



РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ОБОСНОВАНИЯ НАЛИЧИЯ МИНИМАЛЬНО РЕНТАБЕЛЬНОЙ ЛОВУШКИ В АКВАТОРИИ ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО И ЧУКОТСКОГО МОРЕЙ

А.С. Горшенин, О.В. Добин, Р.Р. Ильясов, А.О. Потапов, Д.А. Хабенский
ООО «Газпромнефть-Сахалин»

О.А. Захарова
ООО «Газпромнефть НТЦ»

май 2018 г



Общая информация о проекте

Общая информация

- **Расположение ЛУ:** Восточная часть шельфа Восточно-Сибирского моря и западная часть шельфа Чукотского моря
- **Площадь участка:** 117 620 км²
- **Глубины моря на ЛУ:** 35-200 м



Ресурсная оценка (геологические ресурсы (Д2), Р50)*

4,7 млрд т **НЕФТЬ**

6,7 трлн м³ **ГАЗ**

* До глубины 7 км

Изученность арктического шельфа РФ СРР и ПРБ

Количество пробуренных скважин

14

Балтийское море

15,06
1,3

Объем отработанной СРР (тыс. пог. км)
Плотность СРР (км/км²)

498,9
0,52

56

Баренцево и Печорское моря

32

Карское море

198,6
0,22

4,16
0,05

Белое море

море Лаптевых

64,5
0,1

Восточно-Сибирское море

31,4
0,03

Чукотское море

25,5
0,07

Берингово море

91,2
0,13

1



СРР 2D

~5 000 пог. км



Скважины

отсутствуют



Гравимагниторазведка

~75 000 пог. км

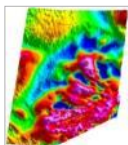
Выполненный объем работ по оценке перспектив нефтегазоносности ЛУ и региона с вовлечением всех имеющихся данных

СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКИЙ

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ



CPP 2D (ION + PГФ)

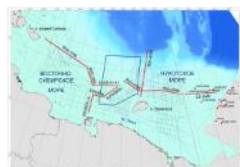


ДАННЫЕ
АЭРОГРАВИМАГНИТНОЙ
СЪЕМКИ

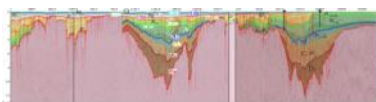


СКВ. В АМЕРИКАНСКОМ
СЕКТОРЕ ЧУКОТСКОГО
МОРЯ

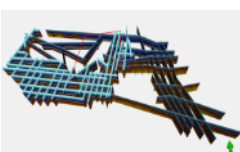
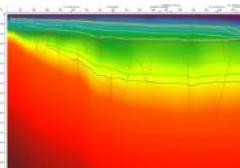
СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ПРИВЯЗКА ОГ



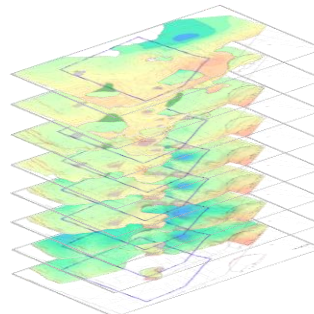
ПЕРЕДАЧА КОРРЕЛЯЦИИ ОГ ОТ
СКВАЖИН В АМЕРИКАНСКОМ СЕКТОРЕ
ЧУКОТСКОГО МОРЯ



ГЛУБИННО- СКОРОСТНАЯ МОДЕЛЬ



СТРУКТУРНЫЕ КАРТЫ ПО ОГ



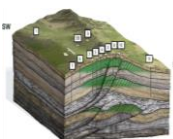
СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

ТЕКТОНИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ на основе комплексирования гравимажнитных и сейсмических данных



СЕДИМЕНТОЛОГИЧЕСКИЙ

КОРРЕЛЯЦИЯ ПРОДУКТИВНЫХ ТОЩ



ФАЦИАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

ЖУ (161 млн. лет)



БУ (125 млн. лет)



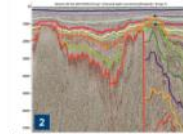
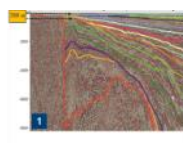
тВУ (64 млн. лет)



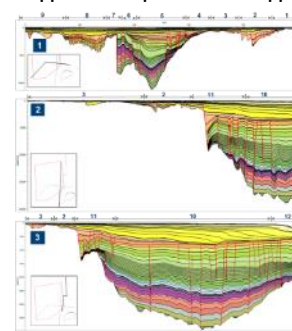
УВ (34 млн. лет)



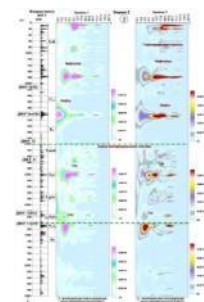
ЭРОЗИЯ (ВРЕМЯ И МОЩНОСТЬ)



СЕДИМЕНТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ



ПРИМЕНЕНИЕ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА В ЦЕЛЯХ ПРЯМЫХ ПОИСКОВ УВ



УВ СИСТЕМЫ

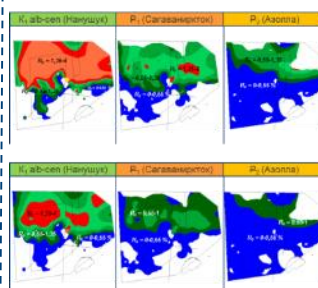
ВЫБОР 2D ПРОФИЛЕЙ ДЛЯ МОДЕЛИР-Я УВ СИСТЕМ



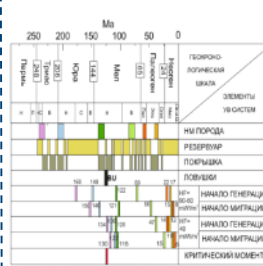
ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ

- общегеологические:
 - структурный каркас
 - лито-фац. карты
- геохимические:
 - Сорг, %
 - данные пиролиза
- петрофизические:
 - литол. состав
 - плотность, пористость
- геотермические:
 - карты теплового потока
 - температурн. градиент
- скважинные данные:
 - пластовые т
 - Ro, %

ЗРЕЛОСТЬ НГМТ



ЭЛЕМЕНТЫ УВ СИСТЕМ



ЗАПОЛНЕНИЕ ЛОВУШЕК УВ

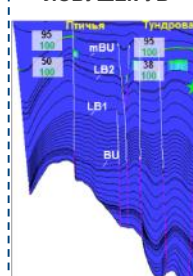
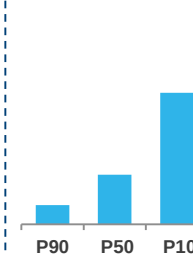


СХЕМА ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ



ПЕРВИЧНАЯ ОЦЕНКА РЕСУРСОВ УВ



Стратиграфическая привязка отражающих горизонтов (ОГ): передача корреляции по региональным профилям

Выполнена привязка отражающих горизонтов по трем направлениям

- **Восток: скважины Бургер и Крэкерджек – ЛУ** по профилям в палеозойских, мезозойских и кайнозойских комплексах
- **Запад: разрезы о. Новая Сибирь – ЛУ** по профилям в меловых и кайнозойских комплексах
- **Юг: скв. Айон - ЛУ** по профилям только в кайнозойских комплексах и **о. Врангеля** по профилю в палеозойских, мезозойских и кайнозойских комплексах



Корреляция ОГ из американской части Чукотского моря показала, что бассейн ЛУ обладает схожими с другими бассейнами Арктики характеристиками геологического строения и истории развития

скв. Крэкерджек

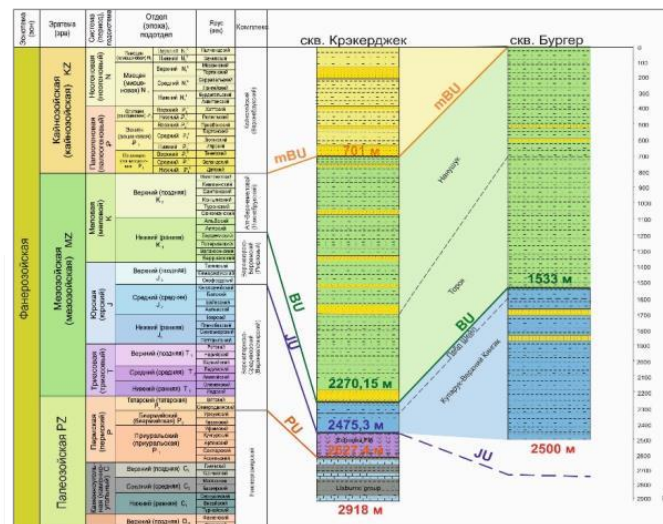
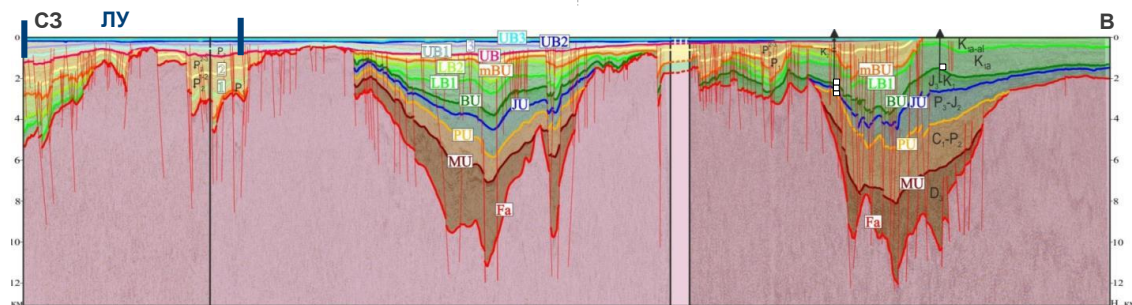
вскрыла 5 комплексов:

- нижнеэлсмирский;
- верхнеэлсмирский;
- рифтовый;
- нижнебрукский;
- верхнебрукский.

скв. Бургер

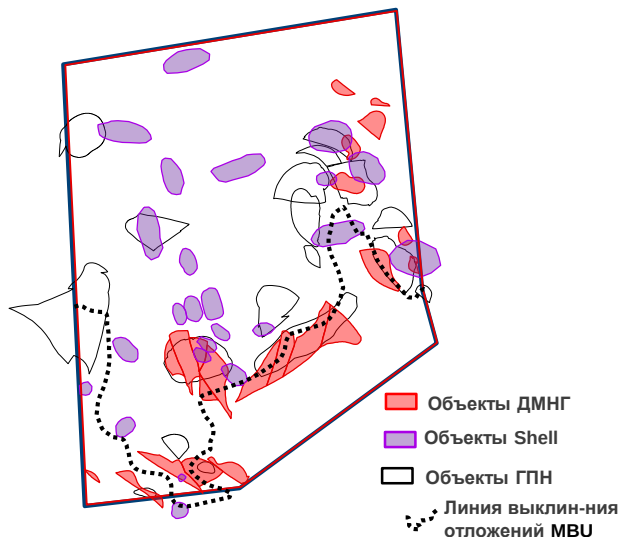
вскрыла 2 комплекса:

- нижнебрукский;
- рифтовый.



Сформированная по результатам ГРП и моделирования геологическая концепция подтверждает значительные перспективы ЛУ

Концепция 2014 г.



- Данные о наличии 13 (ДМНГ) – 22 (Shell) структур;
- Бассейны-аналоги севера Аляски;
- Предварительное тектоническое и нефтегазогеологическое районирование;
- Оценка УВ потенциала по плотностям ресурсов

Аэрогравимагниторазведка

- Выполнено тектоническое и нефтегазогеологическое районирование;
- Выполнен прогноз коллекторских толщ;
- Выделены локальные объекты;
- Составлена схема прогноза нефтегазоносности по данным потенциальных полей;

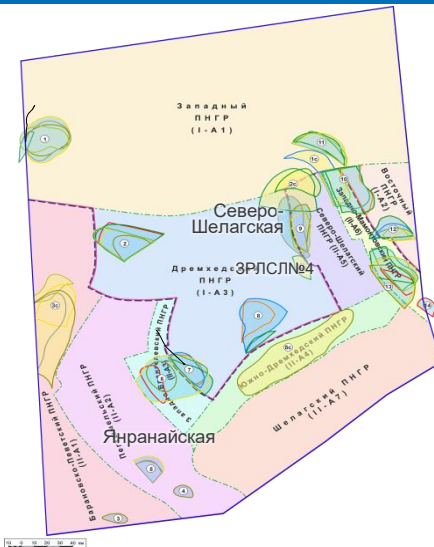
Сейсмогеологическая модель

- Увязаны данные региональной СРР;
- Верифицированы данные сейсморазведки с результатами аэрогравимагнитной съемки;
- Выполнены структурные построения по 16 ОГ;
- Выявлены 18 объектов (с учетом мин профилей)

2D бассейновая модель

- Подтверждено наличие активных УВ систем
- Определены очаги генерации и пути миграции УВ
- Спрогнозировано образование залежей жидких УВ
- Получены соотношения нефть/газ для поисковых объектов в перспективных нефтегазоносных комплексах;

Результаты ГРП и БМ

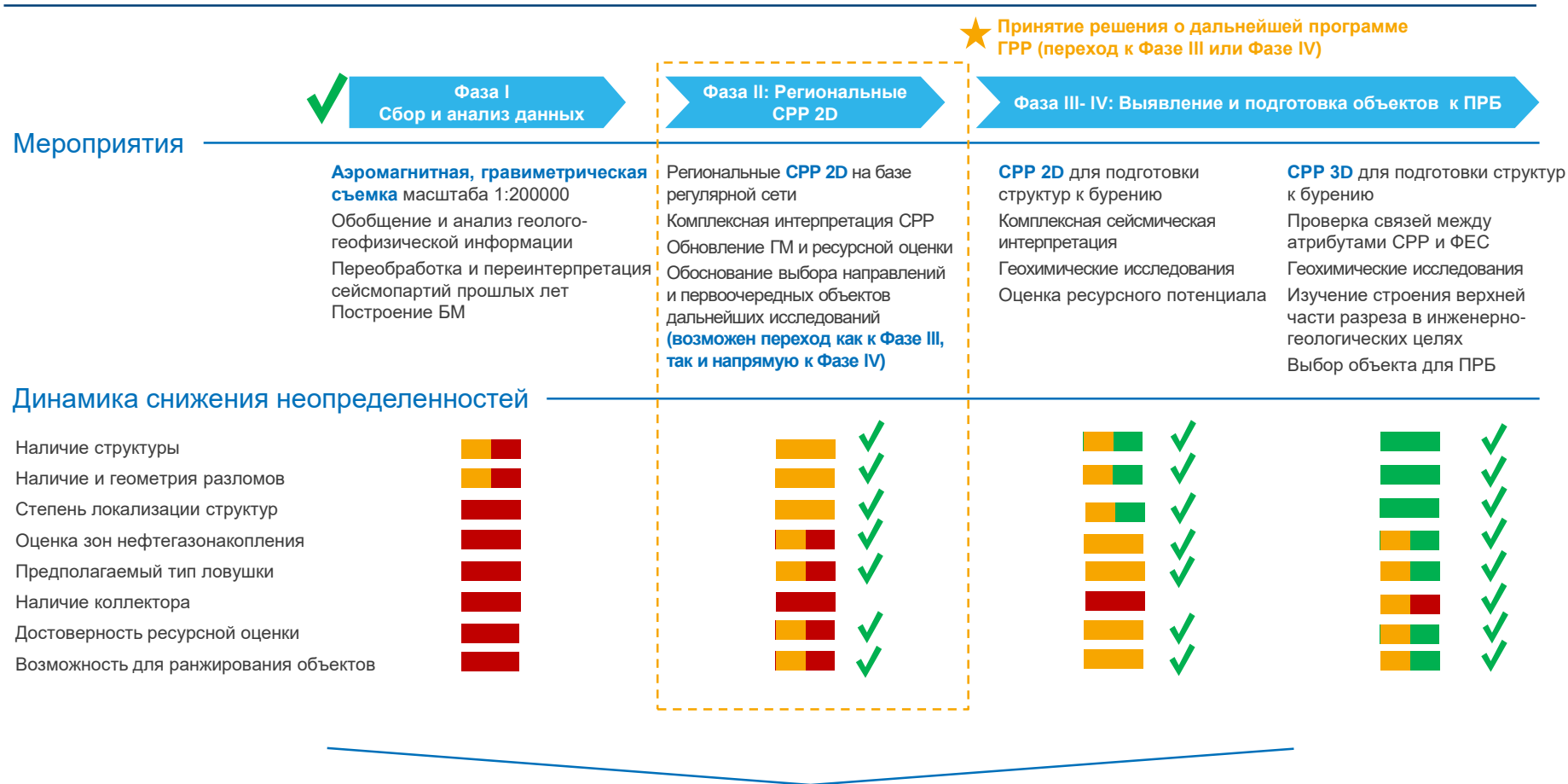


- Определены структурно-морфологические признаки 18 объектов в частично изученной СРР 2D части акватории.
- Определены главные источники УВ в кайнозойских и мезозойских отложениях
- Выделены мощные коллекторские толщи в мелу и кайнозое
- Количественная первичная фазовая оценка ресурсов и оценка геологических рисков

ОСНОВНЫЕ ВЫВОодЫ

- Проведено нефтегазогеологическое районирование, **наиболее перспективные нефтегазоносные районы (ПНГР)**
- По результатам бассейнового моделирования установлено **соотношение нефть:газ**
- **Прирост ресурсной базы до глубины 7 км** по оценке P50 с учетом ограниченного кол-ва сейсмических данных составил **более 7 млрд тнэ**
- Участок характеризуется **низкой степенью изученности** и **обладает значительным потенциалом** на выявление крупных структур
- С целью дальнейшего изучения перспектив нефтегазоносности ЛУ **необходимо проведение региональных СРР 2D**

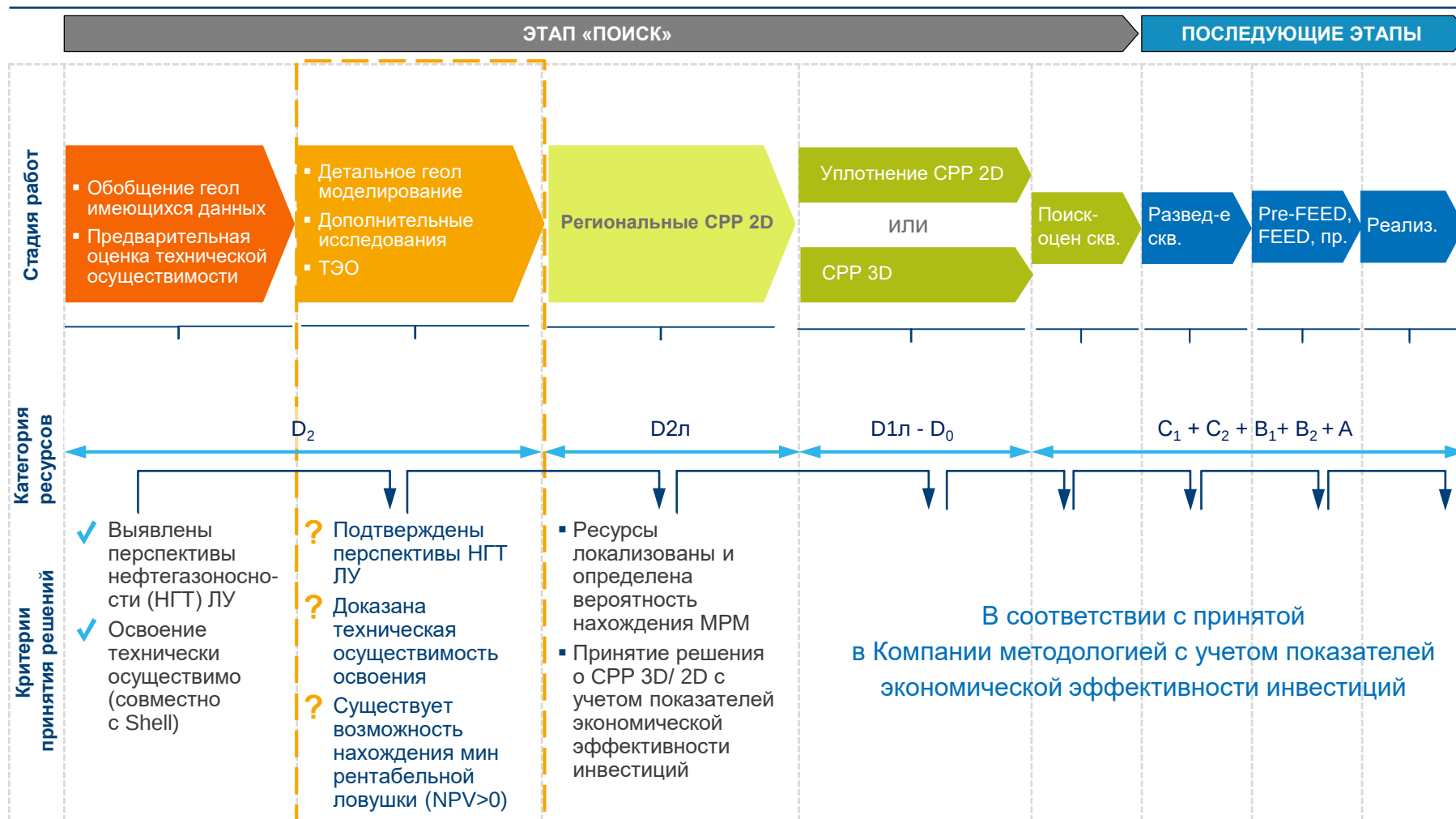
Дорожная карта снятия геологических неопределенностей на ранних этапах ГРП



Первоочередным шагом снятия геологических неопределенностей является проведение региональной CPP 2D с последующим установлением очередности ГРП

Легенда: ✓ Ключевые результаты CPP 2D/3D ■ Высокая степень неопределенности ■ Средняя степень неопределенности ■ Низкая степень неопределенности

Подходы к освоению ЛУ соответствуют мировым практикам



Цели технико-экономической оценки (ТЭО): определение потенциала экономического эффекта от проекта

✓ Предпосылки

- Ввиду низкой геологической изученности лицензионного участка, расположенного в регионе с неустановленной нефтегазоносностью (категория ресурсов D2), достоверную оценку локализованных ресурсов УВ по всей площади участка **выполнить невозможно**. В связи с чем нельзя использовать стандартные инструменты оценки экономической эффективности инвестиций в проект разведки и добычи углеводородов.
- Для принятия инвестиционных решений по подобным проектам с низкой геологической изученностью, в международной практике используется оценка возможности нахождения месторождения, освоение которого будет создавать **положительный** экономический эффект от проекта.
- Для определения данной возможности **требуется**:
 - Рассчитать** минимальное месторождение, освоение которого будет создавать положительный экономический эффект (минимально рентабельное месторождение / МРМ)
 - Проанализировать **возможность существования** минимально-рентабельного месторождения **с учетом текущей геологической концепции**
 - На последующем этапе** локализовать ресурсы УВ методами начальной геологоразведки (сейсморазведка 2D) и определить вероятность нахождения МРМ среди локализованных ресурсов УВ

! Таким образом, цели ТЭО включали в себя:

- Оценку общей технической осуществимости освоения потенциальных месторождений нефти на лицензионном участке
- Определение МРМ с учетом площади и качества ресурсов МРМ в пределах лицензионного участка с последующим анализом.

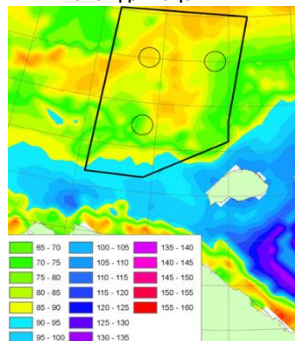
А также:

- Формирование рекомендаций для планирования сейсморазведки 2D для локализации ресурсов
- Формирование ключевых направлений по технологическому развитию для повышения технической и экономической эффективности освоения лицензионного участка.

Методология ТЭО – специальный подход для проектов с низкой степенью геологической изученности

Обустройство и логистика

ЛОКАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ – выбор точек для оценки



Большая площадь ЛУ обуславливает различное сочетание условий, влияющих на экономические показатели Проекта

Средний
межледовый период



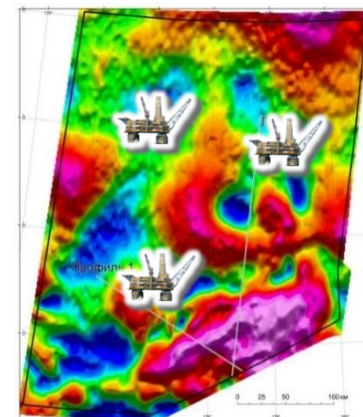
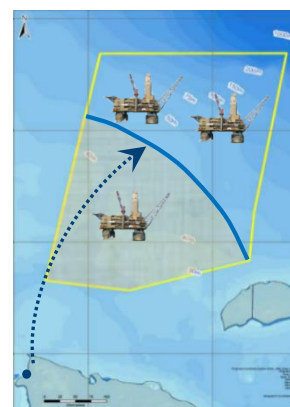
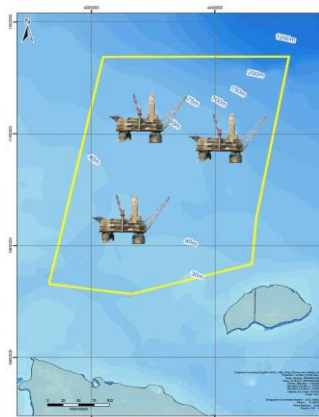
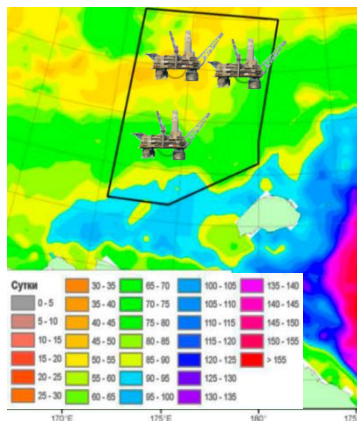
Глубина моря



Удаленность
от берега



Геологические
предпосылки



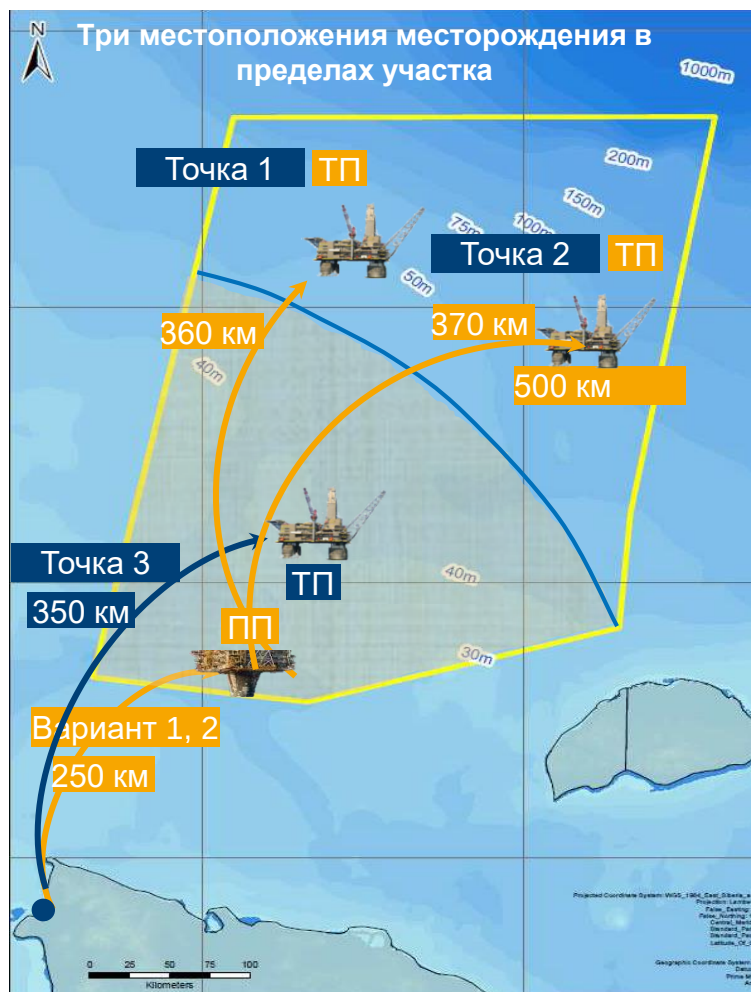
- **Ледовые условия:** критически важны при планировании и оценке всех полевых работ ГРП, оценке расходов на этапе эксплуатации. Юго-западная и северо-восточная части ЛУ имеют более простые лед.условия, чем северо-западная часть.
- **Глубина моря:** влияет на методы и стоимость обустройства.
- **Удаленность от берега:** максимальная дальность полета вертолетов для доставки экипажа платформ обуславливает наличие или отсутствие промежуточной платформы для дозаправки вертолетов в зависимости от удаленности месторождения от берега.
- **Геология:** наличие перспектив нефтегазоносности согласно первичной геологической оценке

Для оценки влияния перечисленных выше факторов (всех вместе и каждого по отдельности) выбрано три точки, характеризующих влияния данных факторов на освоение ЛУ

Рекомендованные методы обустройства

На основе выполненного анализа доказана техническая осуществимость проекта с использованием существующих технологий.

Рекомендованный метод обустройства - стационарные платформы гравитационного типа



Инструмент оценки потенциала добычи на стадии «Поиск» и «Оценка»

Для целей технико-экономической оценки проекта разработана 1D модель, позволяющая:

- определить потенциальный диапазон добычи на ранней стадии изучения участка
- обеспечить гибкое управление буровой программой
- оценить чувствительность параметров пласта и флюида на добычный потенциал

Входные параметры

ГФХ
(характеристики
пласта)

PVT
(свойства флюида)

Тип залежи, КИН

Характеристика
фонда скважин

Ограничения
технологических
мощностей

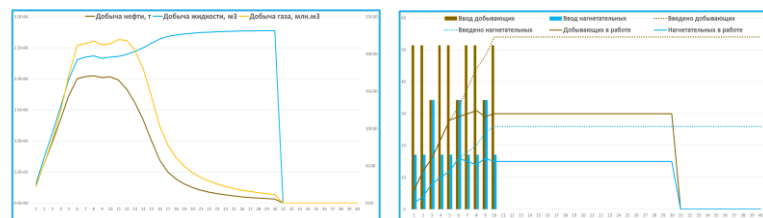
Выбор варианта расчета

Единичный расчет

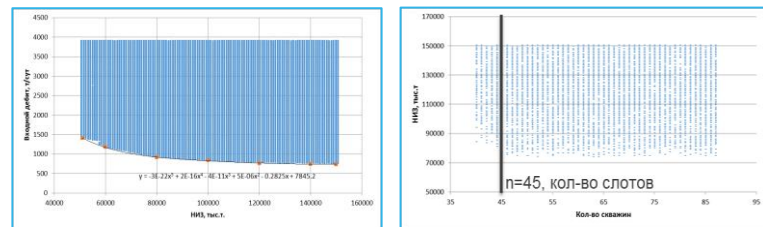
Многовариантный
расчет с перебором
значений ГФХ в
заданном диапазоне

Многовариантный
расчет с перебором по
заданным ключевым
значениям (N_p / Q_i)

Профиль добычи и ввода скважин для заданных параметров



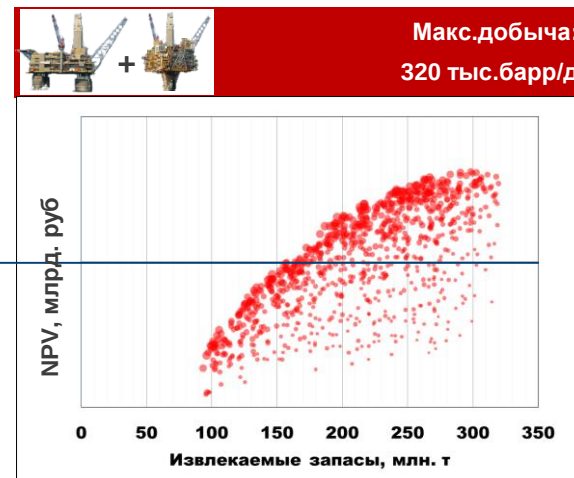
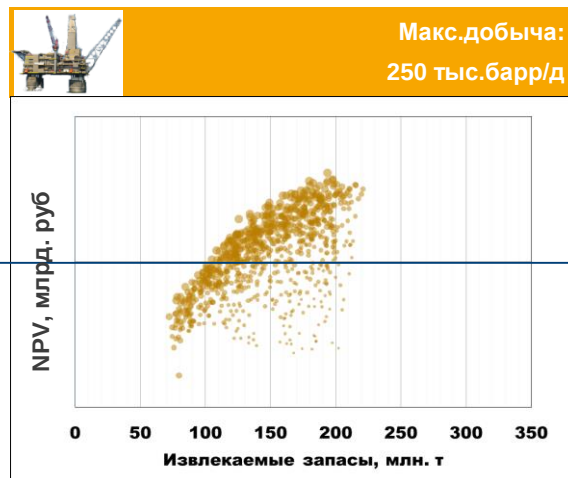
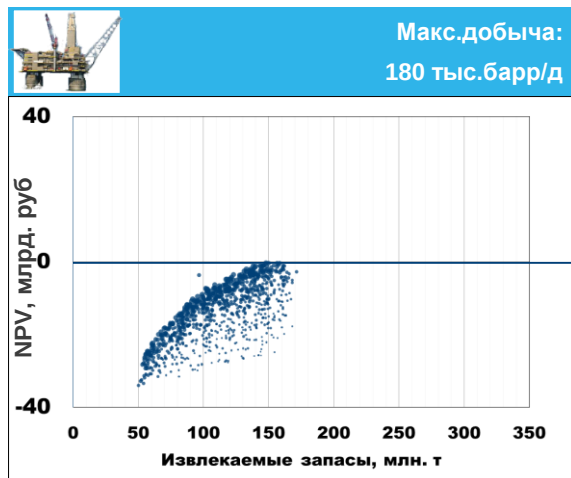
Требования к входному дебиту и количеству скважин в зависимости от НИЗ



Инструмент является универсальным и позволяет проводить расчеты всевозможных вариантов профилей добычи нефти, учитывающих геологические неопределенности и различные варианты системы разработки

Пространства МРМ

(рассчитаны для более 100 тыс. вариантов потенциальных месторождений)

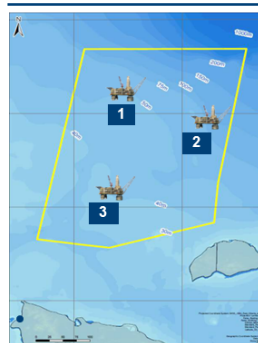


Минимально рентабельное месторождение (извл.запасы нефти)

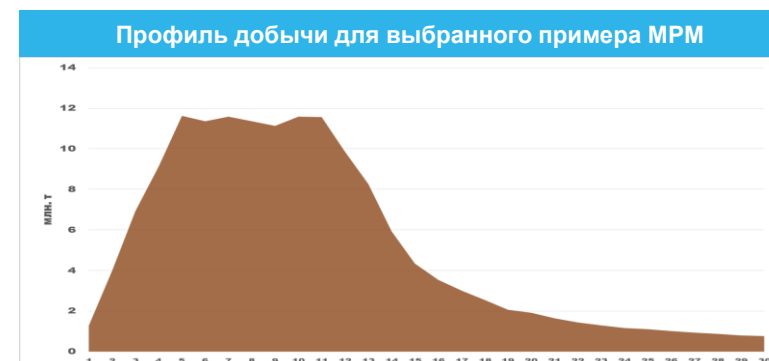
Стартовый дебит нефти, т/сут	Точка 1	Точка 2	Точка 3
	млн.т	млн.т	млн.т
1000 – 1250	142	150	138
1250 - 1500	121	128	117
1500 - 2000	115	118	105

* В верхней части слайда на графиках приведены расчеты для точки 1. Размер окружностей на графиках - характеристика качества коллектора месторождения

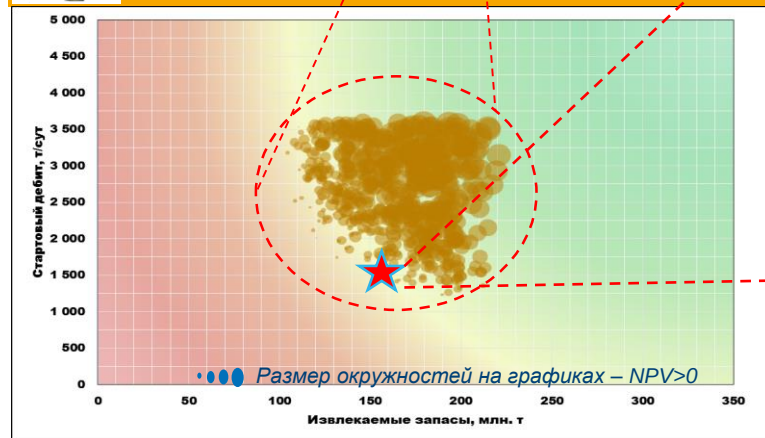
Анализ геологических характеристик на выборочном примере МРМ



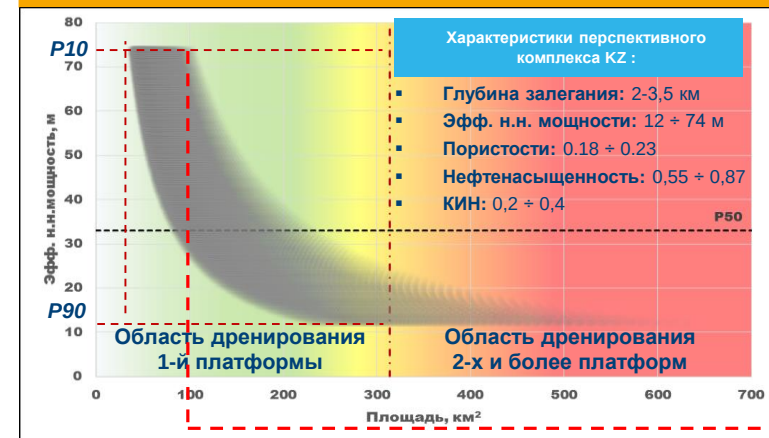
Минимально рентабельное месторождение (извл.запасы нефти)			
Стартовый дебит нефти, т/сут	Точка 1	Точка 2	Точка 3
	млн.т	млн.т	млн.т
1000 – 1250	142	150	138
1250 - 1500	121	128	117
1500 - 2000	115	118	105



Зависимость размера МРМ от качества коллектора (через средне ожидаемый стартовый дебит)

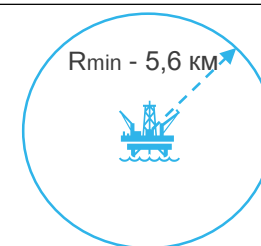


Зависимость площади месторождения от эфф. н.н. толщины для выбранного примера МРМ



Выводы

- Широкий диапазон МРМ укладывается в область дренирования 1-й платформы
- Для целей планирования сетки СРР 2D, рекомендуемая площадь искомого МРМ > 100 км² с максимальной длиной в периметре - 20км
- Рекомендуемая сеть СРР 2D в пределах всего лицензионного участка - 10 x 10 пог км



Технологические факторы роста (1/2)

Фактор

Эффект

Увеличение максимальной дальности полетов вертолетов



Текущая максимальная дальность полета сертифицированных вертолетов с нагрузкой (например, персонал платформы) составляет **< 760 км**. Требуется сертификация существующих прототипов и моделей вертолетов увеличенной дальности.

Снижение капитальных и операционных затрат за счет отказа от промежуточной платформы для аварийной дозаправки вертолетов

Увеличение автоматизации и скорости эксплуатационного бурения



При существующем уровне автоматизации технологических процессов требуются значительные площади и объемы жилых и рабочих помещений и систем обеспечения жизнедеятельности. Текущая скорость бурения требует наличия 2-х буровых установок и двойного штата буровых бригад. Требуется повышение уровня автоматизации и скорости бурения и завершения скважин.

Снижение массогабаритных характеристик объектов обустройства и операционных затрат за счет использования 1-го бурового станка и меньшего кол-ва персонала

Увеличение дедвейта танкеров ледокольного класса



Текущая схема логистики предполагает использовать челночные танкеры ледового класса ARC 8 дедвейтом **110 000 т** (AFRAMAX). Увеличение дедвейта до **235 000 т** (VLCC) позволит существенно снизить транспортные издержки. Требуется проектирование судов большой грузоподъемности и подтверждение их ледовых качеств.

Снижение затрат за счет меньшей номенклатуры более эффективных танкеров для транспорта продукции (с 7-ми до 3-х единиц)

Технологические факторы роста (2/2)

Фактор

Эффект

Мобильная ледостойкая буровая установка (МЛБУ) — круглогодичное разведочное бурение



Существующие буровые установки не позволяют завершить разведочное бурение в один сезон в условиях СВЛУ. В настоящее время ведутся предпроектные проработки. Требуется проектирование и создание установок для бурения в ледовых условиях.

Более ранний ввод месторождения в эксплуатацию за счет ускорения программы ГРП (2 скв за сезон вместо 1-й)
Возможность бурения скважин на глубокие горизонты за 1 сезон)

Опытно-промышленная эксплуатация (добыча) с МЛБУ



Сроки ввода месторождений в эксплуатацию значительно отстоят во времени, что оказывает влияние на эффективность проекта. ОПЭ позволяет приблизить денежный поток и снизить геологические риски. В настоящее время ведутся предпроектные проработки. Необходимо дооборудование МЛБУ технологическим и отгрузочным модулем (учет при проектировании)

Доизучение залежи перед вводом в промышленную разработку
Приближение денежного потока в условиях длительного цикла ГРП

Перевод МЛБУ в постоянную добычную платформу



Текущая модель реализации проекта предполагает длительные сроки изготовления и строительства объектов инфраструктуры. Возможность перевода МЛБУ в постоянную добычную платформу позволяет сократить время освоения месторождения и приблизить по времени денежный поток. В настоящее время ведутся предпроектные проработки. Необходимо переоборудование МЛБУ (учет при проектировании)

Снижение капитальных затрат за счет многофункциональности оборудования
Приближение денежного потока в условиях длительных сроков изготовления и строительства объектов инфраструктуры