



Второй международный молодежный образовательный форум «Арктика. Сделано в России»



# Вопросы обеспечения безопасности подводной добычи нефти и газа в Арктике

А.Д. Дзюбло (РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина)

Россия, Тверская область  
2016



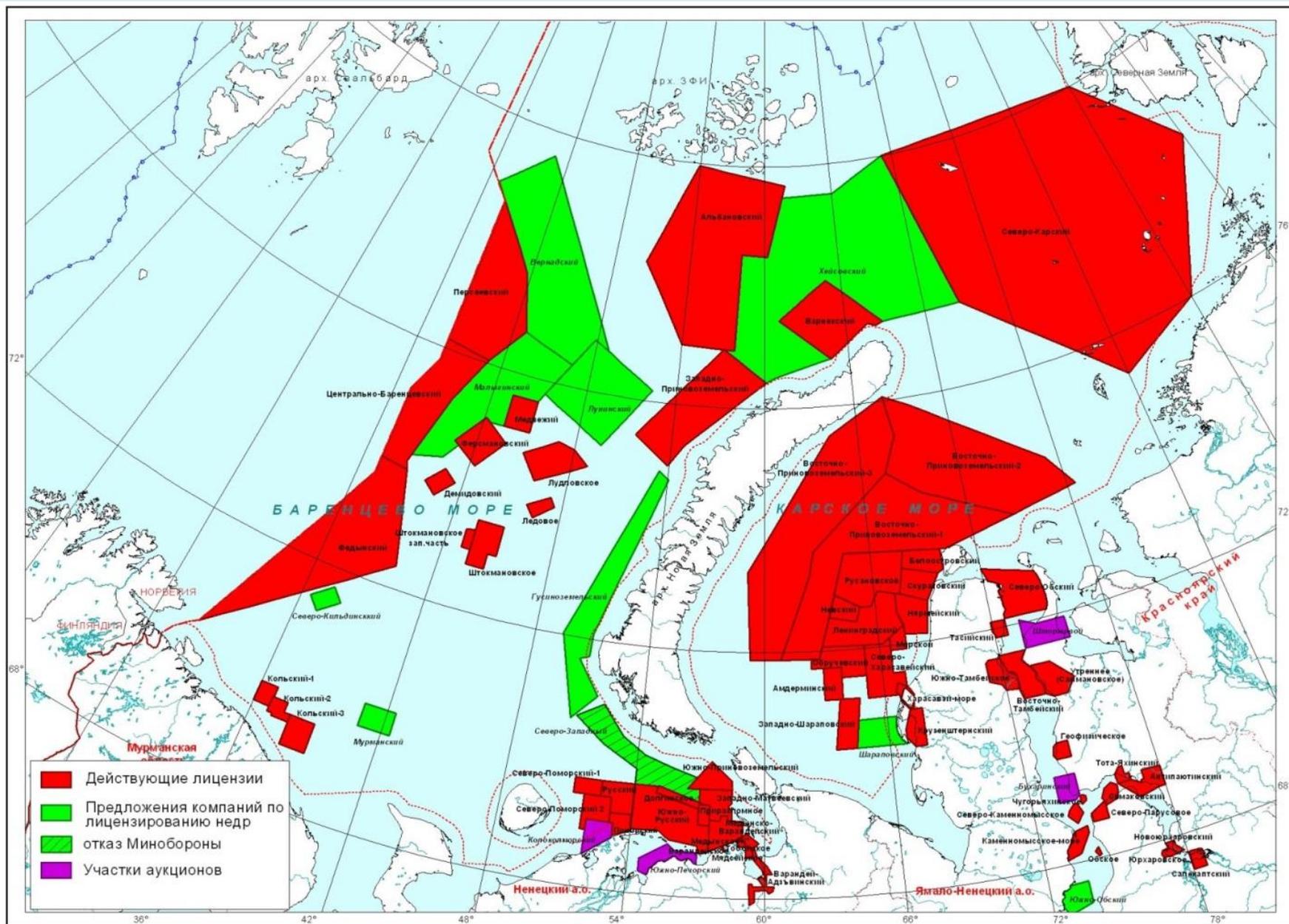
Карта Арктики (примерно соответствует региону, очерченному красной линией + залив Кука и шельф Сахалина) с отмеченными:

- зеленым – акваториями, где разведочное бурение пока не выявило промышленных запасов;
- синим – акваториями, где открыты морские месторождения;
- коричневым - перспективными акваториями, где разведочное бурение пока не проводилось или его результаты неизвестны;
- красным – акватории, где ведется или должна начаться добыча.

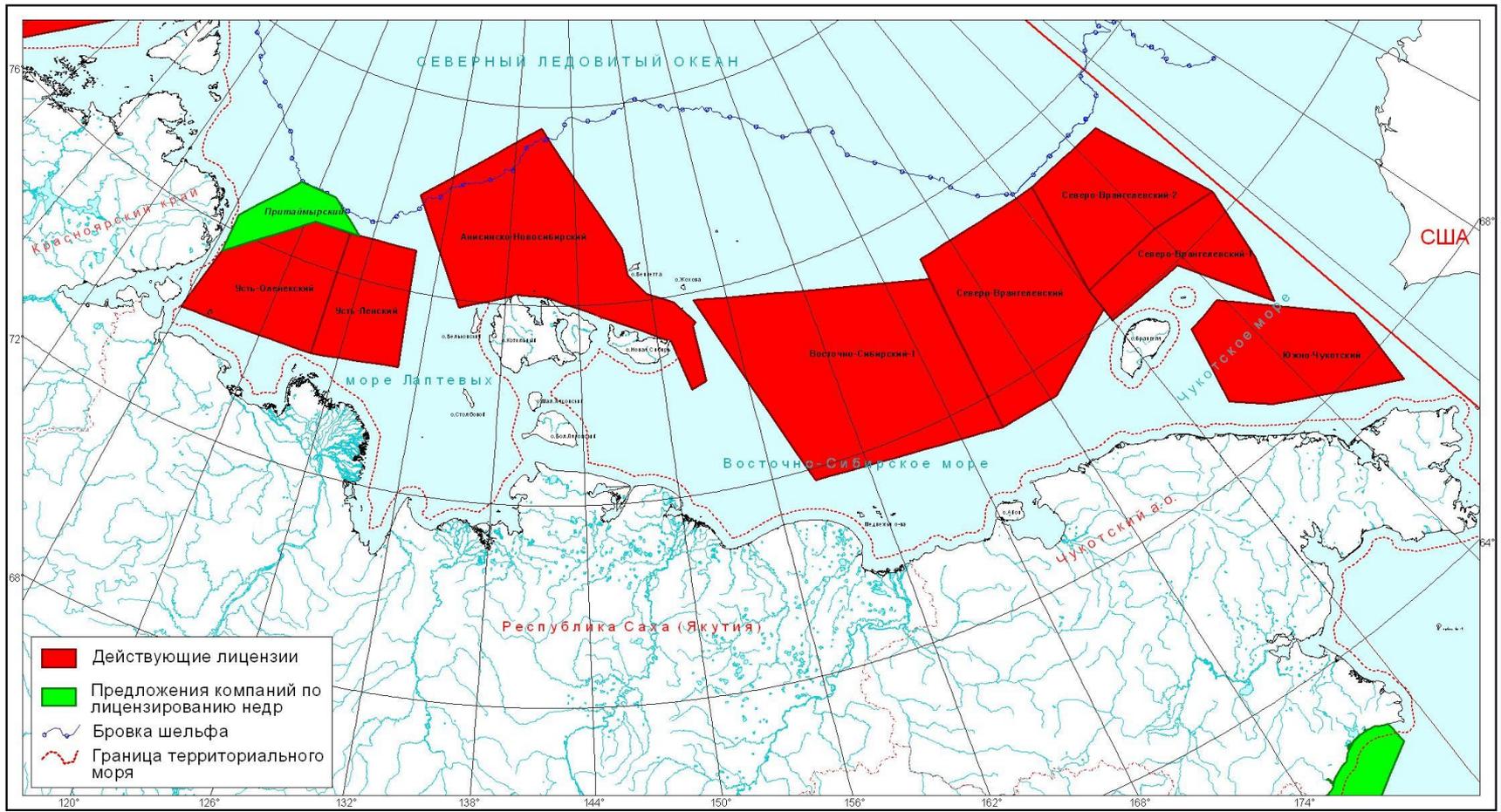
## Структура начальных суммарных извлекаемых ресурсов углеводородов Арктической зоны РФ

	Нефть		Растворенный газ		Свободный газ		Конденсат		ВСЕГО УВ	
	млн т	%	млрд м <sup>3</sup>	%	млрд м <sup>3</sup>	%	млн т	%	млн т у.т.	%
<b>Арктика а РФ всего</b>	33046,4	100,0	3869,5	100,0	208633,0	100,0	12342,7	100,0	257891,6	100,0
<b>Суша</b>	20029,6	60,6	2606,8	67,4	113514,5	54,4	7838,5	63,5	143989,4	55,8
<b>Шельф</b>	13016,8	39,4	1262,7	32,6	95118,5	45,6	4504,2	36,5	113902,2	44,2

По состоянию на 01.01.2015 г. в российской зоне шельфа Арктики открыто 20 морских и 13 транзитных месторождений нефти и газа (Варламов А.И.).



Баренцево-Карский регион. Современное лицензионное состояние



Современное лицензионное состояние восточных морей Арктики

# Особенности распространения углеводородного сырья в арктической зоне России и факторы риска

1. Нефтегазовый потенциал Арктических морей России наиболее полно изучен в Баренцево-Карском регионе, где открыты крупные и уникальные месторождения газа и газоконденсата.
2. По природно-климатическим условиям субарктический регион Охотского моря следует отнести по сложности освоения углеводородов к Арктике.
3. Наиболее доступны с учетом технико-экономических показателей освоения газовые ресурсы шельфа Охотского и Карского морей, включая месторождения Обской и Тазовской губ, нефтяные – в Печорском море и на шельфе острова Сахалин.
4. Факторы риска, сопутствующие работам в Арктических морях, включают в себя:
  - Природно-климатические условия;
  - Сложные ледовые условия;
  - Пропахивание морского дна льдом;
  - Скопление приповерхностного газа;
  - Миграция донных форм;
  - Сейсмическая активность и новейшая тектоника.

# Хронология развития технологий подводной добычи углеводородов

## Цели использования:

- обеспечение добычи на морских месторождениях, где добыча УВ другими методами невозможна;
- снижение затрат на добычу УВ на морских месторождениях, где возможно добыча другими способами
- повышение безопасности добычи на морских месторождениях

## Хронология развития технологий подводной добычи углеводородов:

1970-1980-е годы -

- добыча на мелководье (до 50 м);

1990-е годы -

- добыча на глубинах до 150-200 м;
- автоматические системы с дистанционным обслуживанием

2000-е годы -

- добыча на глубоководных месторождениях (более 900 м),
- развитые технические средства обеспечения работы ПДК;
- подводное компримирование;
- подводное нагнетание;
- подводная сепарация;
- подводная подготовка (частичная) продукции.

# Современное состояние технологий подводной добычи УВ

## В мире:

- накоплен значительный положительный опыт создания, эксплуатации, обслуживания ПДК различной сложности, сегодня в мире находятся в эксплуатации более 4600 систем подводной добычи;
  - сформировалась отрасль промышленности по производству ПДК, технологического оборудования и технических средств для строительства, монтажа и обслуживания ПДК;
  - происходит постоянное совершенствование и расширение номенклатуры технических средств ;
  - наблюдается жесткая конкуренция на рынке производителей оборудования ПДК, сформирован пул компаний-производителей;
  - сформировалась сеть сервисных компаний по строительству и обслуживанию ПДК;
  - хорошо развита нормативная база по стандартизации (на изделия, технологию строительства и обслуживания).
- Существует большое количество сложным образом увязанных между собой документов, однако, опираясь только на них, организовать процесс проектирования, строительства и эксплуатации ПДК невозможно.

## В России:

- единственный опыт применения , эксплуатации и обслуживания ПДК есть на Киринском месторождении;
- научно-технические разработки, направленные на развитие технических средств для создания ПДК, не проводятся;
- производство оборудования для ПДК (включая копирование зарубежных технических средств) отсутствует;
- создается нормативная база, которая осуществляется идет путем перевода ограниченного количества зарубежных стандартов, без рассмотрения совокупности других обеспечивающих их документов.

# Мировой опыт использования подводного добычного комплекса

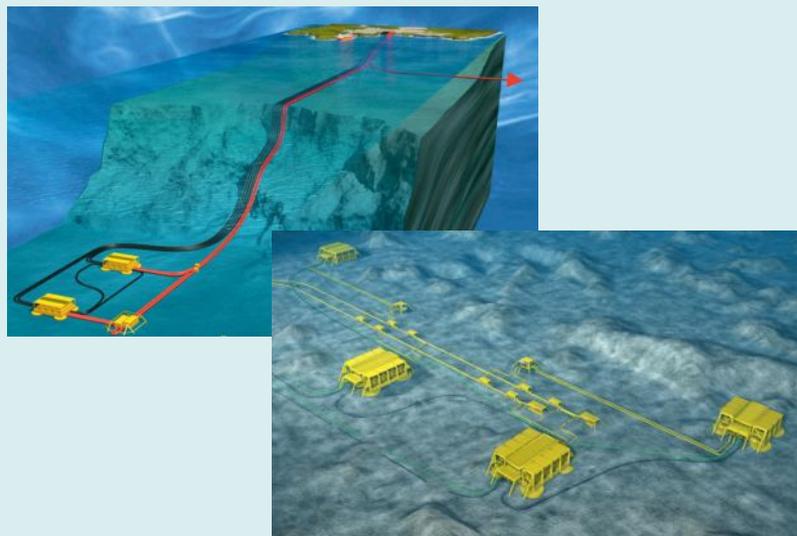
## Месторождение Ормен Ланге (Норвегия)

Краткая характеристика:

- Глубина моря – 850 м - 1100 м
- Расстояние от берега – 120 км
- Проектное число скважин – 24

Введено в эксплуатацию в 2007 году

Оператор – SHELL



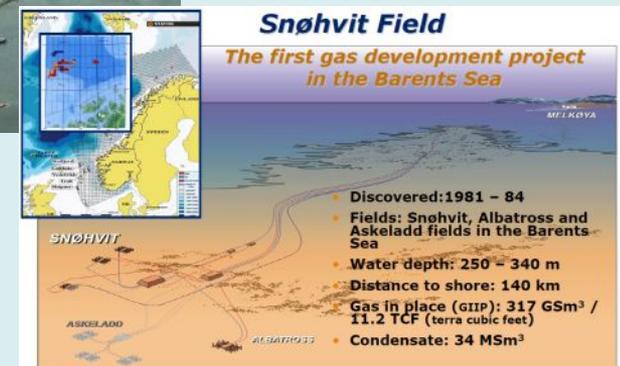
## Месторождение Снёвит (Норвегия)

Краткая характеристика:

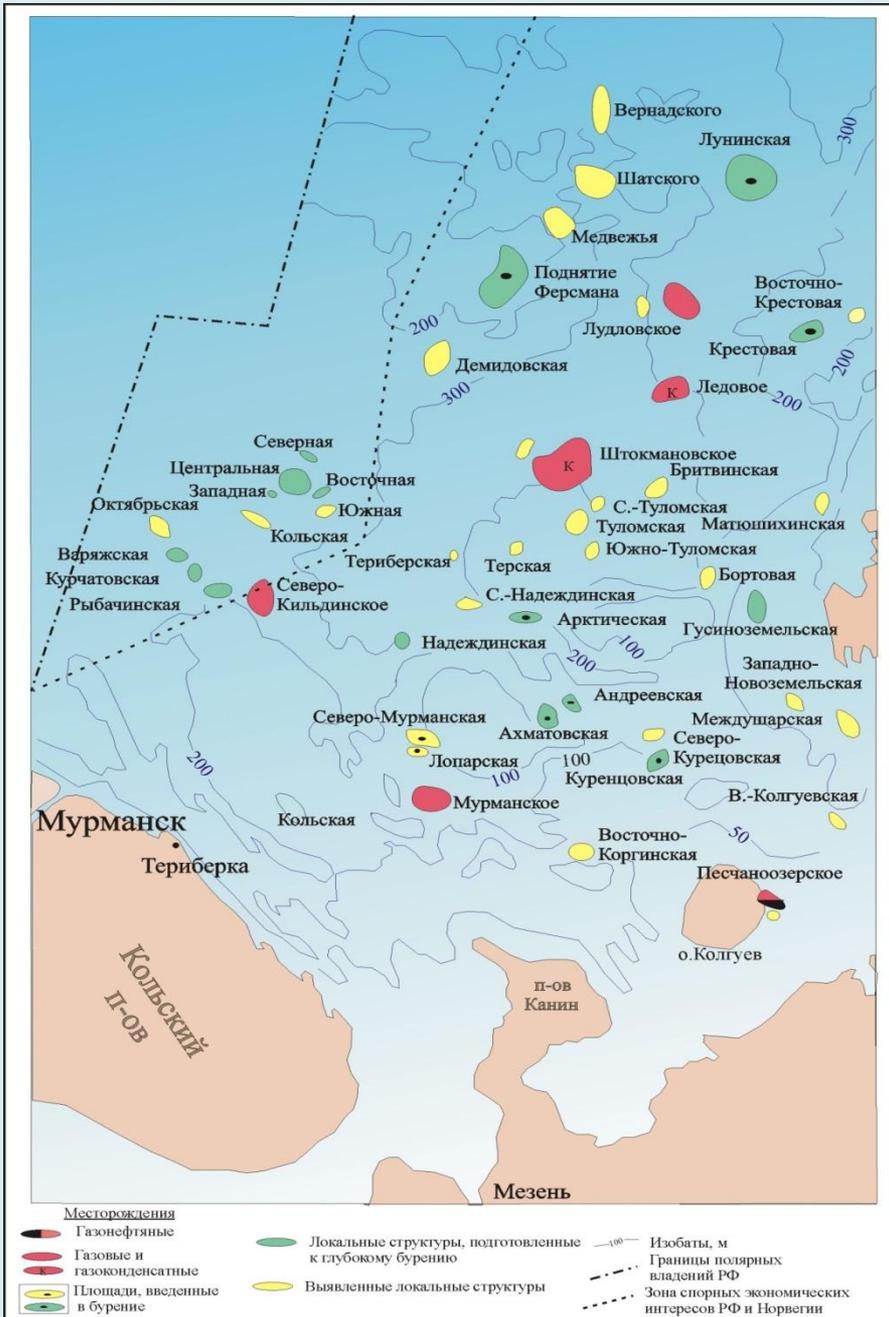
- Глубина моря 250-340 м
- Расстояние от берега – 140 км

Введено в эксплуатацию в 2008 году

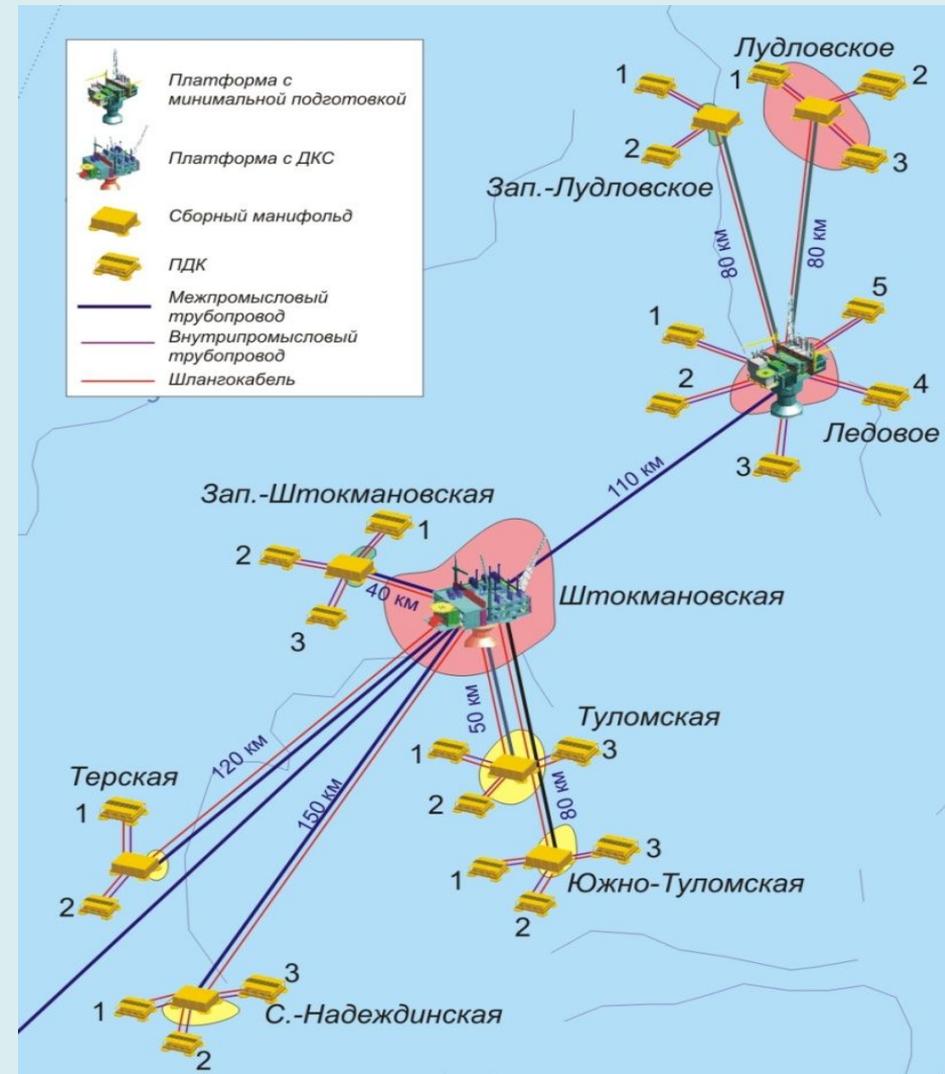
Оператор - Статойл (Statoil)



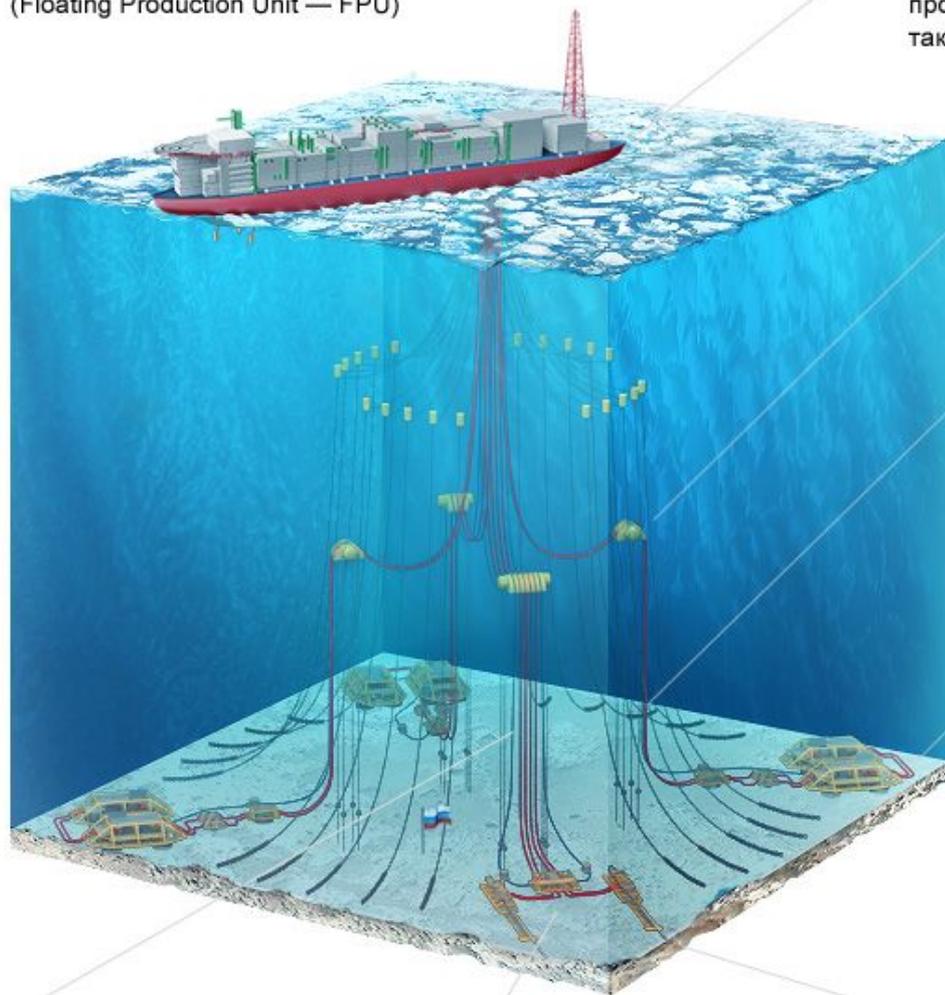
# Обзорная схема шельфа Баренцева моря



# Схема комплексного обустройства месторождений Штокмановского района Баренцева моря



Газ будет добываться по уникальной технологии, с самоходного технологического судна (Floating Production Unit — FPU)



4 На борту плавучей добычной установки корабельного типа производится переработка газа, а также разделение газа и конденсата.

3 Среднеглубинная арка поддерживает райзеры перед подачей на судно

2 По гибким добычным райзерам (это такие вертикальные трубы) добытый газ направляется от донной плиты на плавучую установку.

1 Газ добывается через спаренные донные плиты. У каждой из которых имеется по четыре буровых окна.

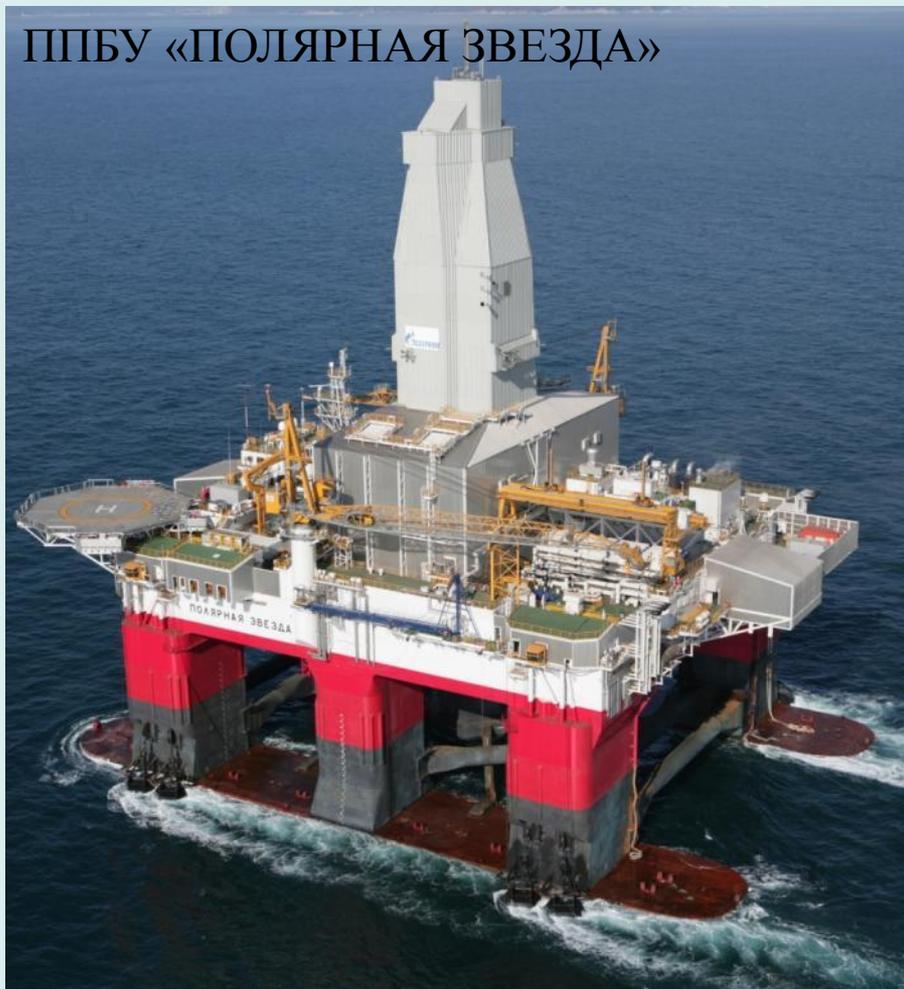
5 От судна переработанный газ по гибким райзерам отправляется на экспорт

6 Специальное устройство подключает райзеры к магистральному трубопроводу

7 Два магистральных трубопровода транспортируют газ на береговые объекты.

# Строительство и обустройство эксплуатационных скважин Киринского ГКМ

ППБУ «ПОЛЯРНАЯ ЗВЕЗДА»



ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ  
СКВАЖИНА



# Подводный добычный комплекс Киринского ГКМ

Временный  
коффердам

Глубина воды до 95м  
Навигация: июнь-октябрь

## Линейные объекты от берега до ГКМ

- Газосборный коллектор  $\varnothing 508 \times 22.2\text{мм}$  L=28,7км
- Трубопровод МЭГ  $\varnothing 114,3 \times 7.9\text{мм}$  L=29.3км
- Основной шлангокабель  $\varnothing 120\text{мм}$  L=29.6км
- ПЛЕТ 20" (508мм)

## Система сбора газа (ПДК)

- Манифольд
- Внутрипромысловые трубопроводы L=13,2км  $\varnothing 273,1 \times 15.9\text{мм}$  + 4 ПЛЕТа + 2 Тройника
- Внутрипромысловые шлангокабели L=16,2км
- Навесные перемычки шлангокабелей
- Компенсаторы

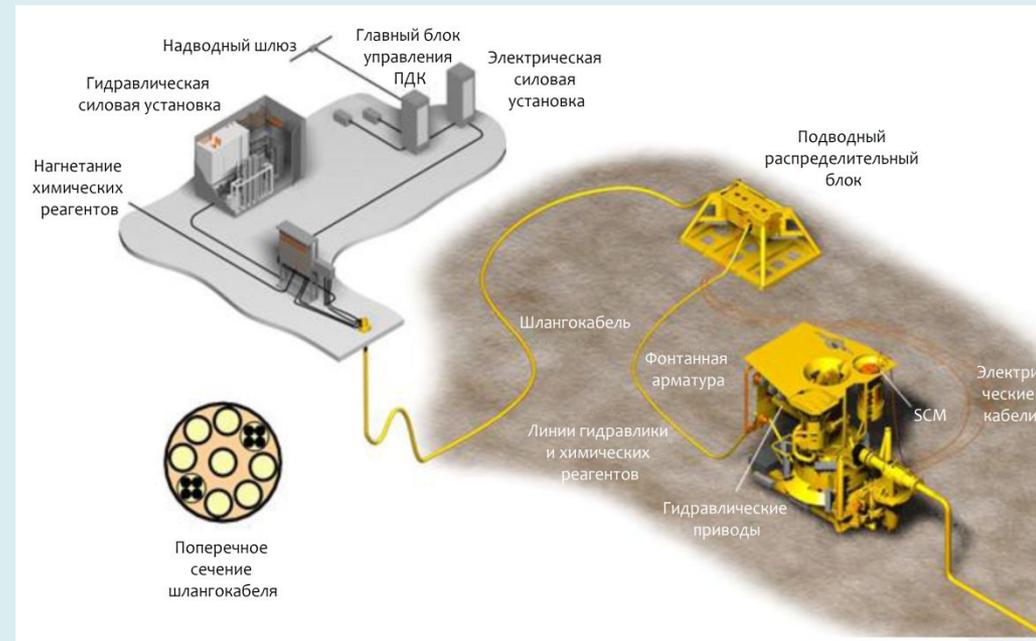
## Арктические условия – подводные проблемы

- Чувствительная окружающая среда
- Большие расстояния, слаборазвитая инфраструктура
- Экстремально низкие температуры воздуха
- Короткие сезоны для надводных операций
- Сезонная темнота
- Лед – в различных формах
- Тектоническая активность



## Чувствительная окружающая среда □ никаких сбросов

- Замкнутая электрогидравлическая система управления
- Безвредные («зеленые») контрольные флюиды
- В критических ситуациях, остановки систем в скважинах с помощью клапанов, «самозакрывающихся при отсутствии гидравлического давления»

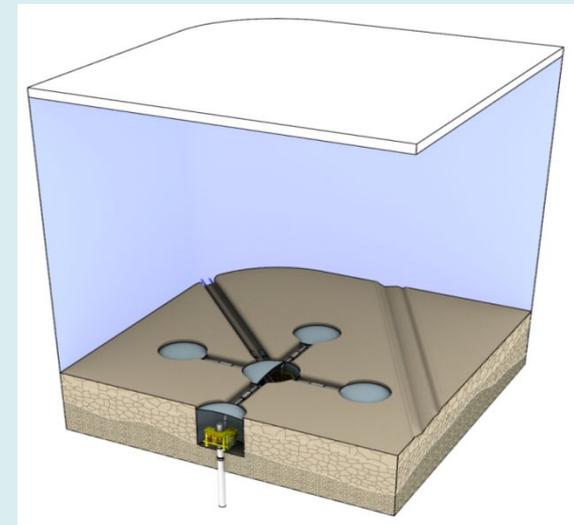
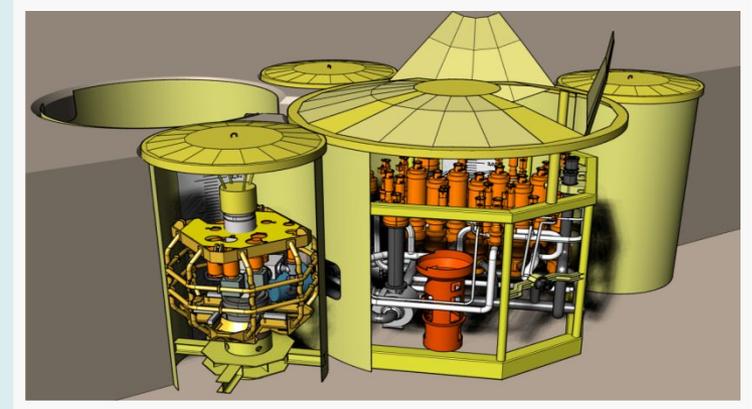


Общая схема системы управления ПДК

## Лед и мелководье – оборудование, заглубленное в грунт дна моря

Припайный лед на мелководье или айсберги могут оказывать физическое ударное воздействие на подводные объекты. Специалисты предлагают заглублять оборудование в грунт:

- Пример в правом верхнем углу очень компактный – манифольд + 4 скважины
- Пример с правом нижнем углу более широкий – компоновка кустом



# Специфика ПДК как опасного производственного объекта

- **Высокая степень автоматизации**
  - отсутствие людей в непосредственной близости от работающего оборудования;
  - высокие требования к надежности работы оборудования.
- **Обслуживание и ремонт при помощи спускаемого с судов оборудования**
  - связаны с риском для людей;
  - имеют ограничения на проведение по природно-климатическим условиям;
  - падение предметов с судов, якорей и якорных цепей могут нанести повреждения другим подводным объектам.
- **Высокие производственные и экологические риски**
  - Сложность, длительность и опасность для судов при ликвидации аварий с фонтанированием скважины;
  - последствия выбросов УВ при фонтанировании скважины существенно превосходят объемы разливов при разрывах подводных трубопроводов и авариях танкеров;
  - сложность обнаружения малых утечек УВ
- **Влияние состава утечки на экологические последствия**
  - объемы разливов, области распространения и время существования углеводородного загрязнения, применимость технологий их сбора существенным образом зависят от физико-химических свойств вытекших УВ (нефть/конденсат) и сезона разлива

**Отмеченное обуславливает необходимость обеспечения безопасности на всех этапах жизненного цикла ПДК (проектирование → производство оборудования → строительство → эксплуатация)**

# Основные решения по обеспечению безопасности (снижению рисков) для ПДК

## **А. Отсутствие людей вблизи работающего оборудования:**

- автоматизация оперативного управления работой ПДК,
- полное исключение водолазных работ для управления, обслуживания и ремонта (робототехнические комплексы).

## **Б. Обеспечение безопасности при проведении работ с судов:**

- использование специального оборудования, позволяющего проводить работы в морских условиях безопасным образом;
- применение технологий проведения работ, обеспечивающих возможность прерывания этих работ в произвольный момент;
- создание локальных внешних защитных конструкций над наиболее уязвимыми элементами ПДК и в местах предполагаемого проведения активных работ.

# Основные решения по обеспечению безопасности (снижению рисков) для ПДК

## В. Требования к системе барьеров безопасности :

- **обеспечить надежность и живучесть** барьеров безопасности в экстремальных условиях,
- **контроль работоспособности** каждого барьера безопасности и возможность проведения его ремонта (либо гарантия его надежности на весь период эксплуатации),
- **оптимальное дублирование** барьеров в системе (отказ одного активного барьера в системе не может привести к аварии);
- архитектура системы должна **минимизировать возможность каскадного распространения аварии** как в пределах ПДК, так и с ПДК на сопряженные с ним морские платформы и наоборот.

## Г. Организационные решения

- Применять комплексные системы управления безопасностью (в соответствии с требованиями API RP 75)

## **Основные решения по обеспечению безопасности (снижению рисков) для ПДК**

**Д. Применять особые требования к скважине и устьевому оборудованию, ужесточенные после аварии в Мексиканском заливе**

- при бурении, строительстве скважин,
- при добыче и проведении внутрискважинных работ, ремонте.

**Е. Обращать особое внимание снижению экологических рисков**

- регулярное проведение неразрушающего контроля (внутритрубная диагностика и др.),
- обеспечить контроль возникновения незначительных утечек (постоянного - в местах множественных соединений, периодический – на всем оборудовании и трубопроводах с помощью наблюдения с ROV);
- использовать технологии и технические решения, обеспечивающие возможность быстрой ликвидации малых утечек без остановки добычи;
- ввести критерий «допустимого» экологического риска при эксплуатации ПДК.

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**

