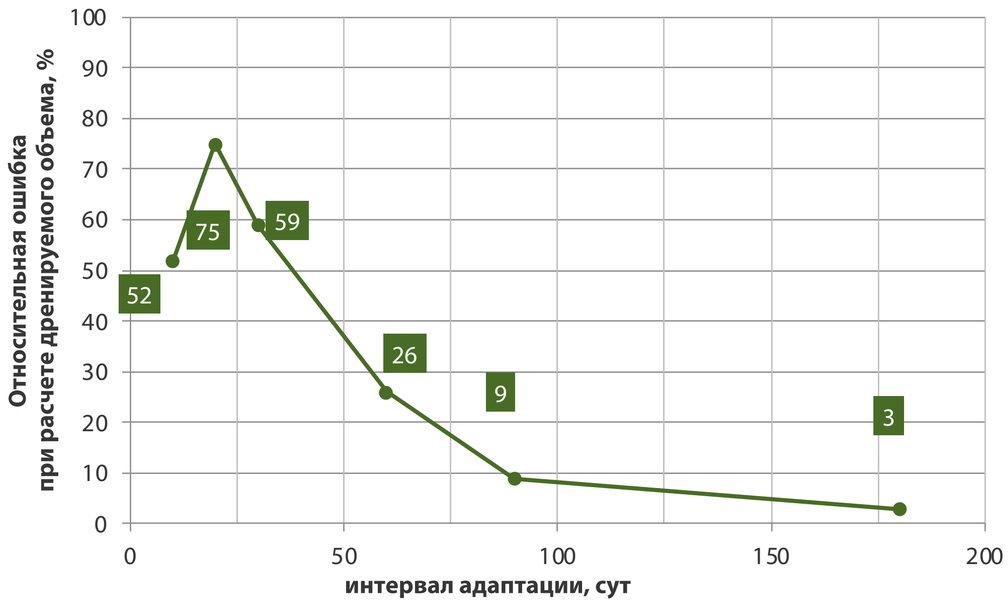
Нейронная сеть



ДЛЯ КАЖДОГО ИНСТРУМЕНТА СВОИ ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ И ОБЬЕМУ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ

ЗАДАЧИ РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ТРИЗ ОПРЕДЕЛЯЮТ ПОВЫШЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТОЧНОСТИ И ДИСКРЕТНОСТИ ПРОМЫСЛОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



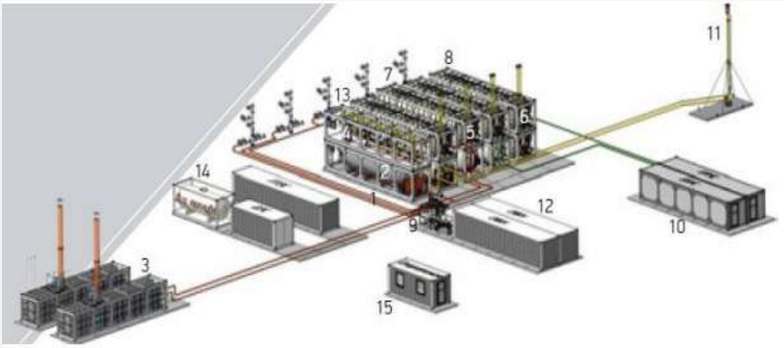


Осреднение добычи приводит к невозможности выделения линейных участков (замкнутых режимов) для методик материального баланса и деклайн анализа, что приводит к существенному росту погрешности.

Проведенные многовариантные расчеты показывают, что минимальное время для адаптации прокси-моделей составляет – 90 дней.

БЛОК 1.
УПРАВЛЕНИЕ РАЗРАБОТКОЙ НИЗКОПРОНИЦАЕМЫХ КОЛЛЕКТОРОВ И СОЗДАНИЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА СТАДИИ ППЭ

ПЕРЕДВИЖНАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА

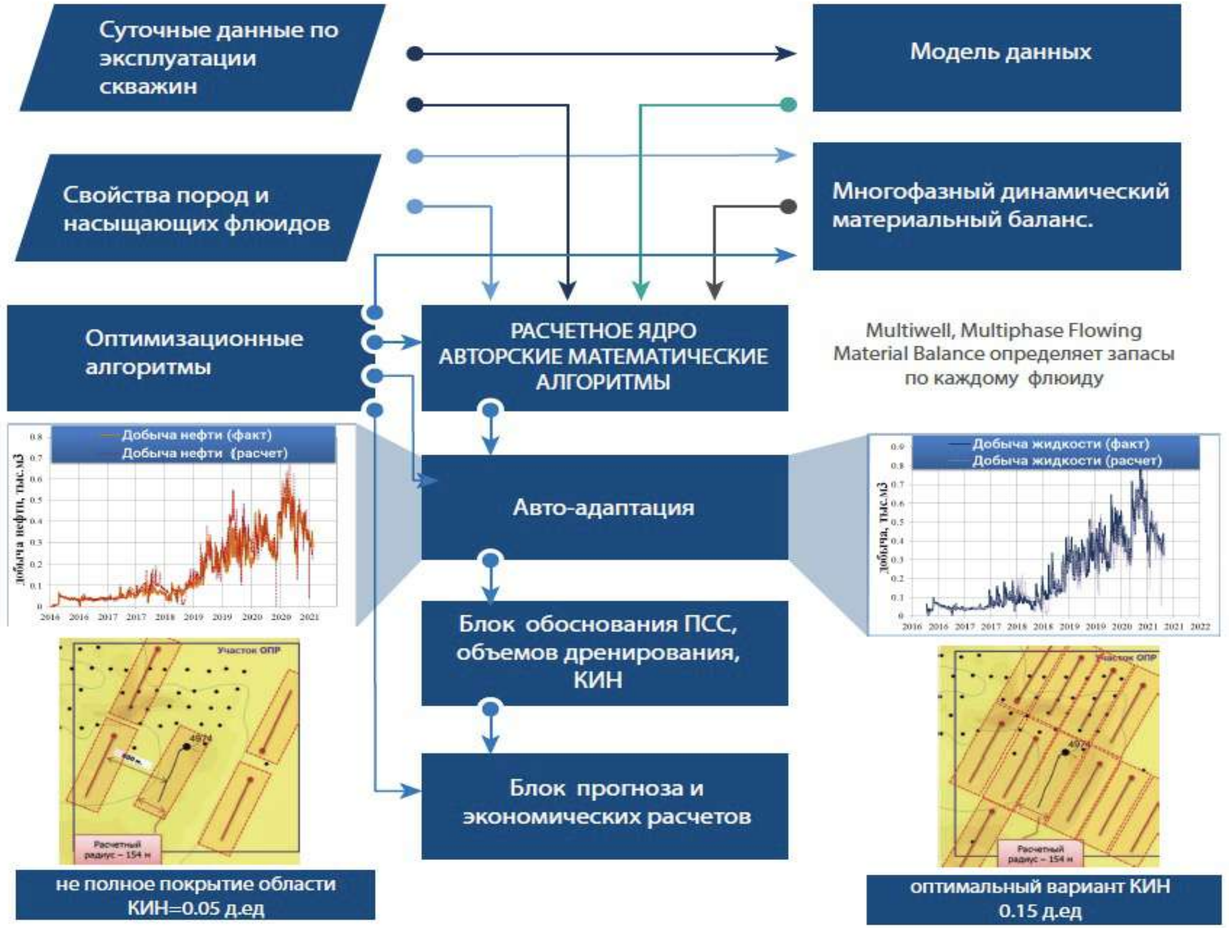


ГЛУБИННЫЕ МАНОМЕТРЫ

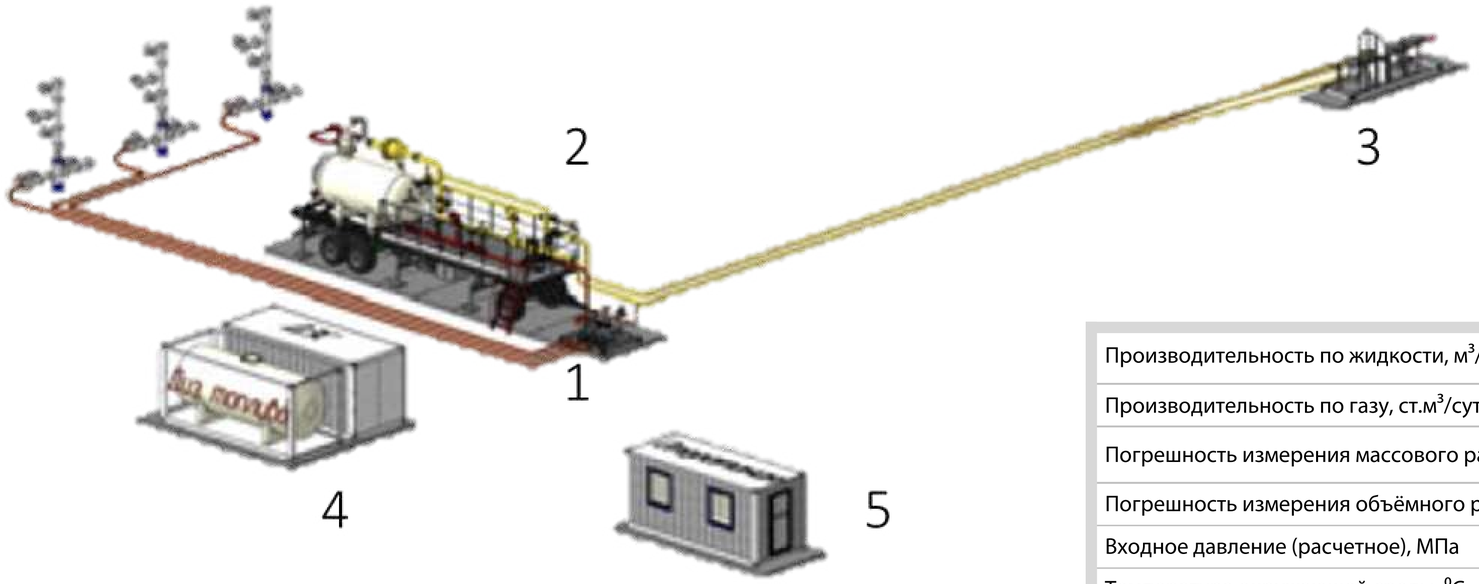
РЕЗУЛЬТАТ

- Оптимальная система разработки
- Создание и адаптация новых технологических решений под данное месторождение
- Точное прогнозирование уровней добычи УВ

МЕТОДИКА ПРОКСИ-МОДЕЛИРОВАНИЯ



СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА РАЗРАБОТКИ ТРИЗ ДОЛЖНЫ ПРЕДШЕСТВОВАТЬ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА СТАДИИ ППЭ, ОБЕСПЕЧЕННЫЕ ПРИНЦИПИАЛЬНО НОВЫМ ВИДОМ МОБИЛЬНЫХ УСТАНОВОК ОБУСТРОЙСТВА МЕСТОРОЖДЕНИЙ, ОСНАЩЕННЫХ СПЕЦИАЛЬНОЙ ПРИБОРНОЙ БАЗОЙ, КОТОРЫЕ ДОЛЖНЫ СТАТЬ ОСНОВНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ ПРОМЫСЛОВОГО ОБУСТРОЙСТВА НА СТАДИИ ППЭ. ТАКОЕ ЖЕ УСЛОВИЕ ДОЛЖНО БЫТЬ ВНЕСЕНО В ПРАВИЛА РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УВС И ПРАВИЛА РАЗРАБОТКИ ТРИЗ



Состав оборудования:

- Блок манифольда (1);
- Нефтегазовый или трехфазный сепаратор (2);
- Горизонтальная или вертикальная ФУ (3);
- Дизель-электростанция (4);
- Блок операторной (5);

Производительность по жидкости, $м^3$/сут	до **500** (и более по требованию заказчика)
Производительность по газу, ст.$м^3$/сут	до **250 000** (и более)
Погрешность измерения массового расхода жидкости	точность замера ± 2,5 % масс.
Погрешность измерения объёмного расхода газа	точность замера ± 5%
Входное давление (расчетное), МПа	1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10,0; 16,0
Температура окружающей среды, ^{0}C	от -60 до +50

ЗАМЕРЫ ДЕБИТОВ НЕФТИ ВОДЫ И ГАЗА ПО ОТДЕЛЬНОЙ СКВАЖИНЕ НА СЕПАРАЦИОННОЙ УСТАНОВКЕ **БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ АГЗУ**

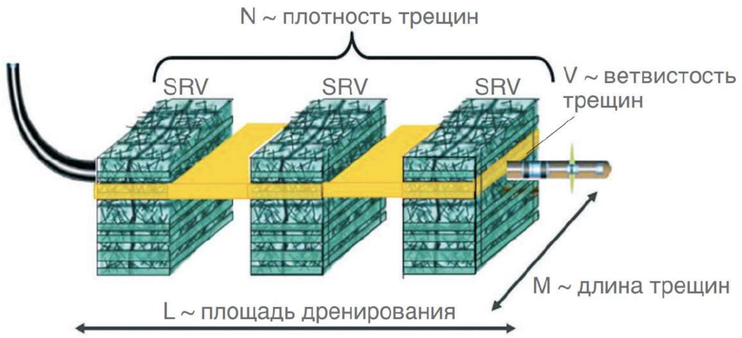
ВОЗМОЖНОСТЬ **ОПЕРАТИВНО ИЗМЕНЯТЬ КОНФИГУРАЦИЮ** В СЛУЧАЕ УВЕЛИЧЕНИЯ/УМЕНЬШЕНИЯ ФАКТИЧЕСКОЙ ДОБЫЧИ

ЧАСТОТА ЗАМЕРОВ ДЕБИТОВ – **НЕПРЕРЫВНЫЕ** (1минута/час) ЗАМЕРЫ В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ РЕЖИМЕ

ВЫСОКАЯ ТОЧНОСТЬ: ПО ЖИДКОСТИ **2.5%**, ПО ПОПУТНОМУ ГАЗУ - **5%.**

ВОЗМОЖНОСТЬ РАБОТЫ В УСЛОВИЯХ ПОЛНОЙ **ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ АВТОНОМИИ**

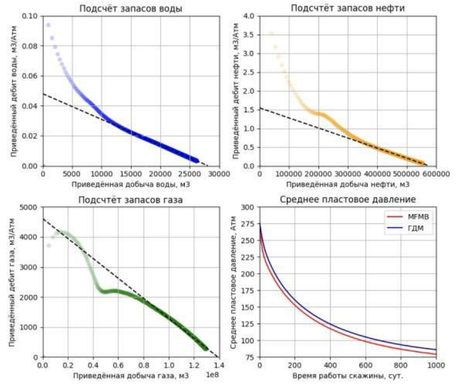
ПРОГРАММА ИССЛЕДОВАНИЙ ДОЛЖНА БЫТЬ НАПРАВЛЕНА НА ОЦЕНКУ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЗДАВАЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ ВНУТРИ SRV, А ТАКЖЕ УСЛОВИЯ И СКОРОСТЬ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПРИ ВНУТРИПЛАСТОВОМ РЕТОРТИНГЕ



В нетрадиционных или сверхнизкопроницаемых породах создается поле искусственного трещиноватого коллектора. Два параметра отвечают за эффективность технологии – объем дренирования и скорость «деградации» коллектора

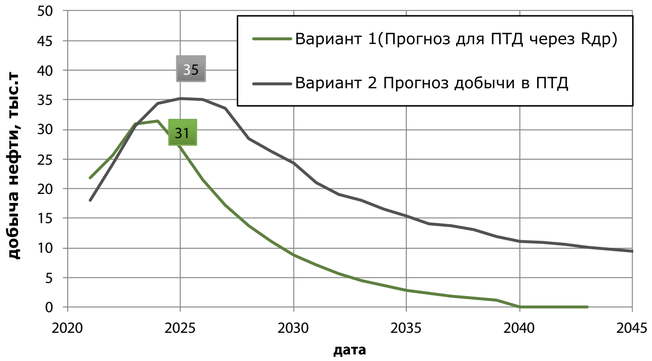
1 Этап: МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОФИЛЯ ДОБЫЧИ ДЛЯ НИЗКОПРОНИЦАЕМЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

Оценка дренируемых объемов методами-многофазного мат.баланса



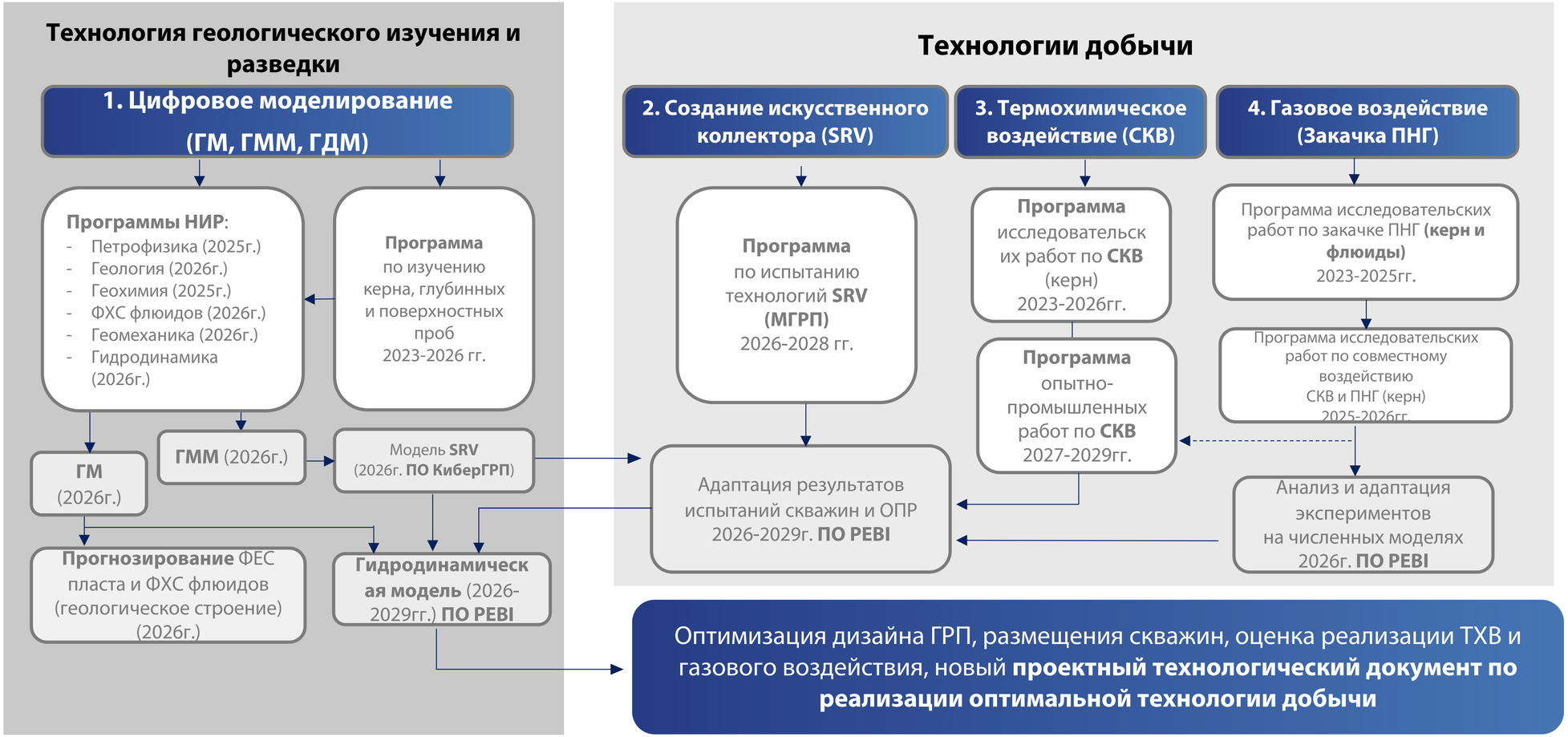
Адаптация исторических показателей в прокси модели

Оценка КИН и прогнозного профиля добычи на настроенной прокси.модели



2 Этап: Использование цифрового керна для расчета искусственной пористости после ГРП и органической пористости для моделирования ТГХВ

ПРОЕКТ ТРИЗ ДОЛЖЕН СОДЕРЖАТЬ ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ, А ТАКЖЕ ЭТАПОВ СОЗДАНИЯ И ПРОМЫСЛОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ТЕХНОЛОГИЙ



Реализация Программ позволит: получить новую информацию, создать методы и методики для разработки технологий.
По результатам выполненных Программ будут созданы Инструменты (цифровые модели), позволяющие получить понимание о распространении свойств ФЕС пласта и ФХС флюидов баженовских отложений, создать технологии геологического изучения и освоения ТРИЗ, прогнозировать технологические показатели разработки, оптимизировать схемы вскрытия пласта и размещения скважин, планировать эффективность ГТМ и воздействие на пласт.

БЛОК 2.
УПРАВЛЕНИЕ РАЗРАБОТКОЙ «ЗРЕЛЫХ» МЕСТОРОЖДЕНИЙ, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ АДРЕСА ОСТАТОЧНЫХ ЗАПАСОВ, ЭФФЕКТИВНЫЙ ВЫБОР ГТМ ПО ДОРАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Управление проектом

Задачи:
1. Анализ и оптимизация системы разработки.
2. Составление программы и оценка эффективности ГТМ .
3. Сопровождение и контроль выполнения всего технологического процесса.

Программная часть

ЗАДАЧИ:
1. Обработка поступающей первичной информации
2. Расчет оптимальных режимов эксплуатации скважин
3. Контроль выполнения оптимальных режимов закачки и управление скважинами
4. Контроль параметров эксплуатации скважин
5. Определение скважин, характеризующихся высокой вероятностью отказа ГНО
6. Контроль за состоянием оборудования телеметрии
7. Контроль коррозионных процессов
8. Контроль объемов потерь
9. Контроль объемов выбросов

Система связи и сбора данных

Задача:
Сбор данных с датчиков в единую БД и передача управляющего сигнала.

Передача оптимального Режима закачки

Передача параметров эксплуатации скважин

СЕРВЕР ТЕЛЕМЕТРИИ

Обмен сигналами с телеметрией

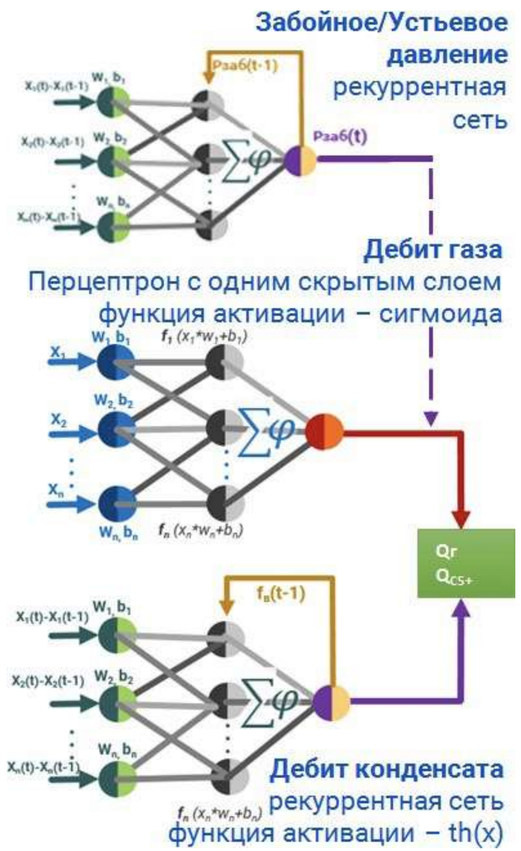
Передача управляющего сигнала

Аппаратная часть

Задача:
1. Замер параметров эксплуатации скважин
Исполнение оптимальных режимов скважин
2. Обеспечение подготовки нефти на МБУ

БЛОК 3.
УПРАВЛЕНИЕ РАЗРАБОТКОЙ ГАЗОВЫХ И ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Искусственный интеллект для оптимизации добычи (оптимизация отборов Q(P/z)



РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОВЫМИ МЕСТОРОЖДЕНИЯМИ

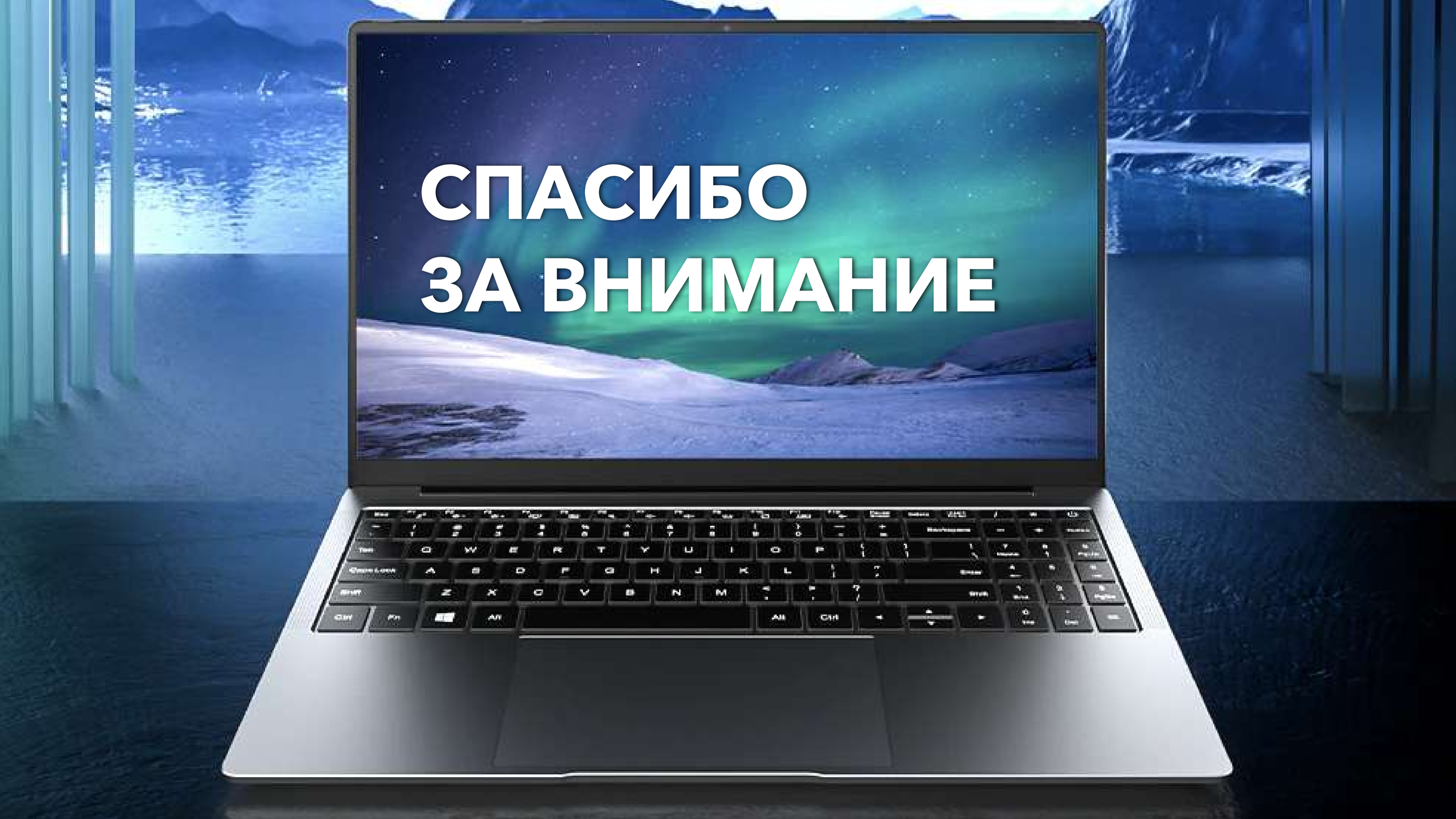
- Активное управление газоконденсатным фактором месторождения:
  - максимизация объема добычи конденсата с учетом влияния каждой скважины;
  - регулирование компонентного состава газа и конденсата в зависимости от требований/ограничений на точке экспорта, сезонности, температуры окружающей среды;
  - максимизация количества необходимого компонента в газовой фазе;
- Оптимизация использования единой установки подготовки газа и конденсата для совместной эксплуатации нескольких пластов со значительной разницей давлений и коллекторских свойств;
- Минимизация потерь углеводородов при продувках системы сбора и подготовки;
- Системный подход к подаче метанола, снижение объемов потребления метанола;
- Агрегированный коррозионный мониторинг: онлайн мониторинг за состоянием коррозионных датчиков, анализ данных, планирование ремонтов, виртуализация процесса коррозии по всей трубопроводной сети;

Классическая идея освоения месторождений от изученного к неизученному в настоящее время выглядит так: на ранней стадии освоения изученность определяется степенью разведки месторождений и технологией разработки, а на поздней -знанием распределения остаточных запасов и технологией их извлечения.

ПАРАДИГМА РАЦИОНАЛЬНОГО ОСВОЕНИЯ НЕДР:

1 НА РАННИХ СТАДИЯХ: проведение разведки месторождений до стадии, позволяющей достоверно оценить запасы и геологические особенности месторождения (запасы С1 составляют не менее 50%), а также изучение существующих и возможности создания новых технологий для экономически эффективного освоения таких запасов. В настоящее время вторая часть реализуется с помощью создания полигонов геологоразведки и освоения ТРИЗ. Первая часть не реализована. Причины - невовлеченность государства в поисковый этап и серьезное отставание технологий геологоразведки от технологий освоения месторождений.

2 НА ПОЗДНИХ СТАДИЯХ: детальное изучение структуры остаточных запасов и внедрение технологий их адресной (избирательной) отработки. По сути это тоже самое выделение sweet point, только на поздних стадиях. Главная задача на поздних стадиях - локализация таких зон решается либо технологиями геологоразведки: 4Д сейсмомониторинг, оценочное и уплотняющее бурение вкупе с промыслово-геофизическими методами, либо методами геолого-промыслового анализа, обученного нейронными сетями, с использованием всего массива накопленной информации и текущего дискретного мониторинга процесса с использованием достоверного информационного потока, получаемого в реальном времени с использованием инструмента мобильных промысловых систем.


СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ