



Дальневосточный федеральный университет
Инженерная школа

Магистерская программа
«Морские гидротехнические сооружения и водные пути»

Дисциплина
«Особенности шельфовых
сооружений»

Профессор А.Т. Беккер



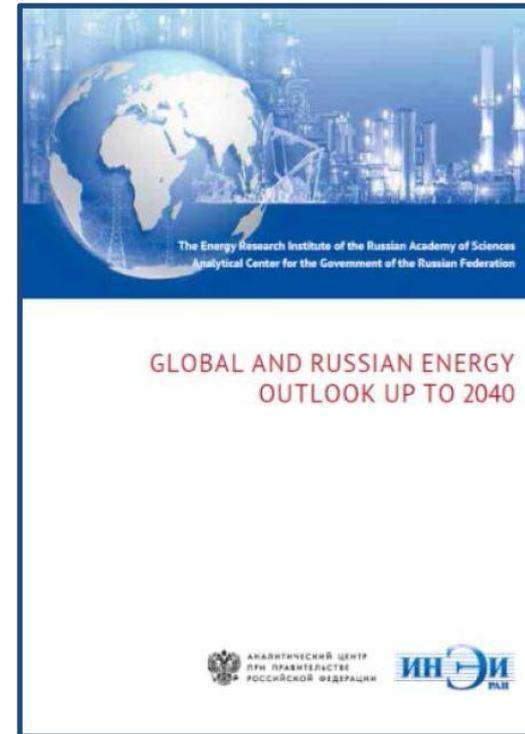
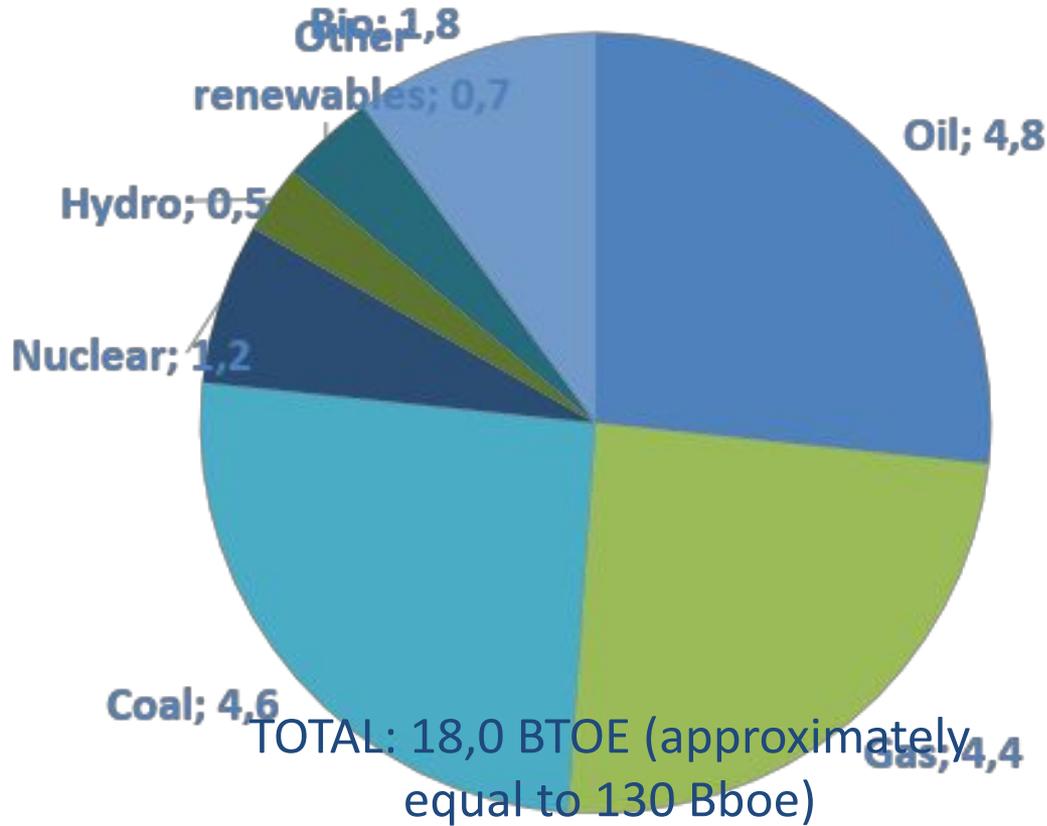
1. Континентальный шельф и его значение. Глобальные ресурсы континентального шельфа.

Арктика. Этапы освоения месторождений углеводородов на шельфе.

Элементы ветровых волн



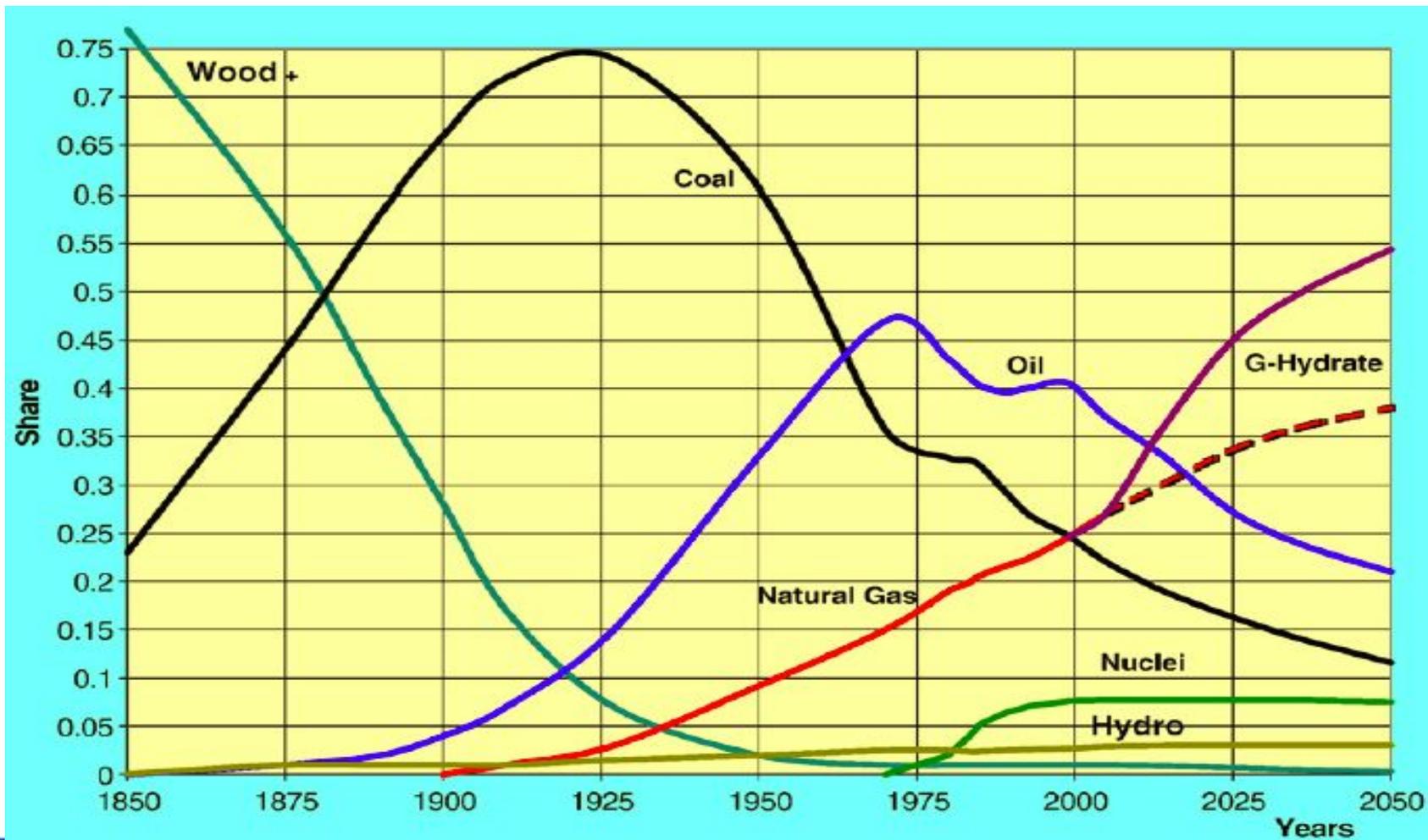
Мировое потребление различных источников энергии



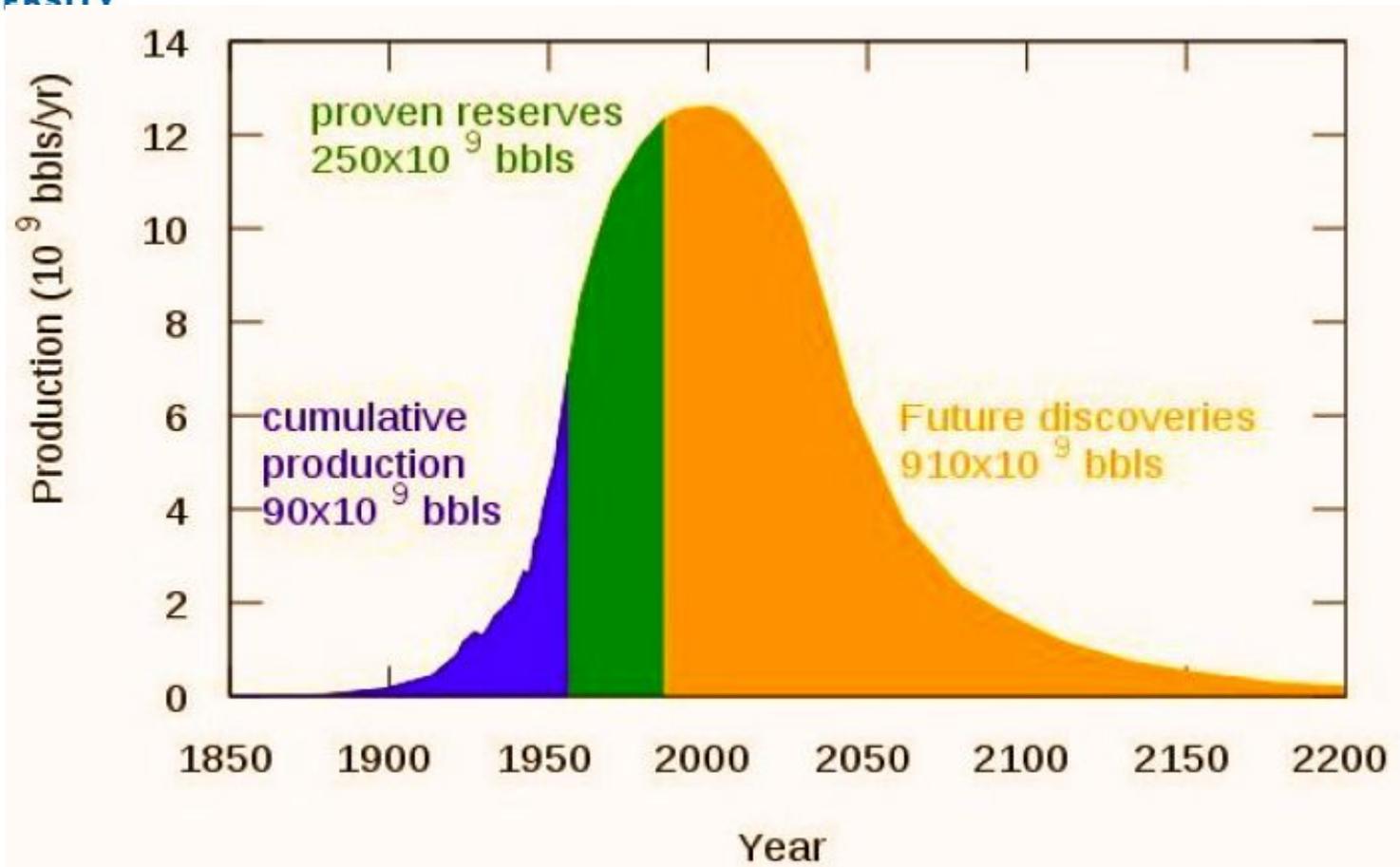
BTOE – billion tons of oil equivalent Source: INES RAS report, May 2013

http://www.eriras.ru/files/Global_and_Russian_energy_outlook_up_to_2040.pdf

Замещение источников энергии в мире

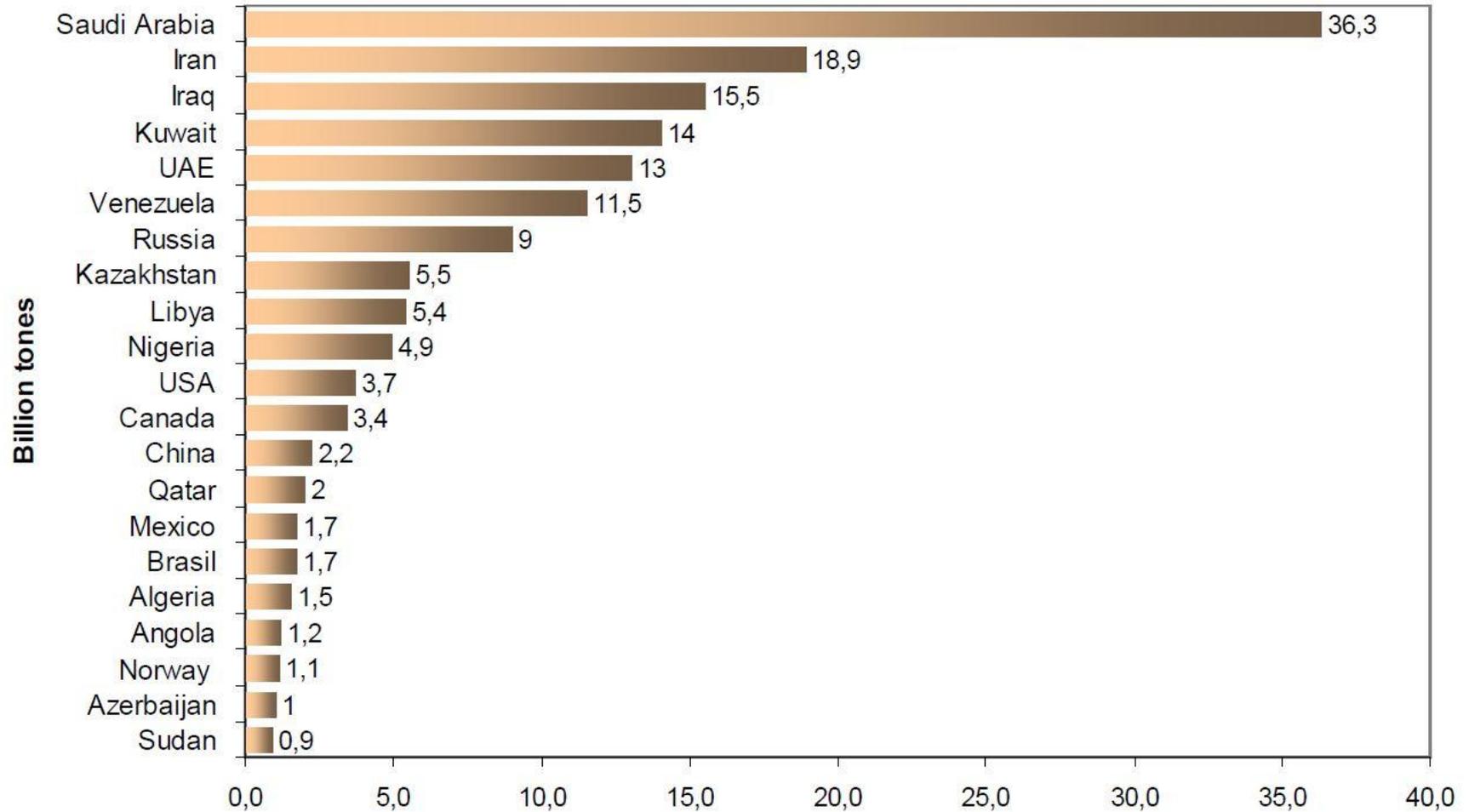


“Пик нефти ” и мировой прогноз добычи нефти

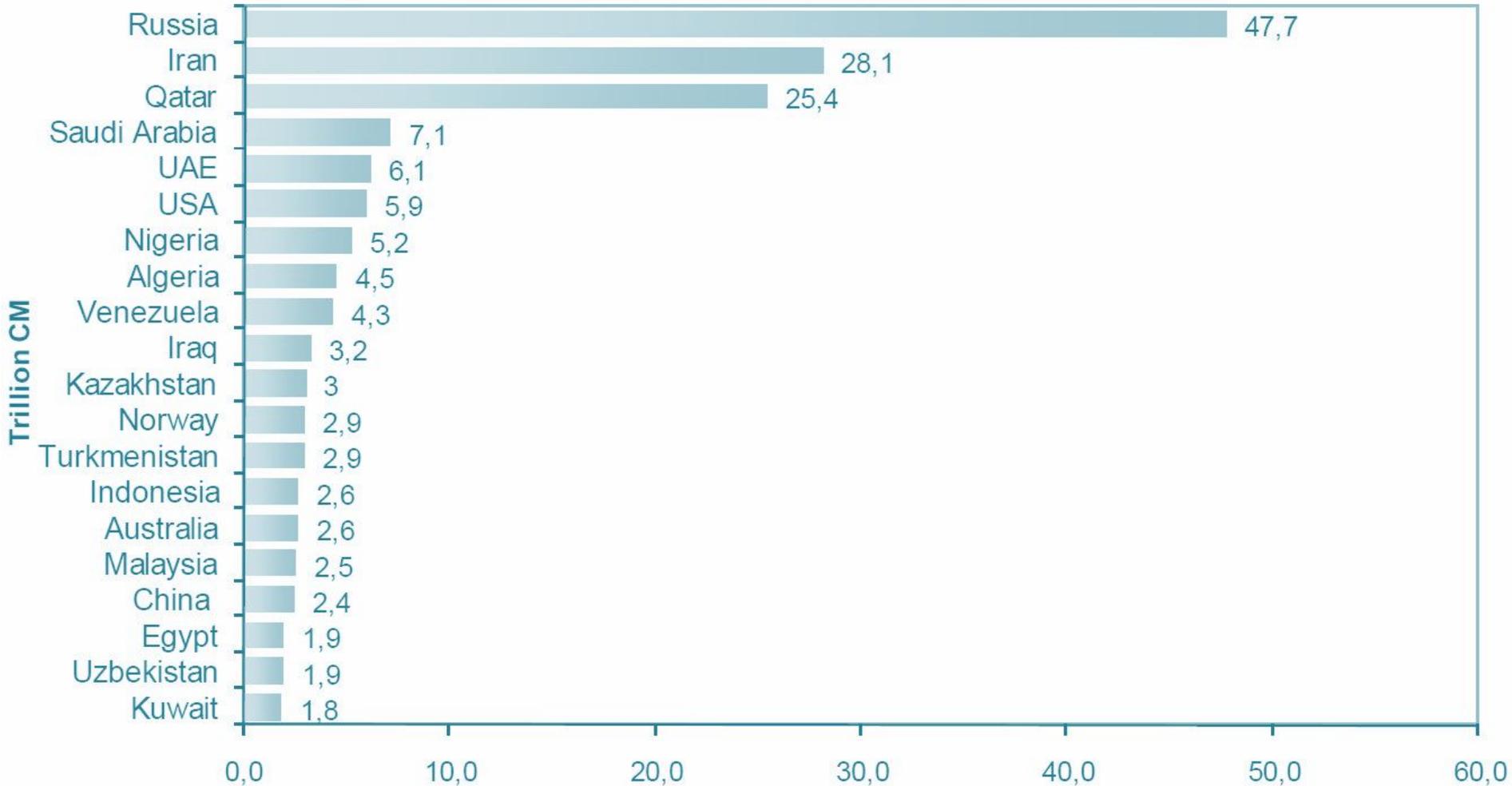


Hubbert's Peak of Oil Production

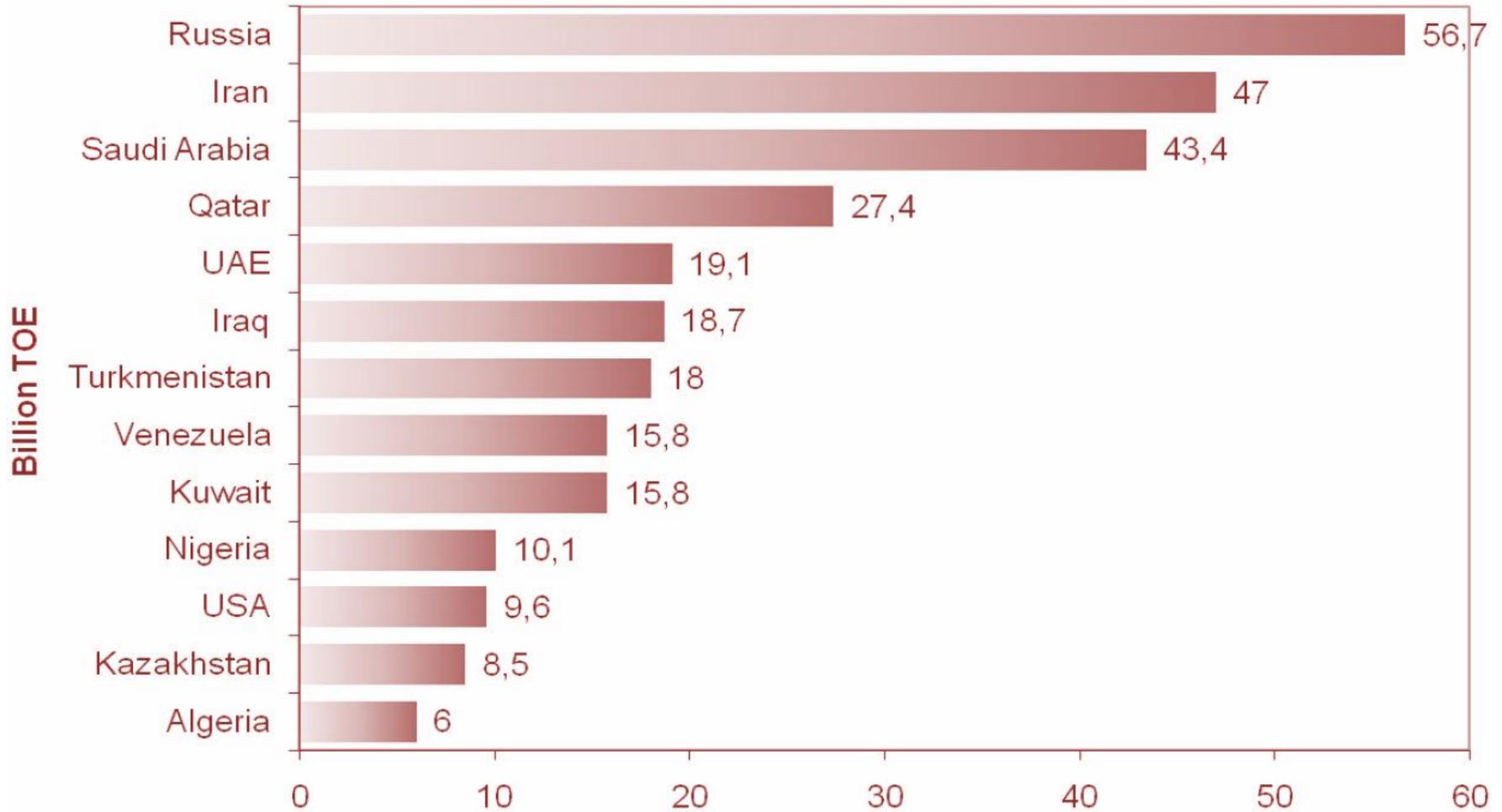
Мировые запасы нефти



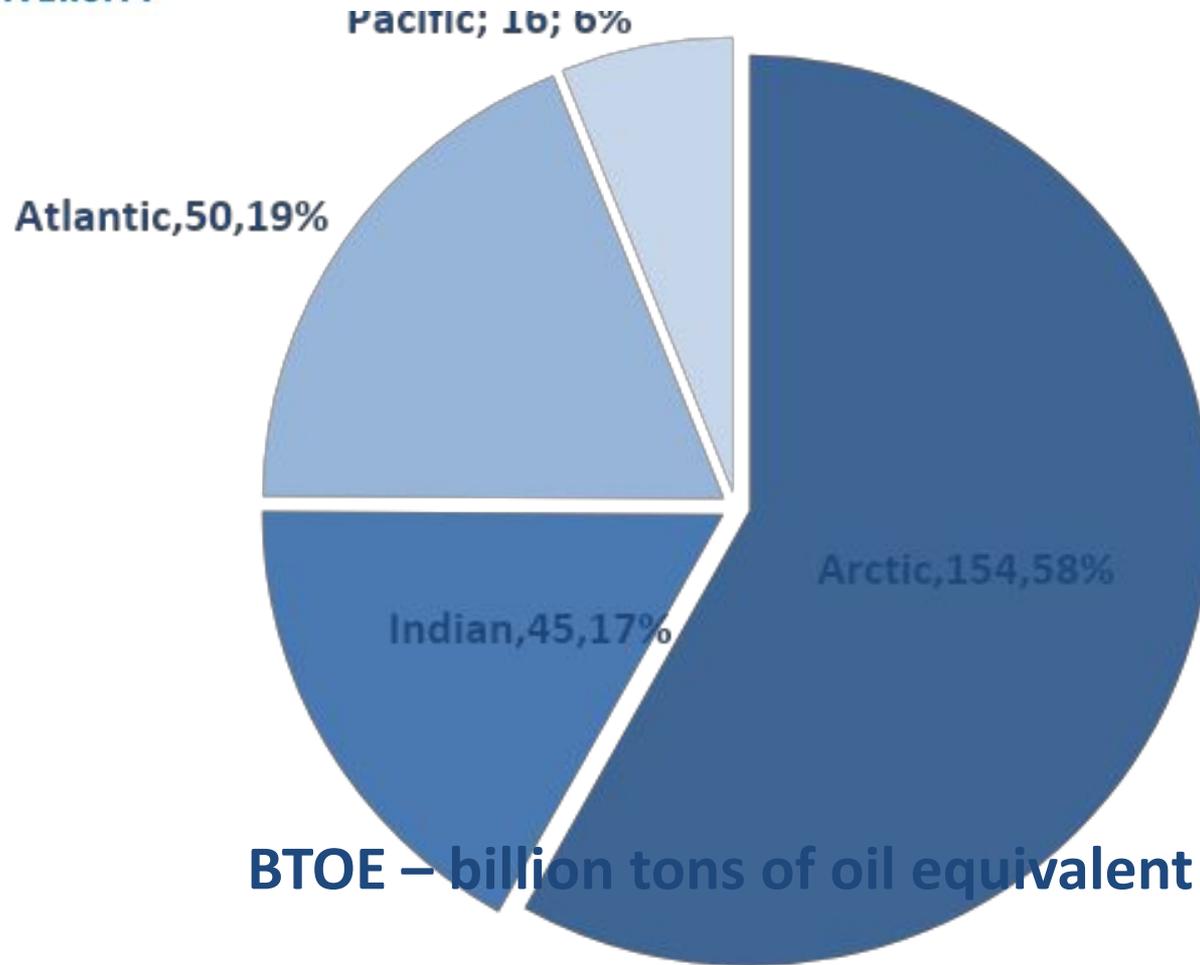
Глобальные запасы газа



Мировые запасы нефти и газа

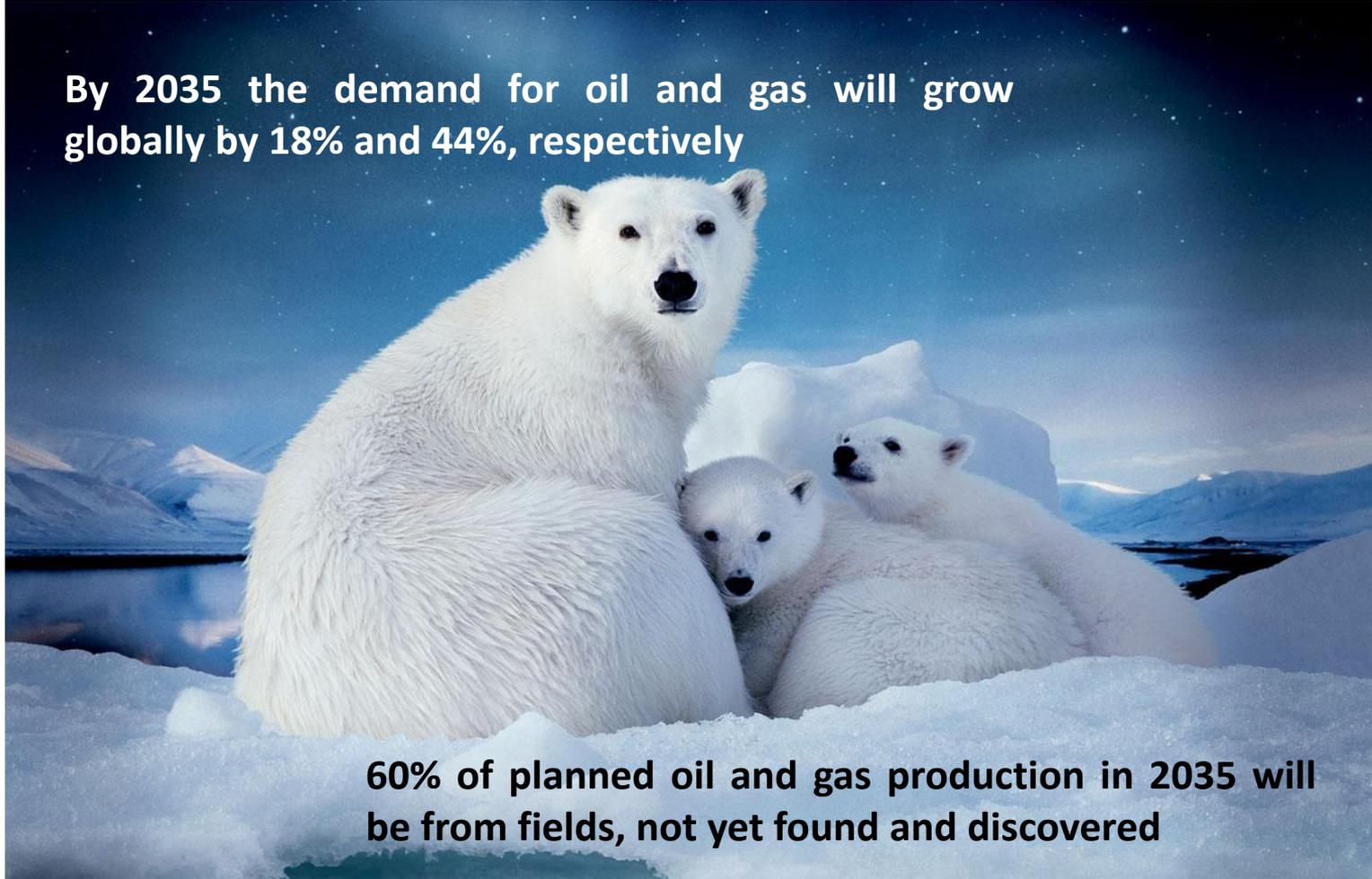


Ресурсы углеводородов Мирового океана



Почему Арктика так важна?

By 2035 the demand for oil and gas will grow globally by 18% and 44%, respectively

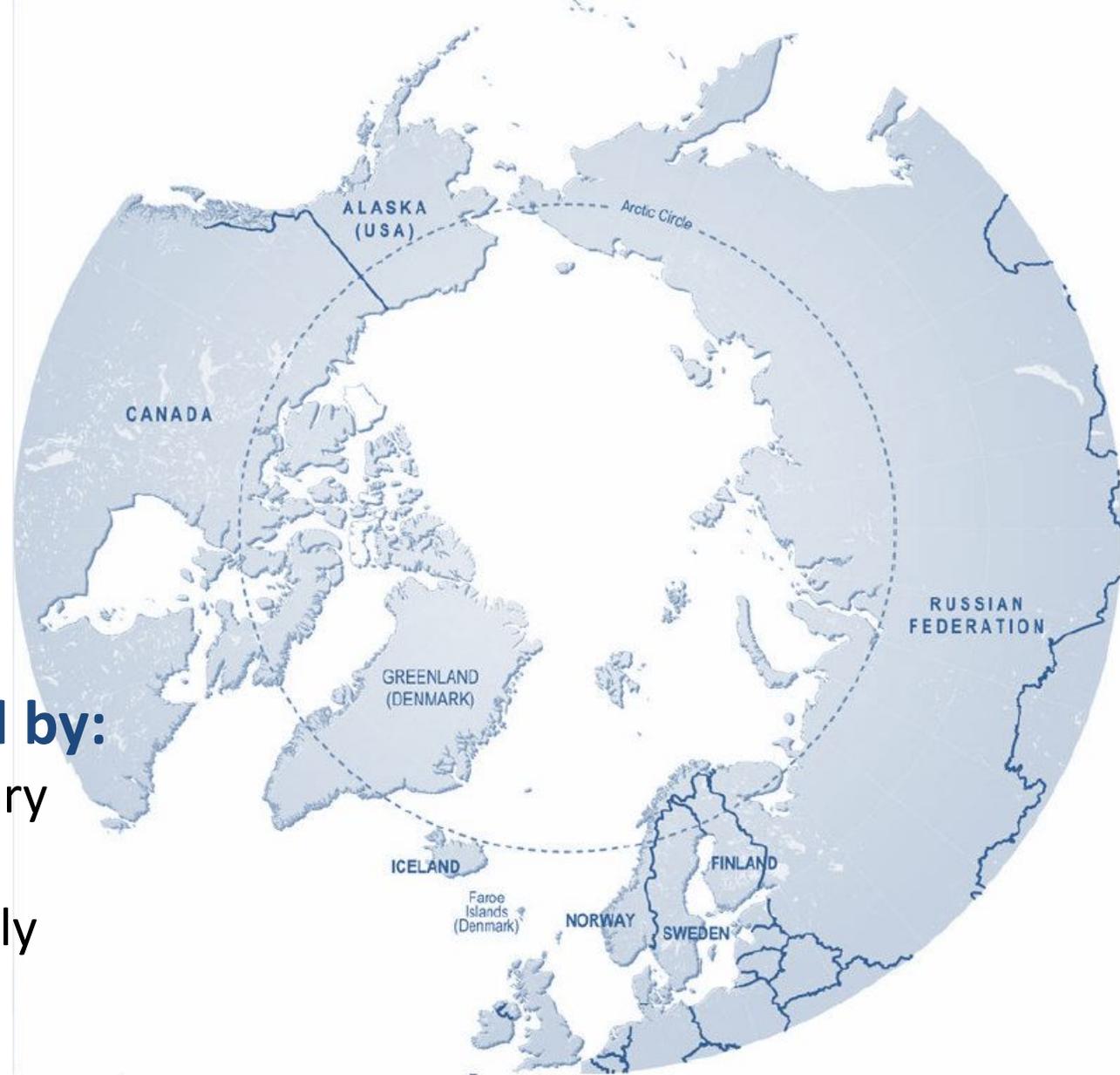


60% of planned oil and gas production in 2035 will be from fields, not yet found and discovered

Определение Арктики

The Arctic is defined by:

- ✓ Arctic marine boundary
- ✓ The Arctic circle
- ✓ Temperature (10°C July isotherm)
- ✓ No trees =)





Арктические нефтяные ресурсы



Энергетические ресурсы Арктики

1. South Kara Sea
2. North Kara Sea
3. Laptev Sea
4. East Siberian Sea
5. Chukchi Sea
6. Alaska North Slope
7. East Greenland
8. Barents Sea

30% of the world's undiscovered natural gas and 13% of the world's undiscovered oil in the Arctic (source: US



Неразведанный потенциал углеводородов в Арктике

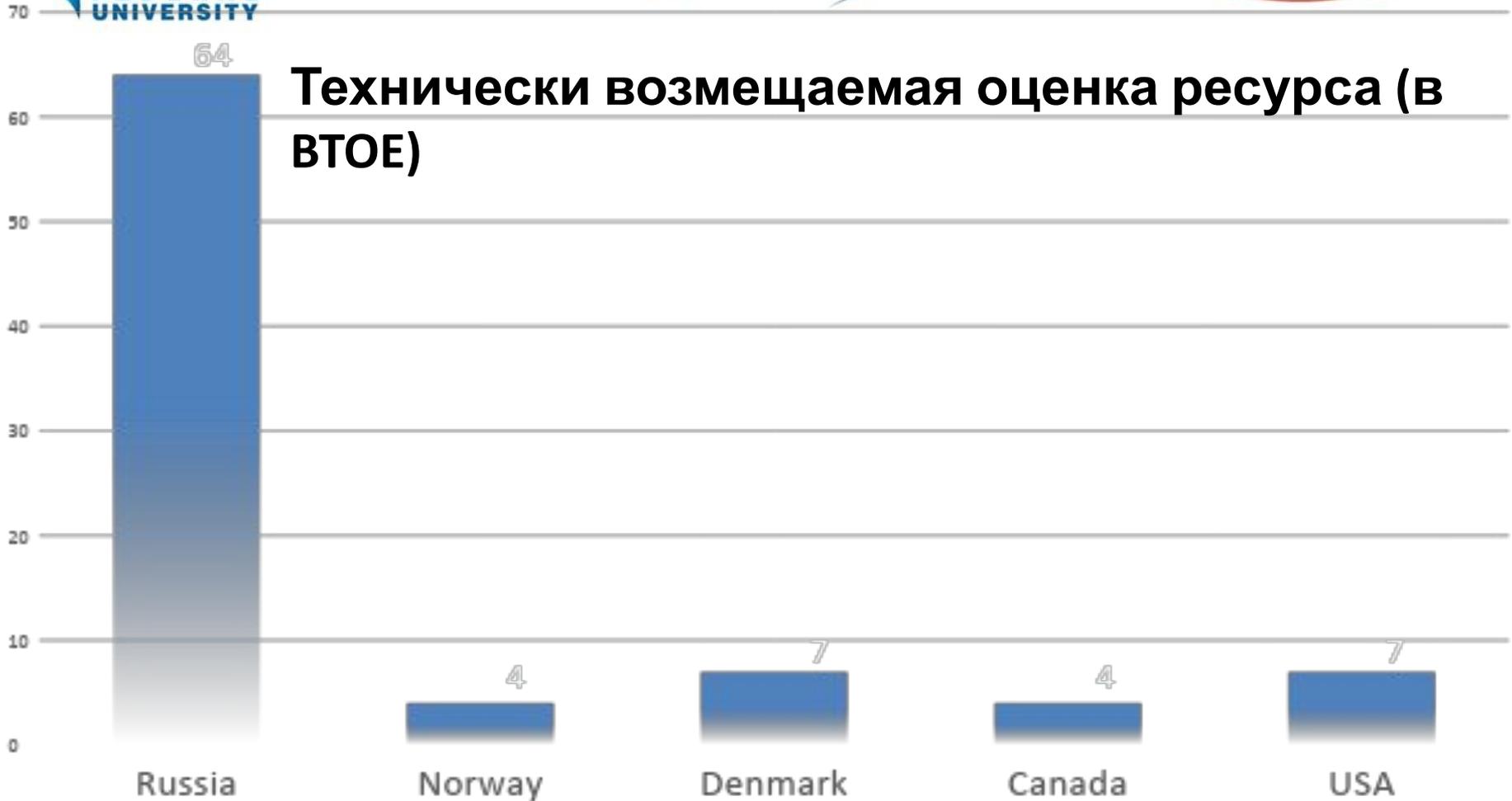


Belonin, M.D. and Grigorenko, Yu.N.

In the book «Oil and Gas of the Arctic», Moscow, 2007

Технически извлекаемые ресурсы нефти и газа Арктики

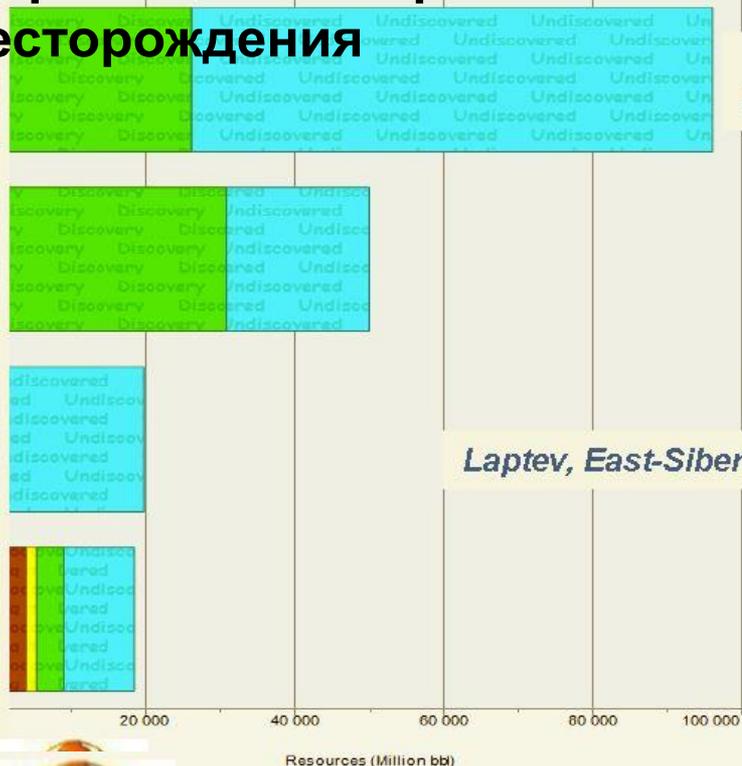
Технически возмещаемая оценка ресурса (в ВТОЕ)



Потенциал углеводородов российского Арктического шельфа

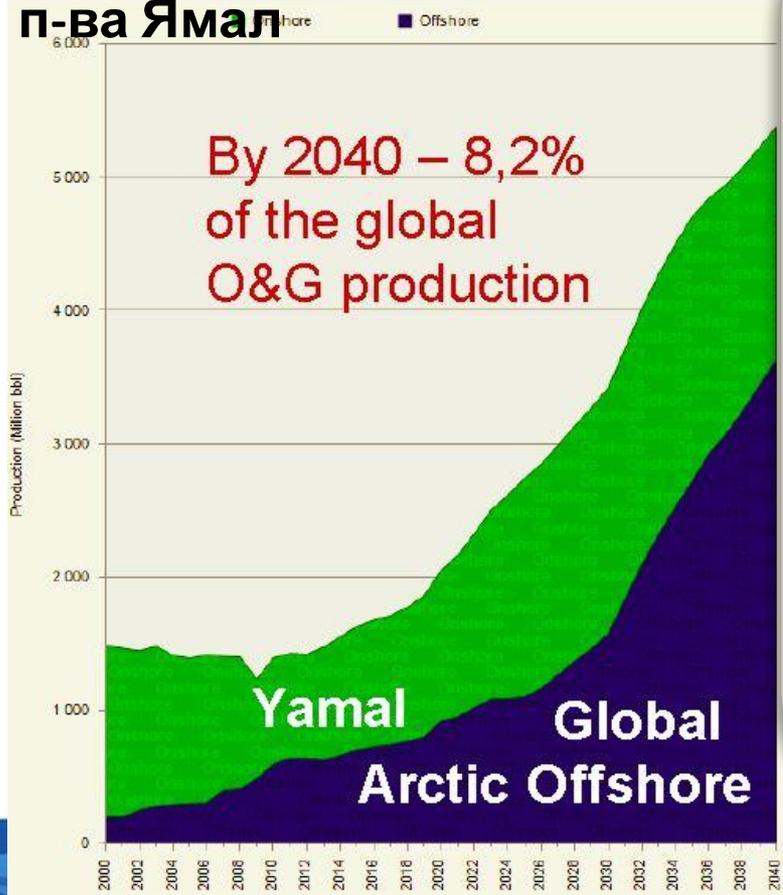
Производство, разрабатываемые,
открытые и неоткрытые
месторождения

Liquid / gas

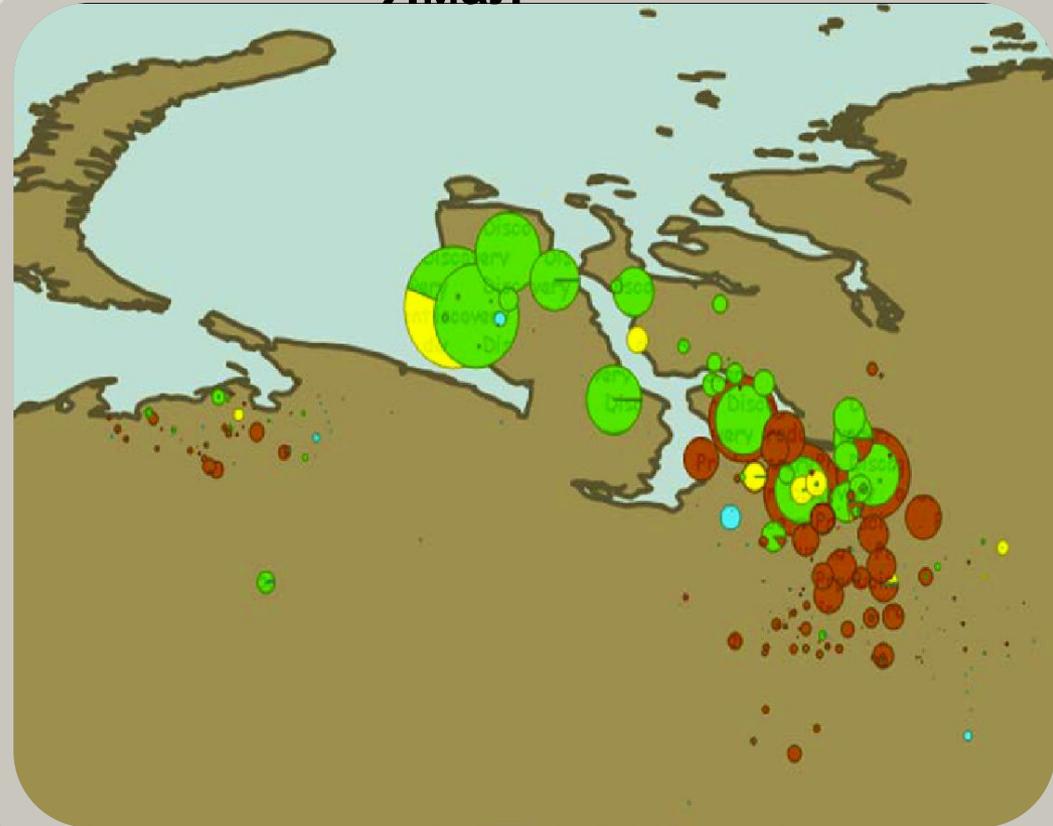


Потенциал углеводородов российских шельфов Арктики

Добыча нефти и газа на
шельфах Арктики + на суше
п-ва Ямал



На суше п-ва
Ямал



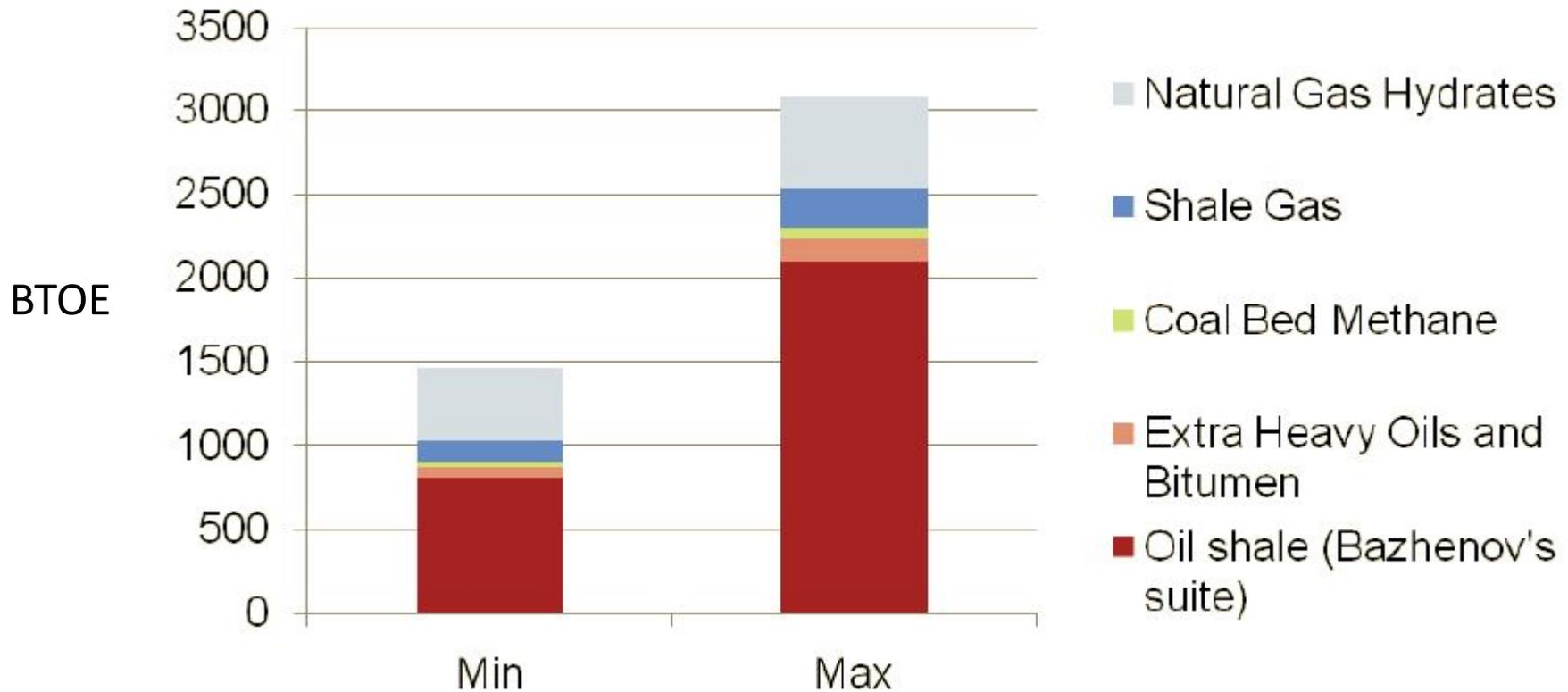


Сколько можно произвести ?
Можем ли мы предвидеть
будущее производство?



- Газовый гидрат
- Сланцевый газ
- Метан угольных пластов
- Сверхтяжелые нефть и битум
- Сланцевая (плотная) нефть и плотные смеси

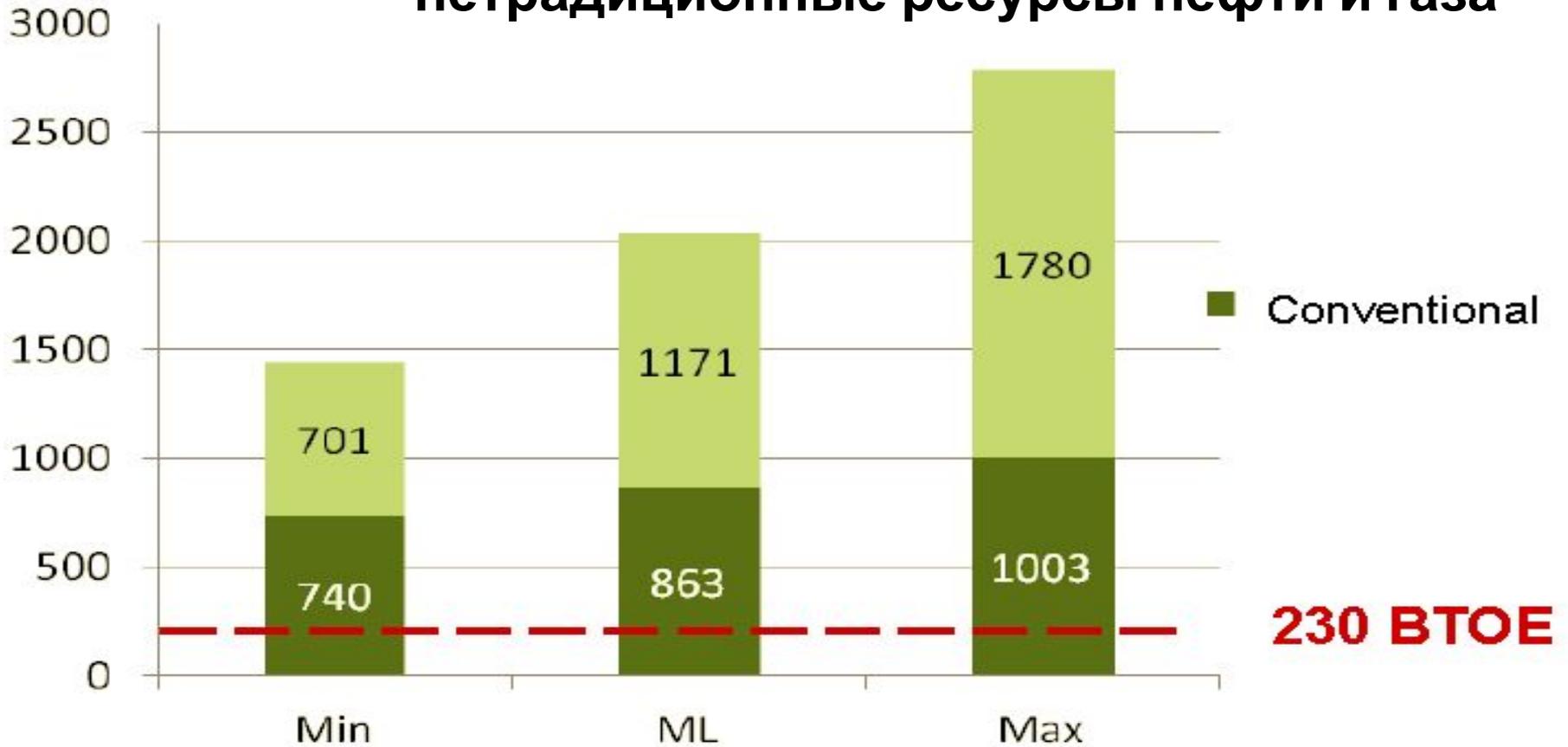
Российские ресурсы нетрадиционных углеводородов



BTOE – billion tons of oil equivalent

МОЖНО ДОБЫВАТЬ?

Извлекаемые традиционные и нетрадиционные ресурсы нефти и газа



- Ископаемые виды топлива (нефть, газ и уголь) будут продолжать играть ключевую роль в глобальном потреблении первичной энергии в долгосрочном прогнозе
- К 2040 году нефть и газ доля в мировом энергетическом спросе (18 ВТОЕ в год) будет оставаться высокой (около 52%)
- Арктические береговые и морские условные нефтегазовые ресурсы способны внести свой вклад 8-9% к мировому спросу на энергию
- Доля российского традиционных газа и нефти из Арктического региона в общем объеме добычи в Арктике может превысить 75%, что составляет от 6 до 6,75% мирового энергопотребления

Во второй половине XXI века производство углеводородов в арктическом нефтяном мега бассейне будет столь же важным в энергетическом обеспечении, как сегодня в бассейнах Персидского залива и Западной Сибири.
А. Конторович, РАО-2009



Проблемы освоения Арктического шельфа

Infrastructure is the basic physical and organizational structure needed for the operation of a society or enterprise, or the services and facilities necessary for an economy to function. It can be generally defined as the set of interconnected structural elements that provide a framework supporting an entire structure of development.

Трудности освоения Арктического шельфа

- Морское Строительство
- **Геотехнические аспекты: морское дно и морские ПОВЕРХНОСТИ**
- **Экологические и социальные**
- **Последствия морского строительства**

- Расстояния и глубины
 - Гидростатическое давление и плавучесть
 - Температура
 - Химия взаимодействия морской среды и атмосферы
 - Течения, волны и волны
 - Ветры и штормы
 - Приливы и штормовые приливы
 - Дождь, снег, туман, брызги, Атмосферическая обледенение, и молния
 - **Морской лед и айсберги**
 - Сейсмичность, моретрясения и цунами
 - Наводнения
 - Пропахивания
 - Подмыв и нагрузки на основание
- 

Геотехнические аспекты: морское дно и морские грунты

- Плотные Пески
- Разжижение грунтов
- Известковые Пески
- Ледниковые пропахивания и валуны на дне
- Неконсолидированные илы
- Подводная Вечная мерзлота
- Слабые арктические Илы и глины
- Ледяные пропахивания
- Грязи и глины (подводные склоны, дноуглубительные работы, отбор проб, проникновение, консолидация)

- Коралл и подобные биогенные грунты;
- Цементированные грунты,
- Валуны
- Неконсолидированные Пески
- Подводные Песчаные Дюны



Экологические и социальные последствия морского строительства

- Нефть и нефтепродукты
- Токсичные химические вещества
- Загрязненные грунты
- Строительный мусор
- Мутность
- Перенос отложений, очистка и эрозия
- Загрязнение воздуха
- Морская жизнь: млекопитающие и птицы, рыба и другая биота
- Водоносная формация
- Шум авто-, железных дорог, судов и самолетов
- Защита существующих сооружений
- Сжижение
- Безопасность общественных и сторонних судов
- Археологические проблемы

- Стальные конструкции для морской среды
- Строительный бетон
- Гибридные Металлобетонные Конструкции
- Пластмассы и синтетические материалы,
Композиты
- Титан
- Каменные, песчаные и Асфальто-битумные
материалы
- Лед

- Стальные конструкции для морской среды
- Строительный бетон
- Гибридные сталебетонные конструкции
- Пластмассы и синтетические материалы,
- Композиты
- Титан
- Каменные, песчаные и асфальто-битумные материалы
- Лед

Основные этапы жизненного цикла морских нефтегазовых проектов

ЛИНИЯ ВРЕМЕНИ

ПОИС

ИССЛЕДОВАНИЕ

ОБУСТРОЙСТВО

ЭКСПЛУАТАЦИЯ

Field life cycle

1 разведка

Seismic survey
Evaluation of the license area
Well planning

2 Начало производства

Эксплуатационное бурение

Интерпретация результатов
• Планирование разработки месторождений
• Планирование

Эксплуатационное бурение и эксплуатация скважин

- Интерпретация результатов
- Планирование разработки месторождений
- Планирование

3 End of production

4 Abandonment

Разведочное бурение
Данные бурения
• Толкование
• Планирование

Оценочное бурение
Интерпретация результатов
• Планирование разработки месторождений
• Планирование

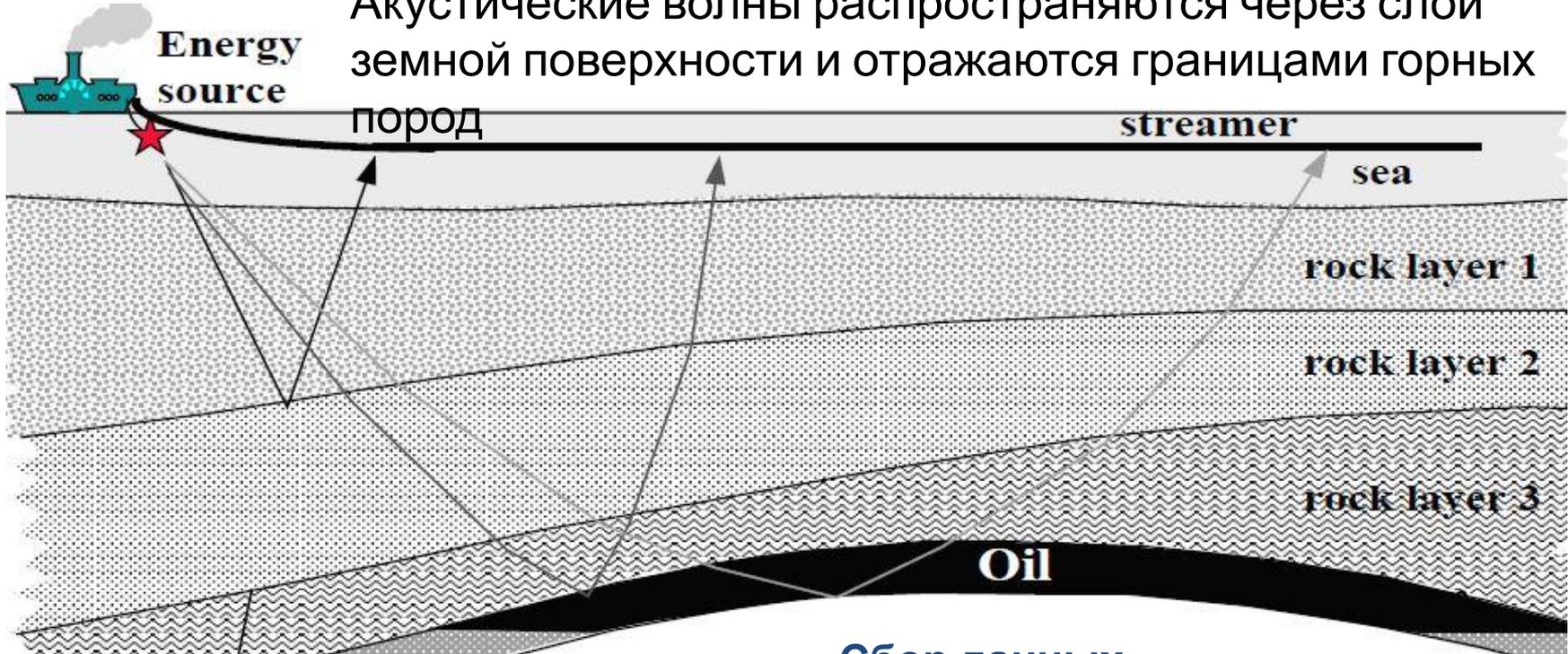


ПОИСК И РАЗВЕДКА



Поиск

Акустические волны распространяются через слои земной поверхности и отражаются границами горных пород



Сбор данных:

Геофизические данные

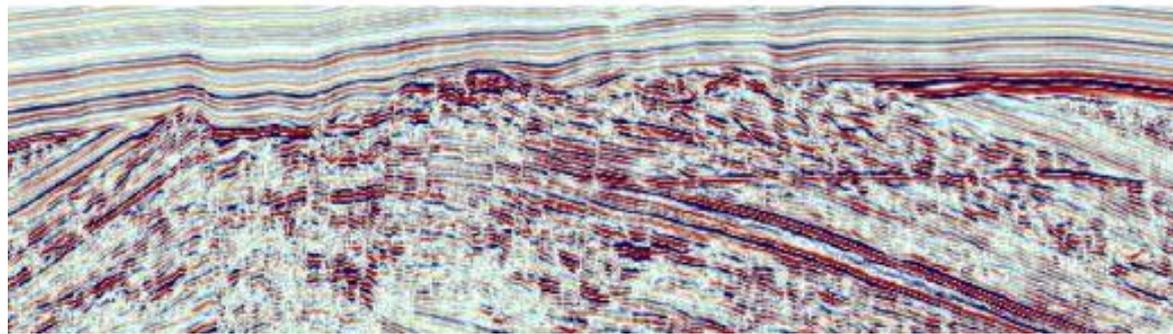
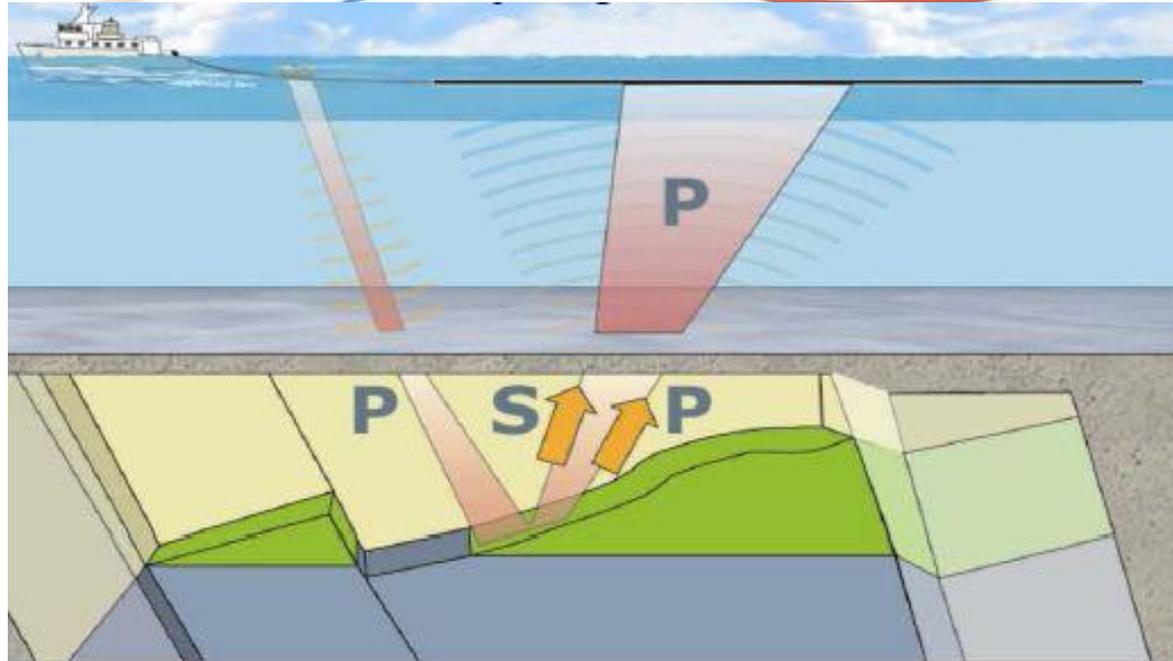
- проектирование и приобретение сейсморазведочных работ
- обработка сейсмических данных

Подповерхностные данные

2D Seismic

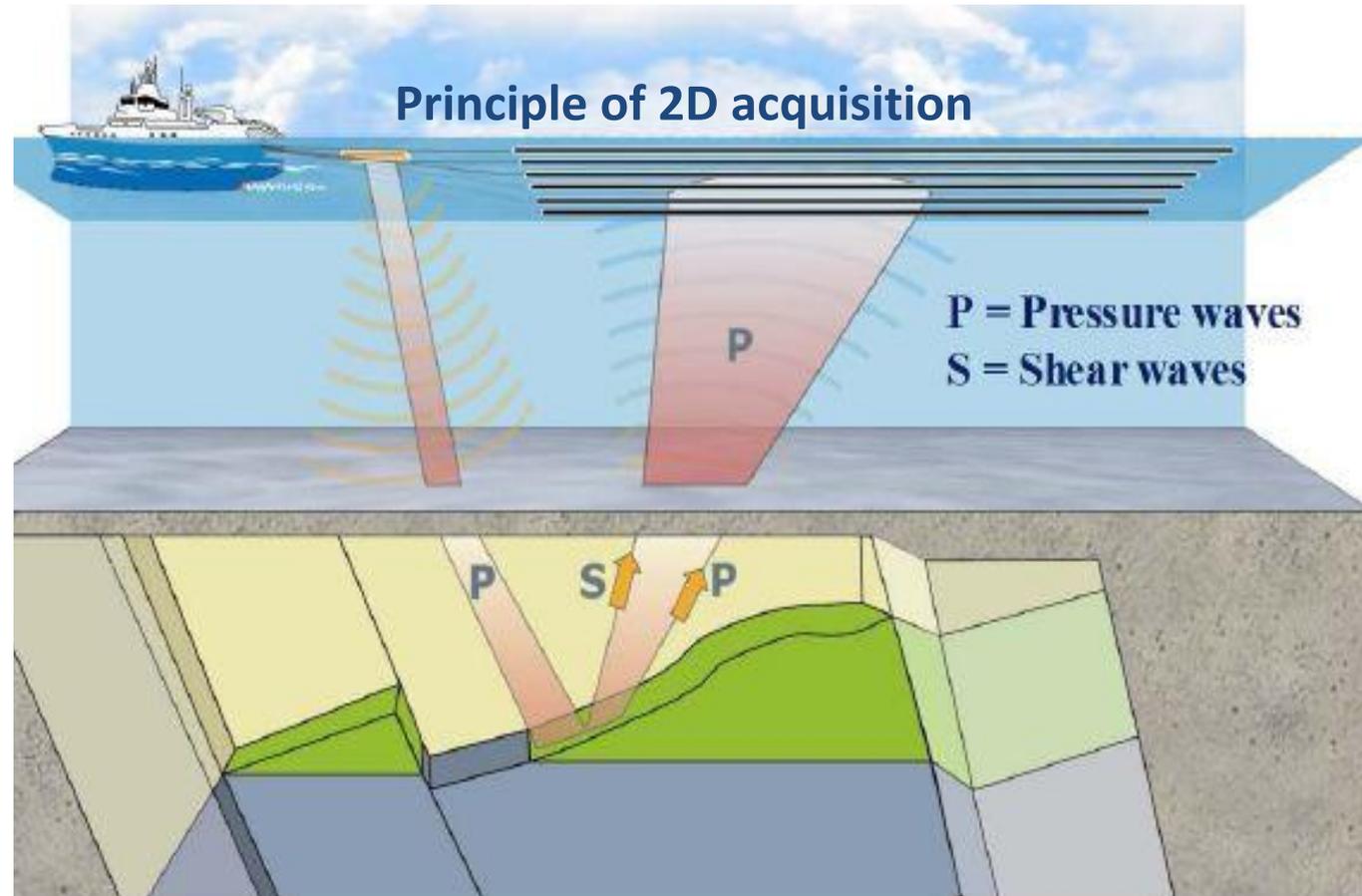
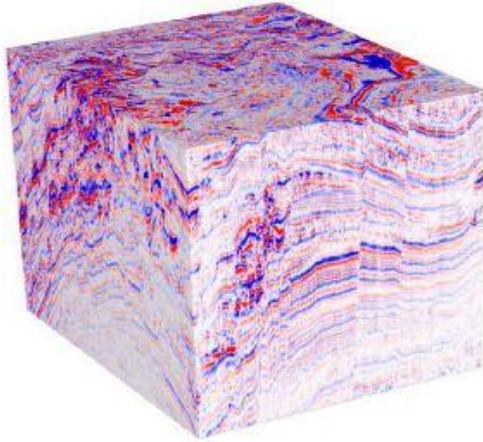
Принцип получения
картины 2D

P – волны сжатия
S – волны сдвига



Seismic section

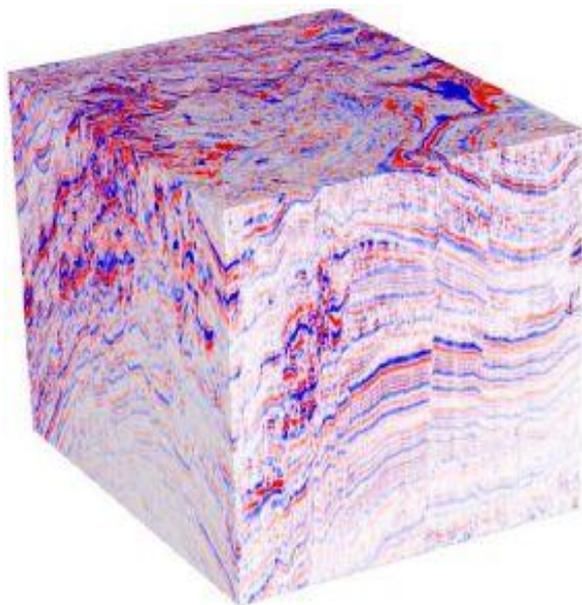
Seismic cube



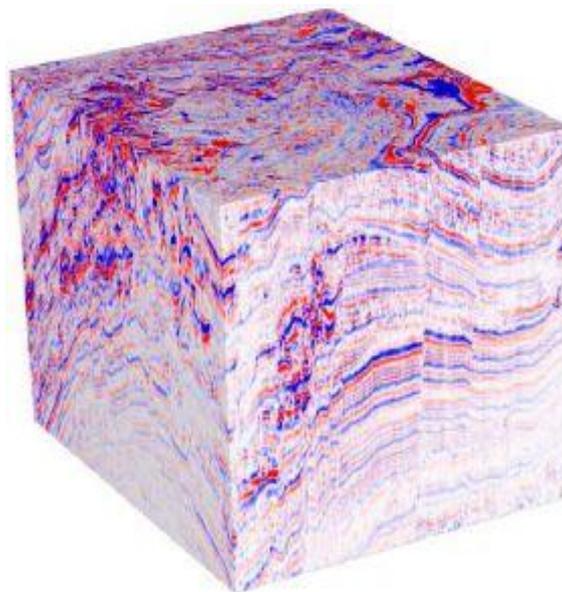
Близкое расстояние между стримерами (10 см друг от друга) позволяет представлять данные в виде сейсмических кубов.

4D Seismic

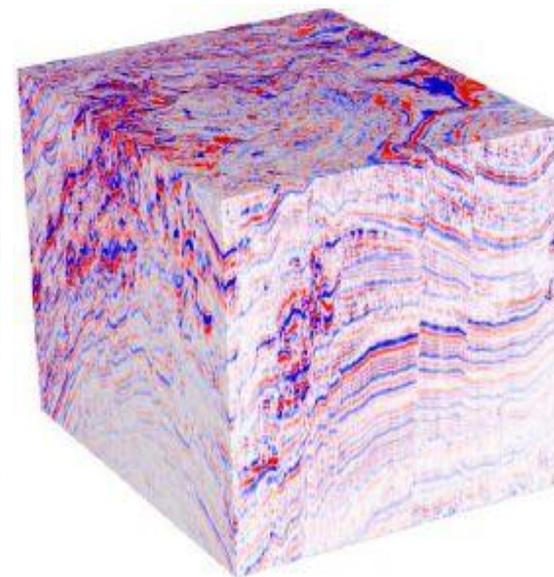
Это когда мы измеряем несколько раз в течение определенного периода времени.



1985



2000



2015

TIME LINE

Предполагаемые ключевые данные о недрах для выбора стратегии производства.

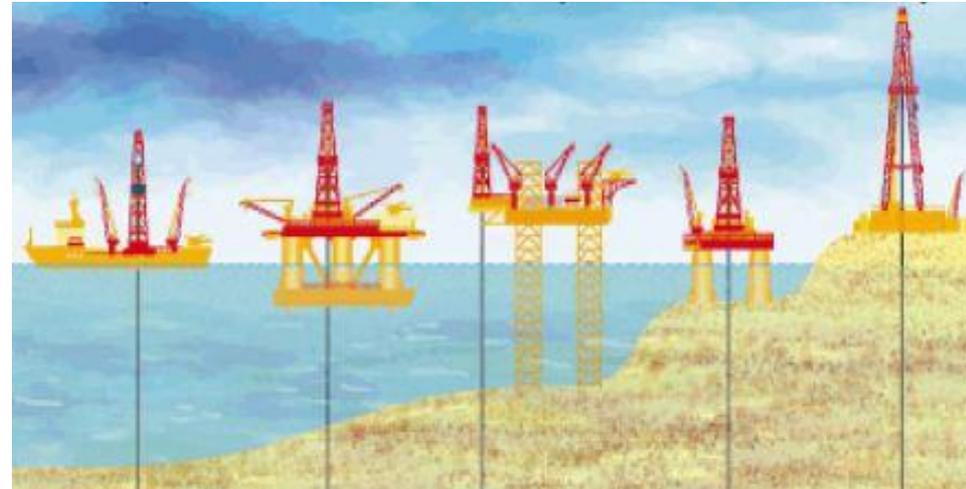
Характеристики
резервуара
Свойства флюидов

- Оценка ресурсов
- Дренажная стратегия
- Современные методы восстановления
- Эксплуатационное бурение
- Горизонтальное бурение
- Производительность
- Оценка запасов

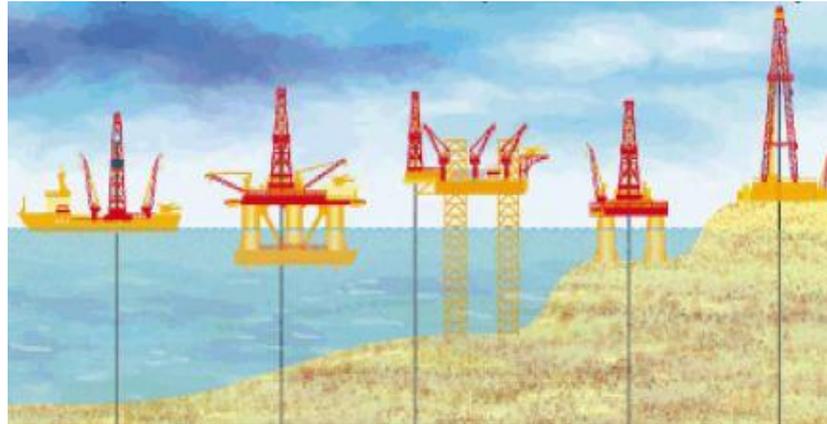
Известные буровые установки

Используются следующие основные виды буровых

- Береговые установки установок:
- Буровые баржи
- Погружные платформы
- СПБУ
- Полупогружные платформы
- Буровые суда

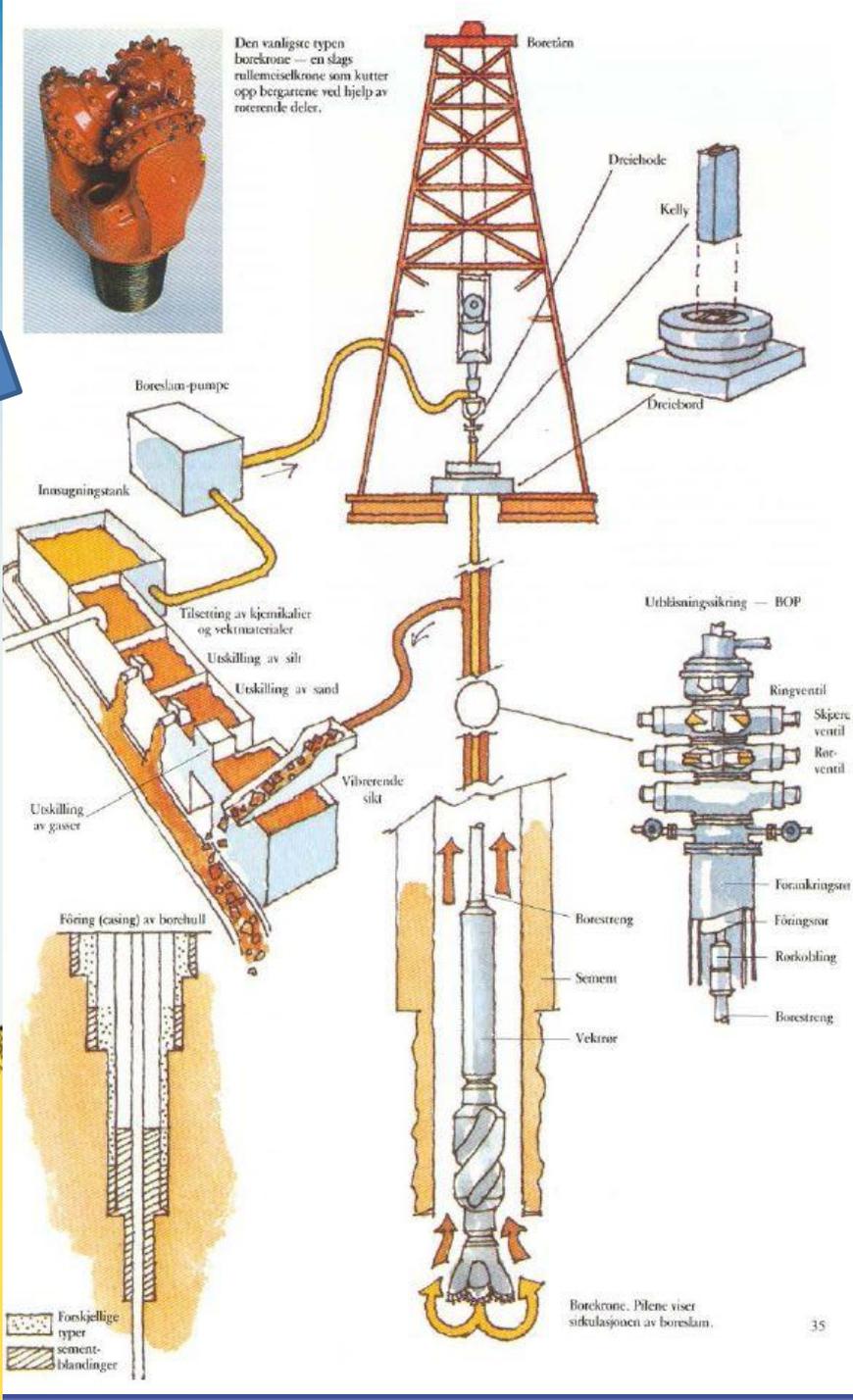


Примеры буровых установок





Принципиальная компоновка бурового оборудования



Буровые баржи



- Буровые баржи-это большие поплавки, Поддерживаемые снизу и перемещаемые в качестве поплавков к месту назначения
- После повторной дислокации установка погружается в воду до начала буровых работ
- Буровые баржи обычно используются в болотных районах, озерах и других мелководных районах
- Их можно также использовать в отмелой морской окружающей среде без сильных течений, которые часто случаются в открытых морях

Самоподъемные буровые установки



- Обычно несамоходные
- Транспортируются на плаву
- Имеет специальные опоры:
 - верхнем положении при транспортировке
 - опираются на дно в рабочем положении
- Понтон поднимается над водой
- Ограничение по глубине 150 м (500 футов)

Полупогружная буровая установка «West Alpha»



- Малая ватерлиния обеспечивает хорошую стабильность от волн
- Якорная система обеспечивает стабильность положения
- Автоматическая система позиционирования положения

Полупогружная буровая установка «Полярная Звезда» для проекта Сахалин 2



Буровые суда



- Буровые суда-это самоходные суда с высокой тоннажностью, позволяющие осуществлять автономное бурение в отдаленных районах
- Идеальный инструмент для бурения в глубоководных местах, хотя стабильность полупогружной платформы выше

Необходимость новых решений: новые технологии

- Arctic Drillship
- Sub-ice drilling
- Drilling submarine
- Drilling without wells??



- Арктическое Буровое Судно
- Подледное бурение
- Буровая подводная лодка
- Бурение без скважин??





Обустройство и эксплуатация



Основные виды объектов морских нефтегазовых проектов

- Надводные МНГС для различных технических целей
- Подводные комплексы
- Магистральные подводные трубопроводы с компрессорным и насосным оборудованием
- Заводы по сжижению газа
- Хранилища нефти и газа
- Береговые базы
- Портовые комплексы снабжения
- Специальные морские терминалы для нефти и газа
- Терминалы (береговые)

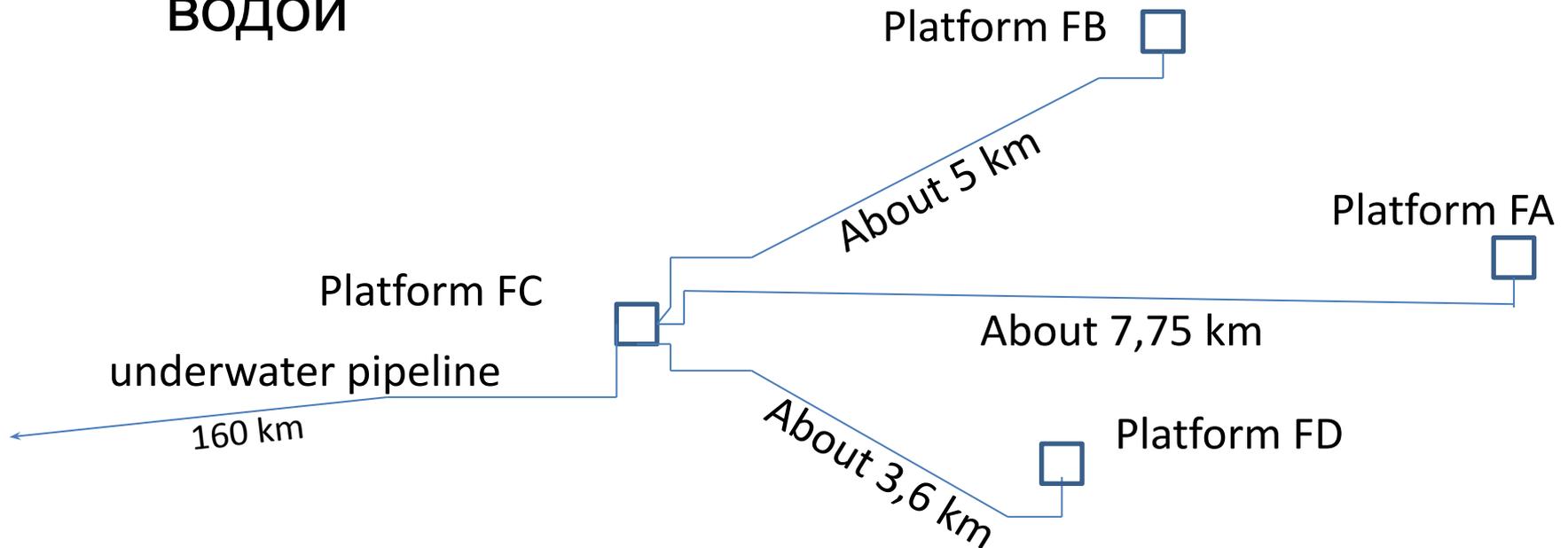
Схемы обустройства морских месторождений

- overwater
- underwater
- combined

Wave resistance
and **ice resistance**
structures

Надводная схема

Когда устье скважины находится над водой



Scheme of the main structures field "Forties" in the North Sea.

Надводная схема

Различные варианты

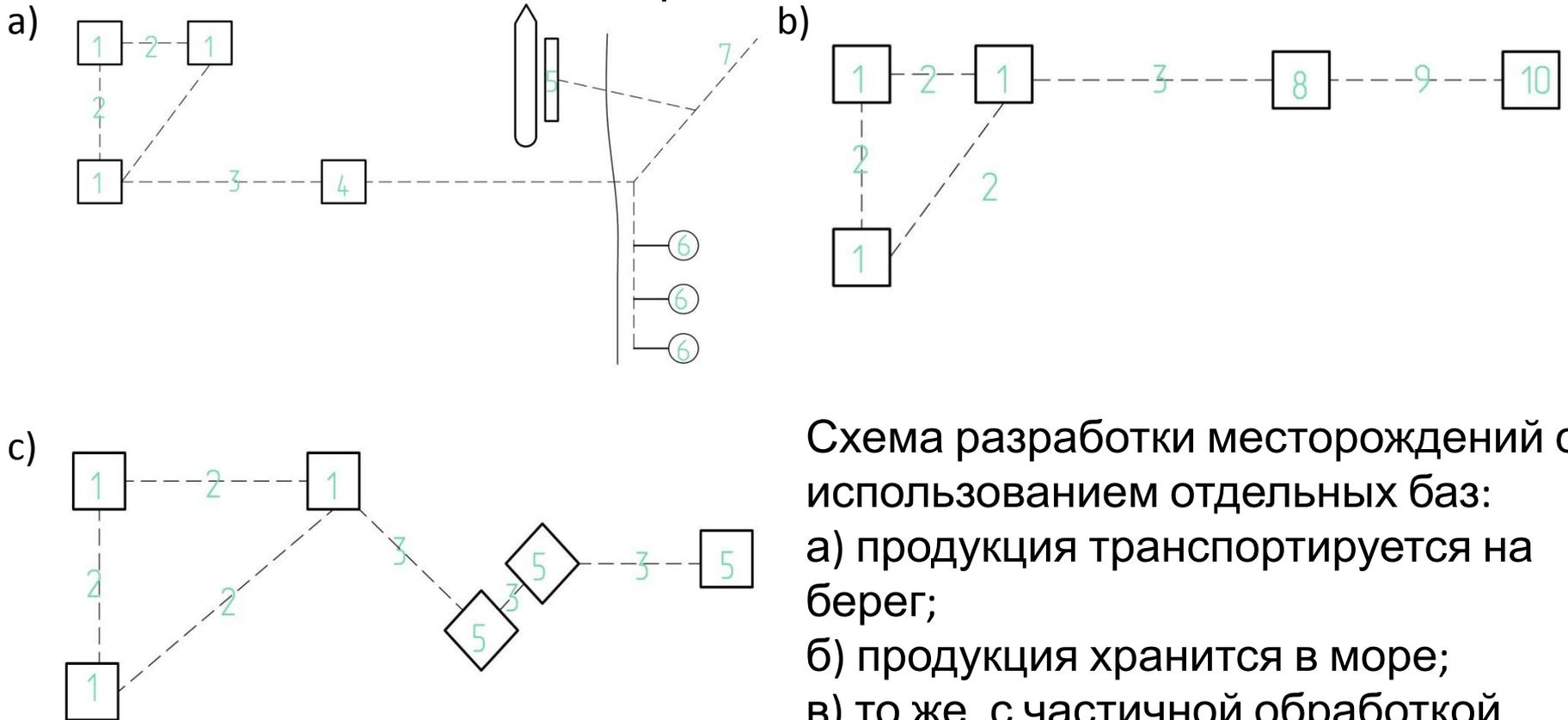


Схема разработки месторождений с использованием отдельных баз:

- а) продукция транспортируется на берег;
- б) продукция хранится в море;
- в) то же, с частичной обработкой.

Example

Troll-A platform in the Troll field



Подводная схема

Это когда устье скважины находится под водой.

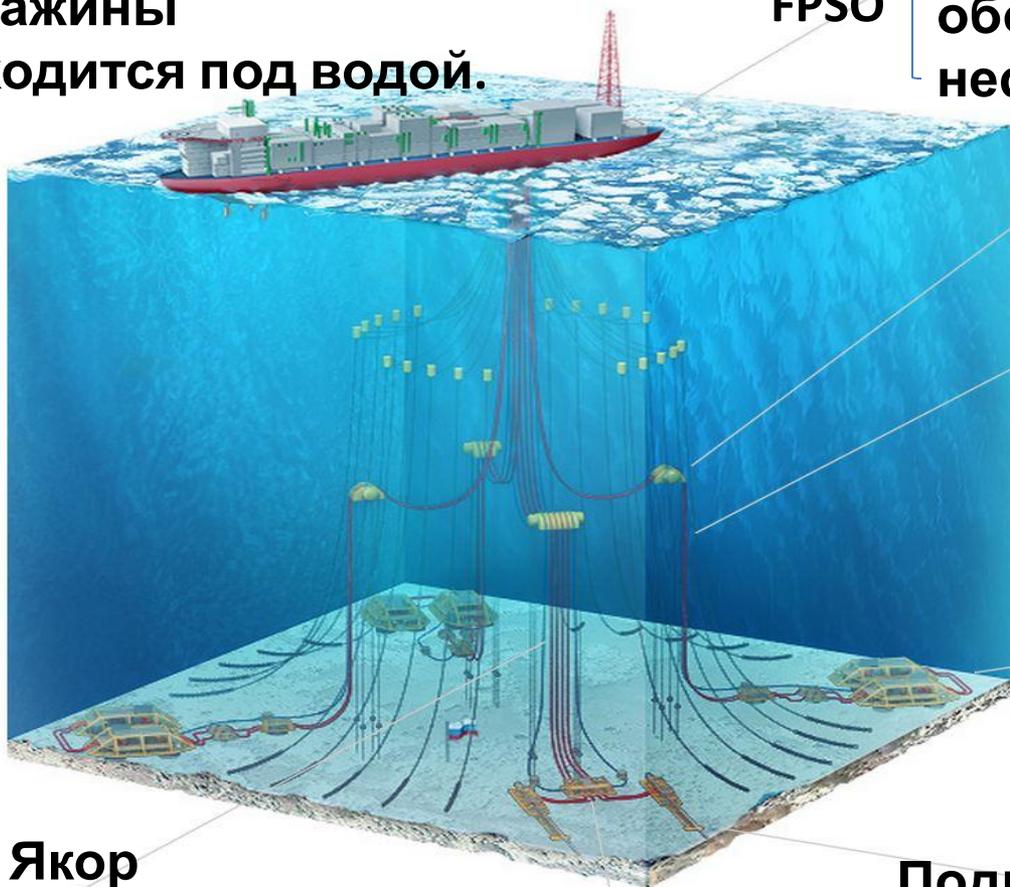
Над водой только часть оборудования для обработки нефти

FPSO

Плавучий буй

Стояк

к

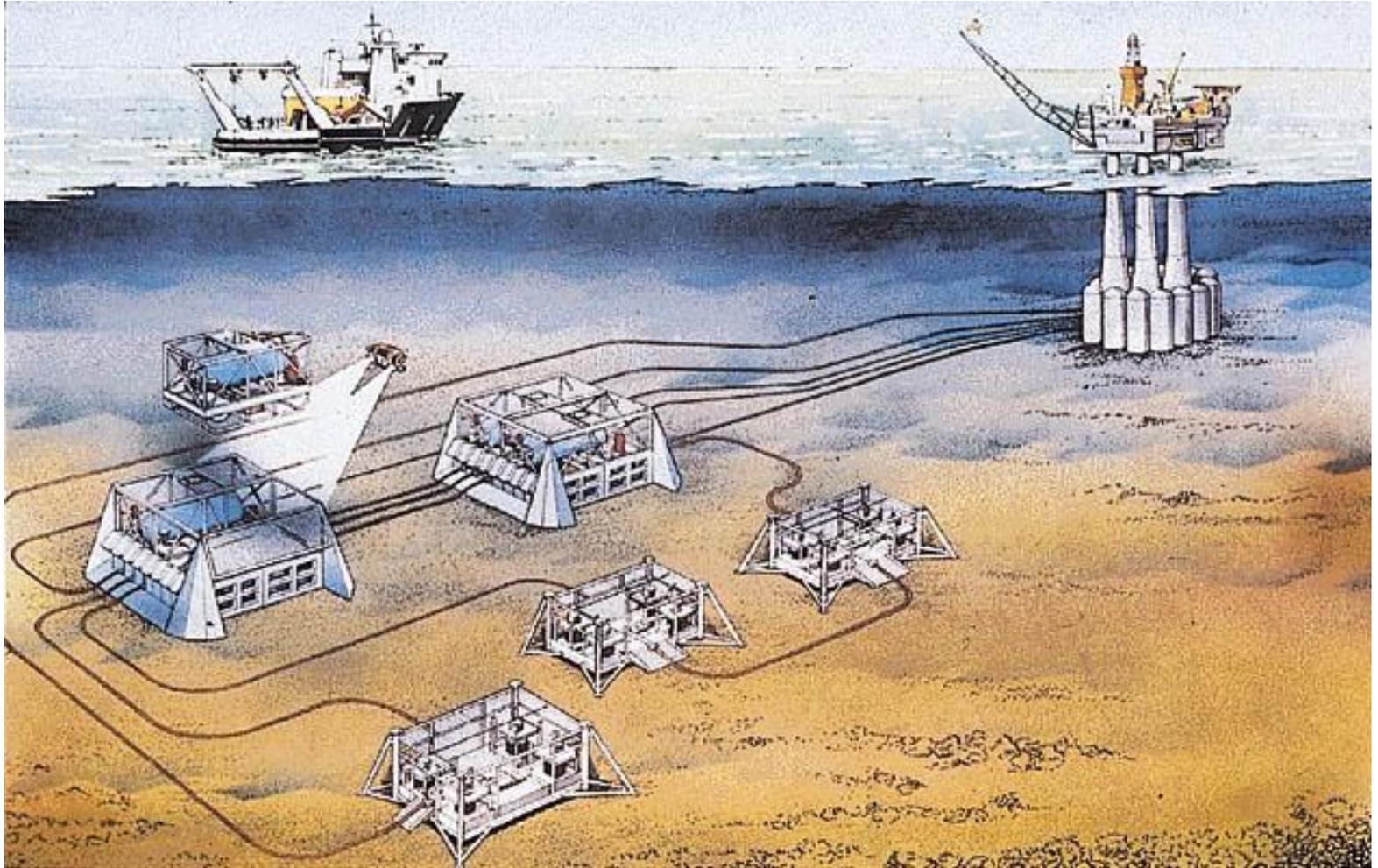


Якорь

Подводная производственная система



Комбинированная схема



По характеру поддержки:

- на дне;
- плавучие;
- стационарные и мобильные

По восприятию внешней нагрузки:

- на свайных фундаментах
- гравитационные
- свайно-гравитационные
- Заякоренные

По виду материала:

- металлические;
- железобетонные



Технические средства для обустройства морских месторождений углеводородов в арктических и субарктических условиях





Первые проекты платформ для шельфа Охотского моря (Сахалинские проекты)

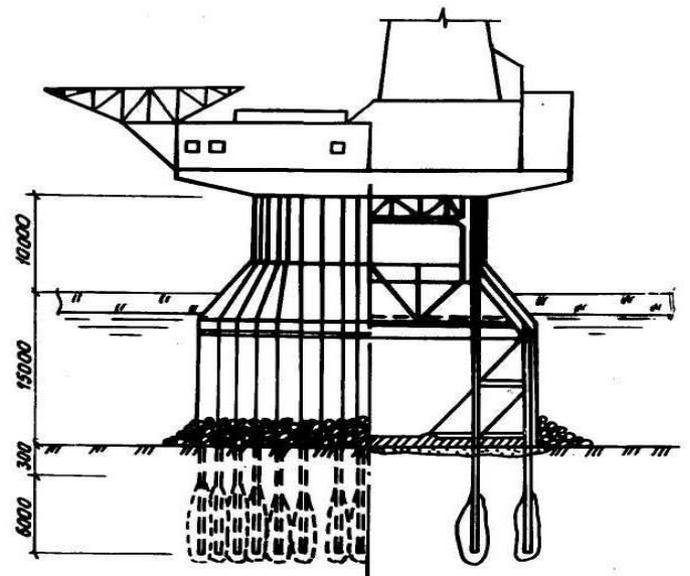
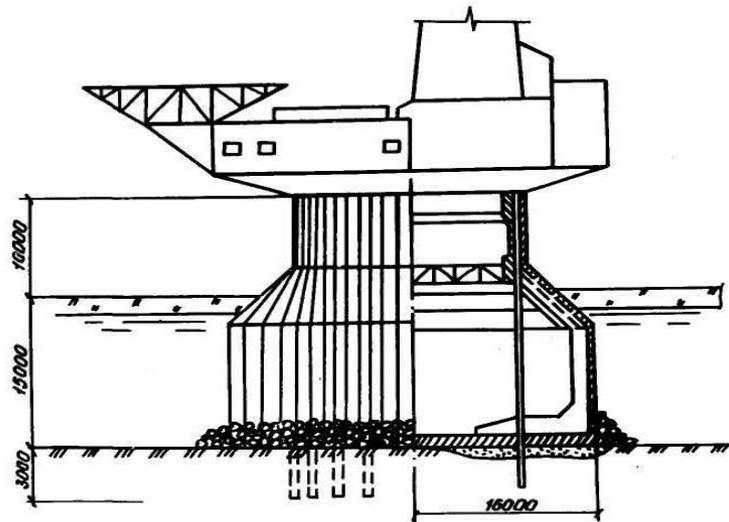
(предложения 1970–1980)



История освоения Сахалинских проектов

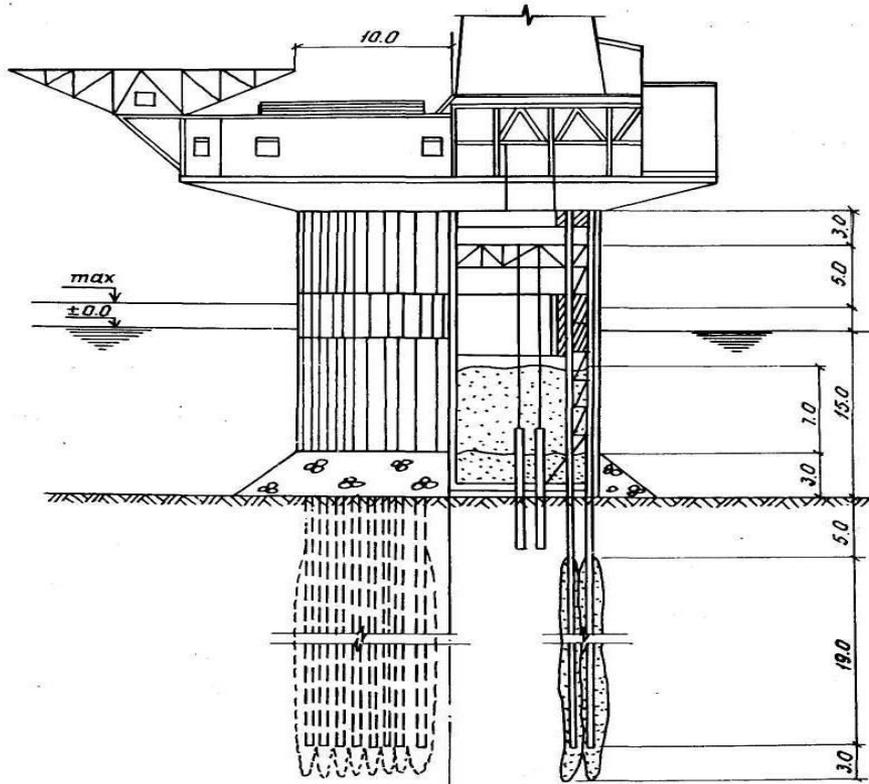
- **1975** - открытие первых месторождений нефти и газа (Чайво и Одопту);
- **1975-1992** - исследования состояния окружающей среды и проектирование первых сахалинских проектов;
- **1998** – 1-я ледостойкая добывающая платформа “Моликпак” (проект "Сахалин-2");
- **2005** - ледостойкая Платформа "Орлан" (проект Сахалин 1);
- **2005** – две ледостойкие бетонные платформы “Lunskaya” и “Пильтун-Astokhskaaya” (проект "Сахалин-2")
- **2012** - ледостойкая бетонная Платформа "Аркутун-Даги" (Беркут) (проект Сахалин 1)

Варианты I ипроморнефть

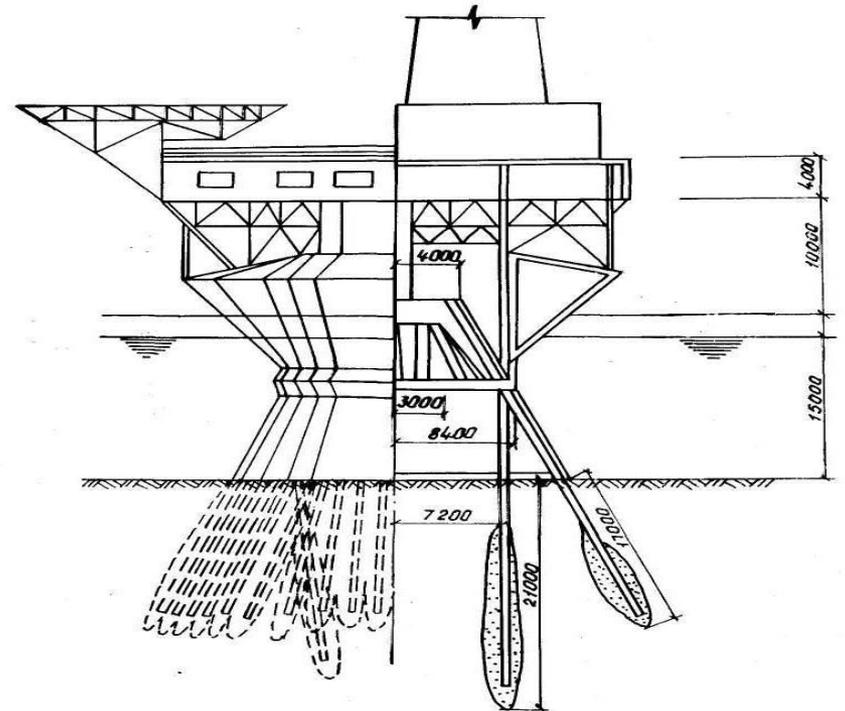


ГИПРОМОРНЕФТЬ (УСР)

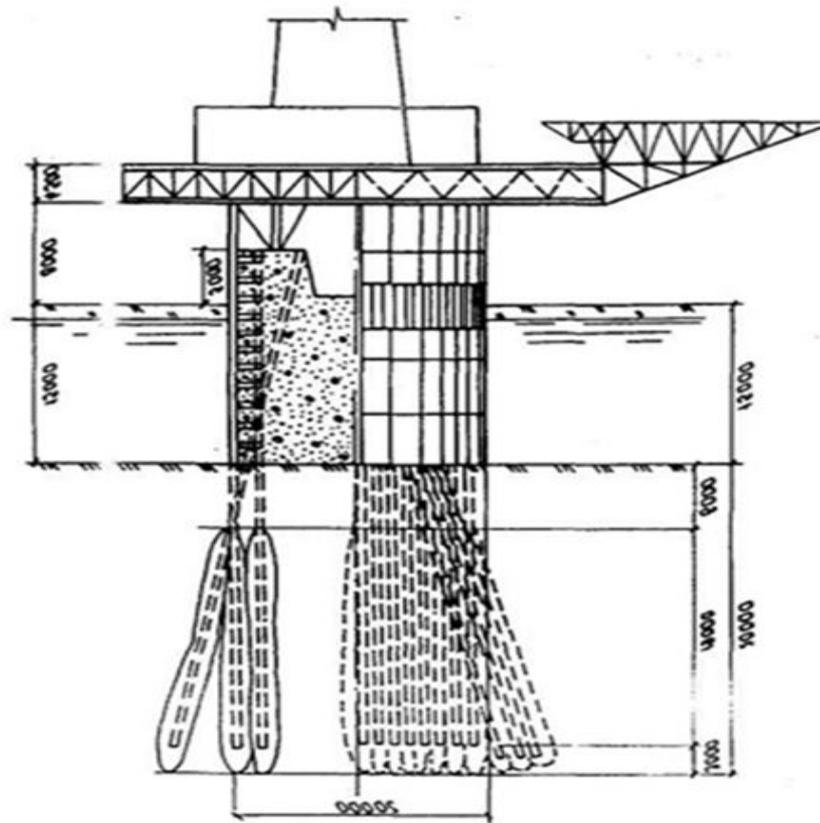
Варианты Гипроморнефть (СССР)



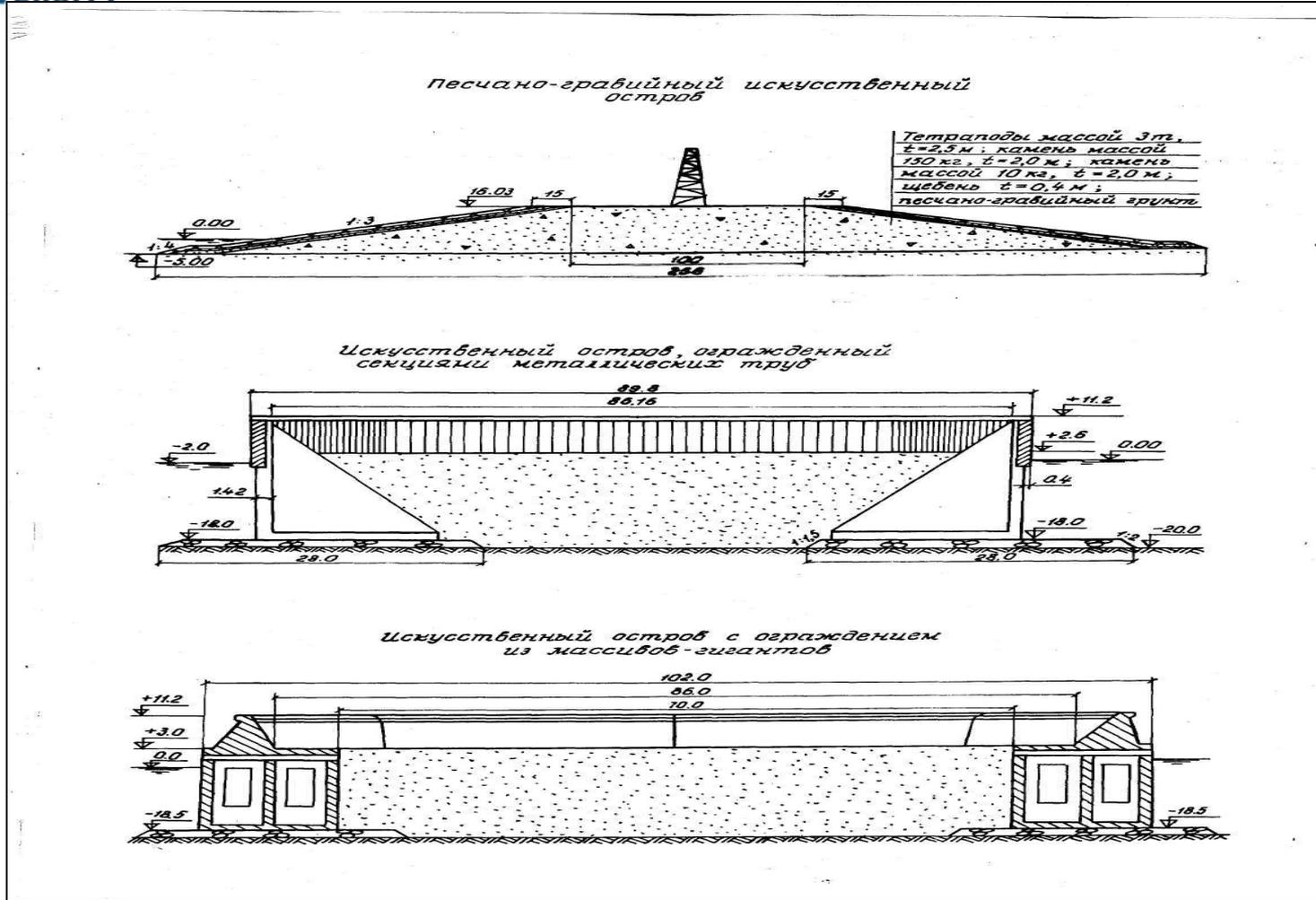
ГИПРОМОРНЕФТЬ (USSR)



Варианты Гипроморнефть (СССР)

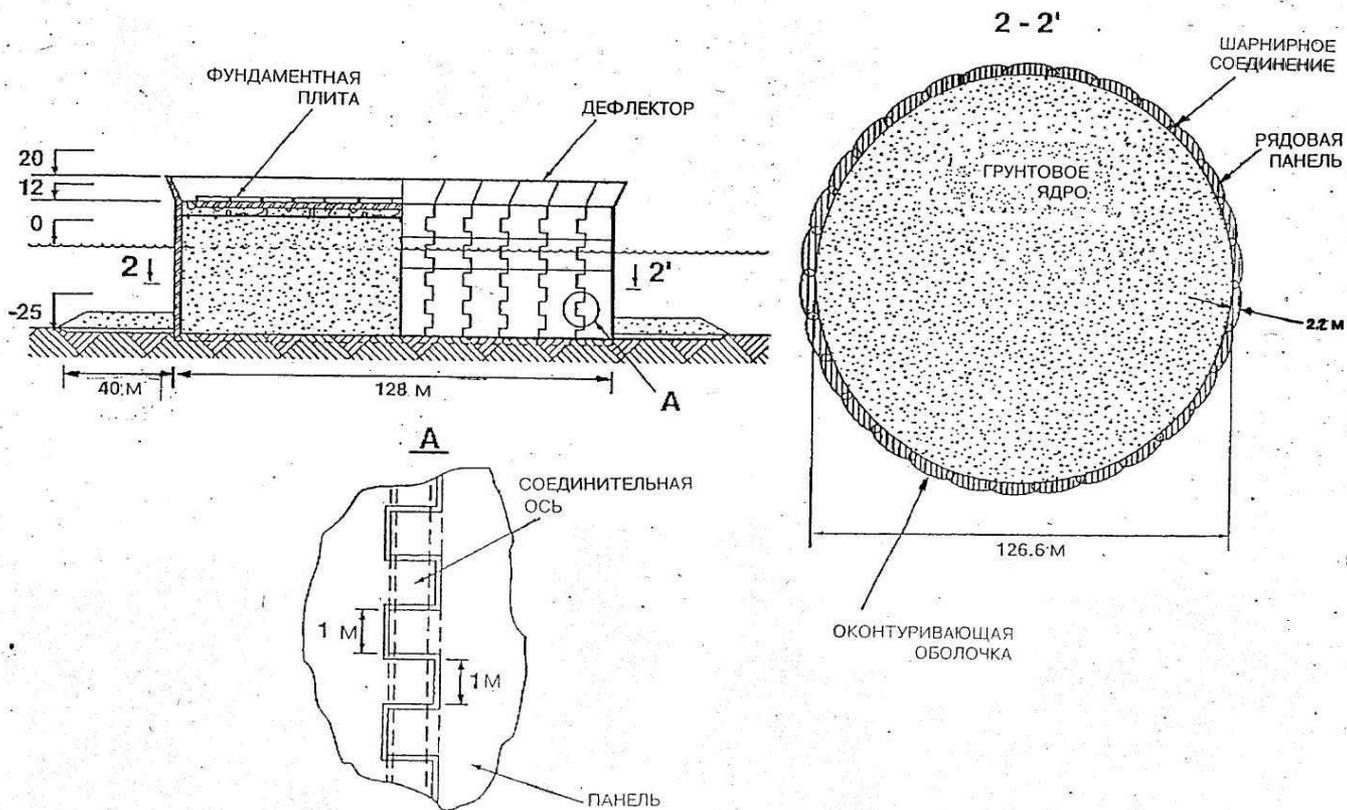


Гипроморнефть (СССР)

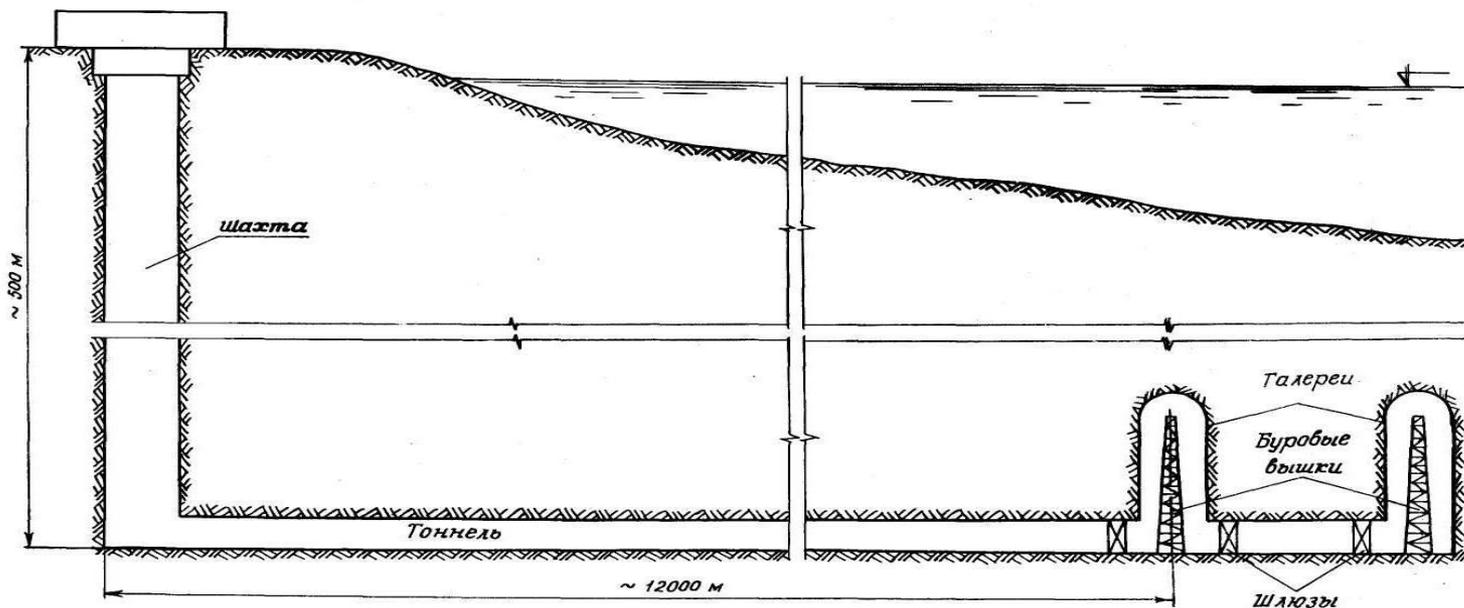


Предложения ДВПИ и компании «Сахалинморнефтегаз»

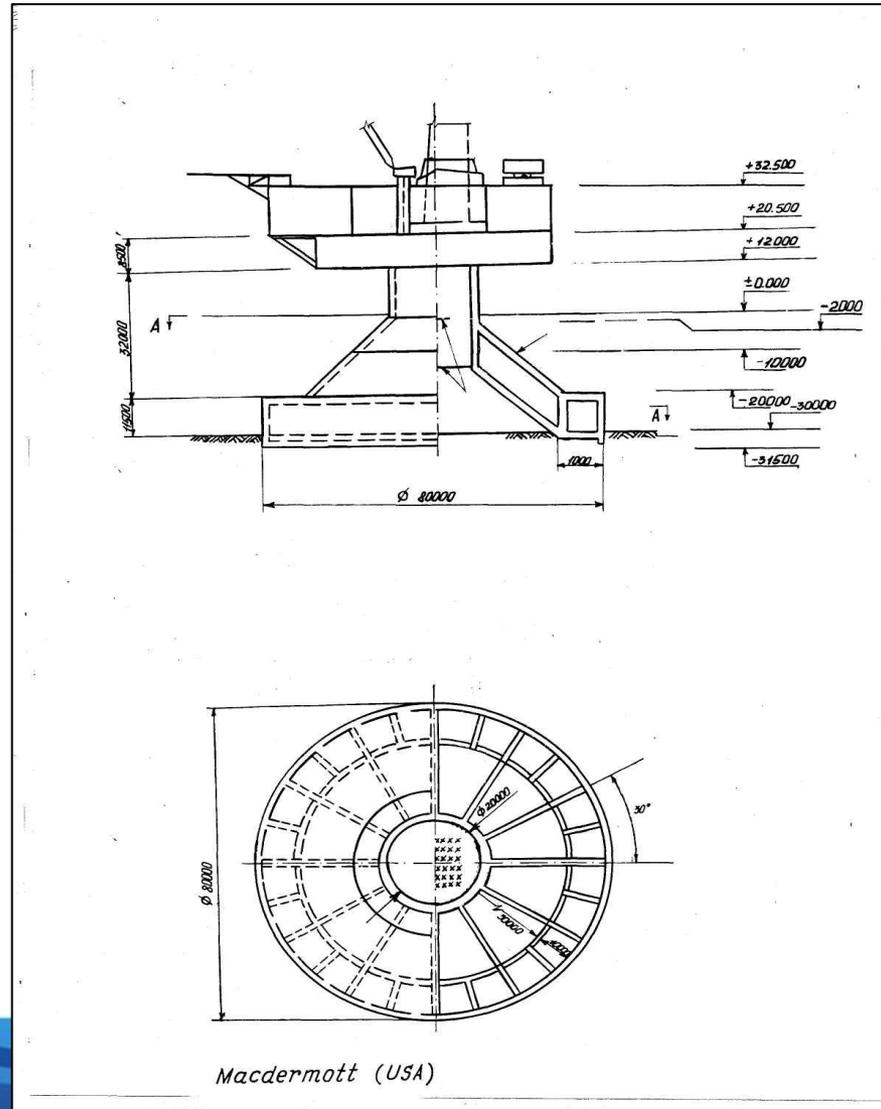
КОНСТРУКЦИЯ ПЛАТФОРМЫ ТИПА «МЕМБРАНЫЙ ОСТРОВ»



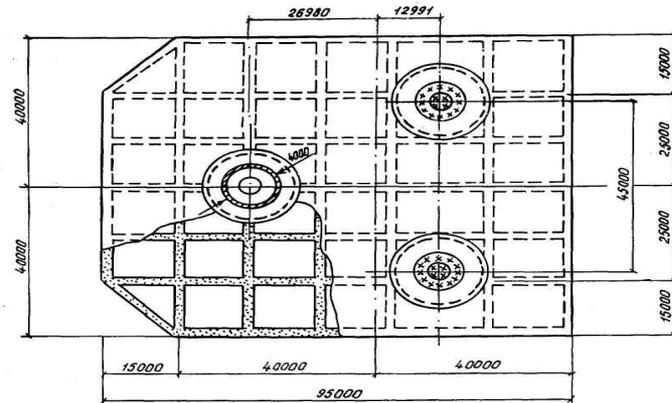
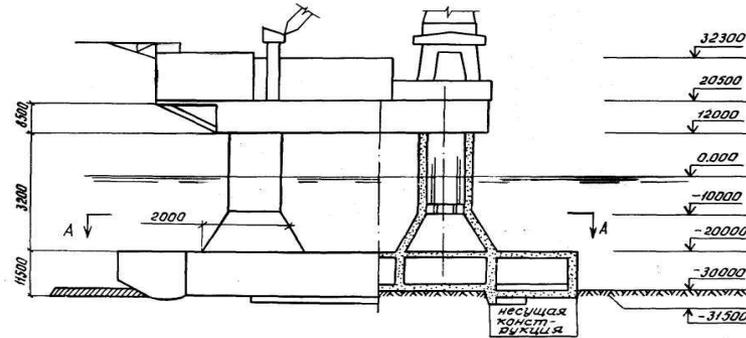
Шахтно-тоннельный способ освоения морского месторождения



McDermott Co. (USA)

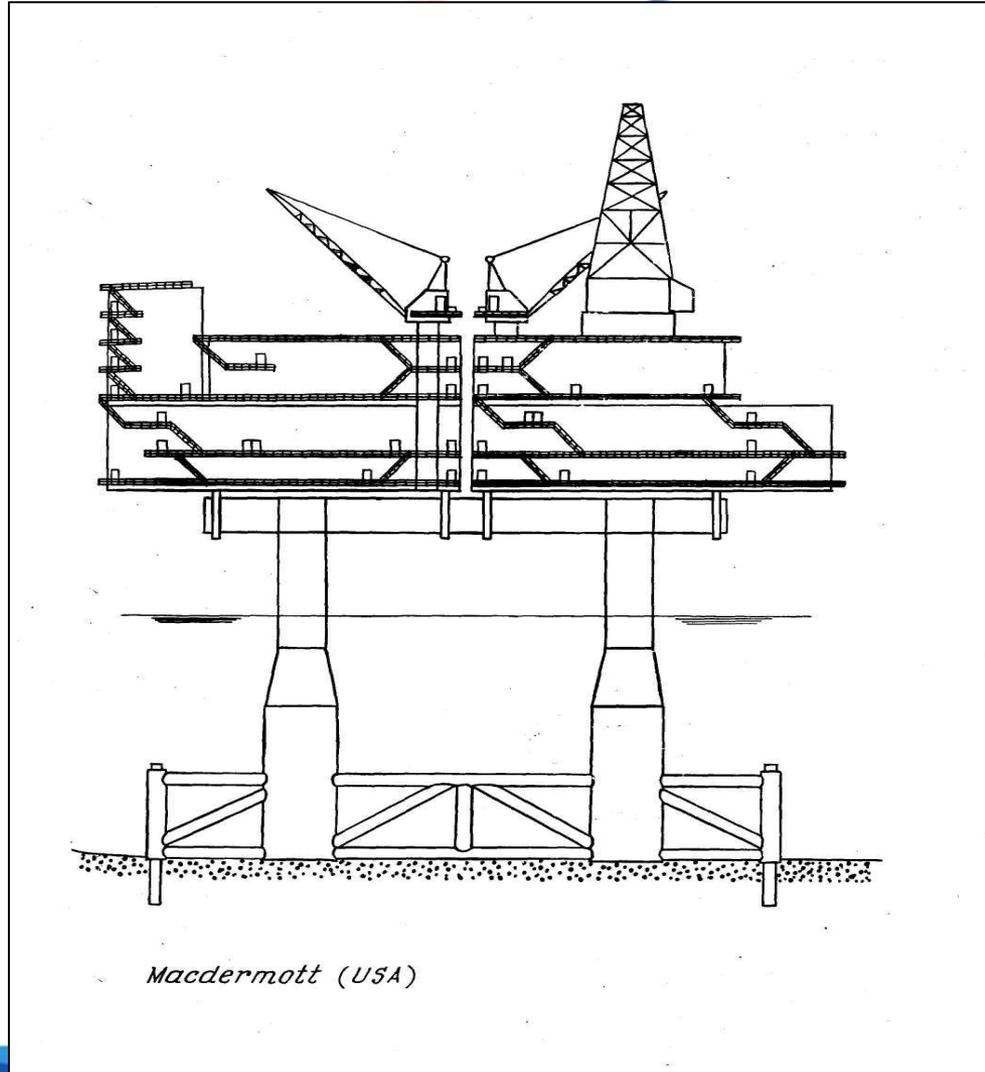


McDermott Co. (USA)



McDermott (USA)

McDermott Co. (USA)



КОНСТРУКЦИЯ ТРЕХКОЛОННОЙ СТАЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ НА СВАЙНОМ ОСНОВАНИИ

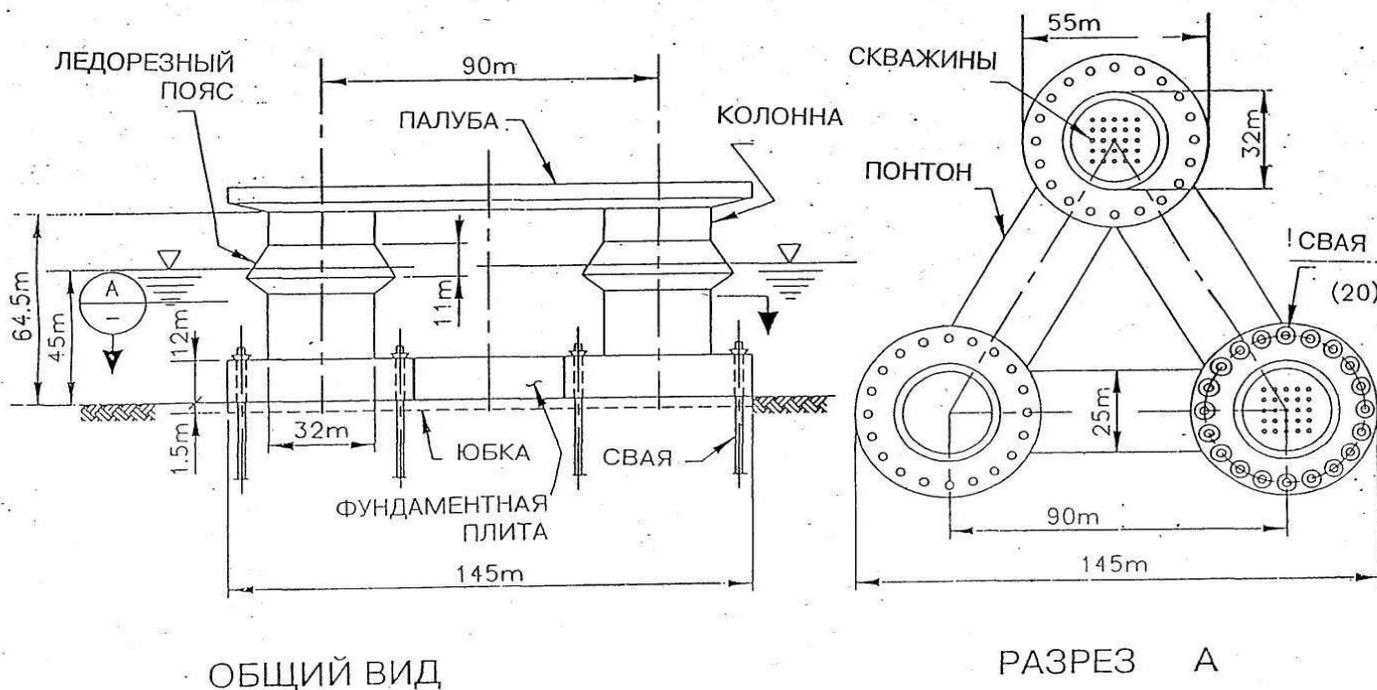
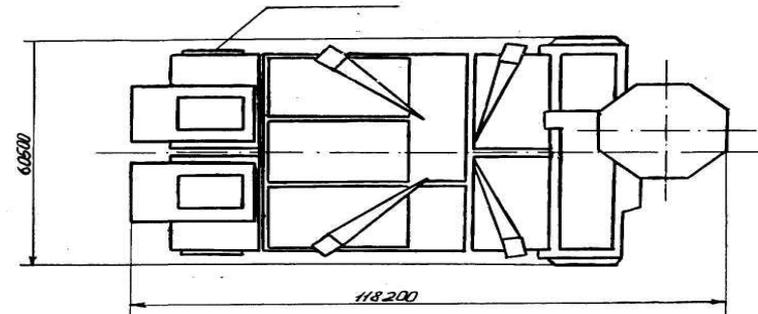
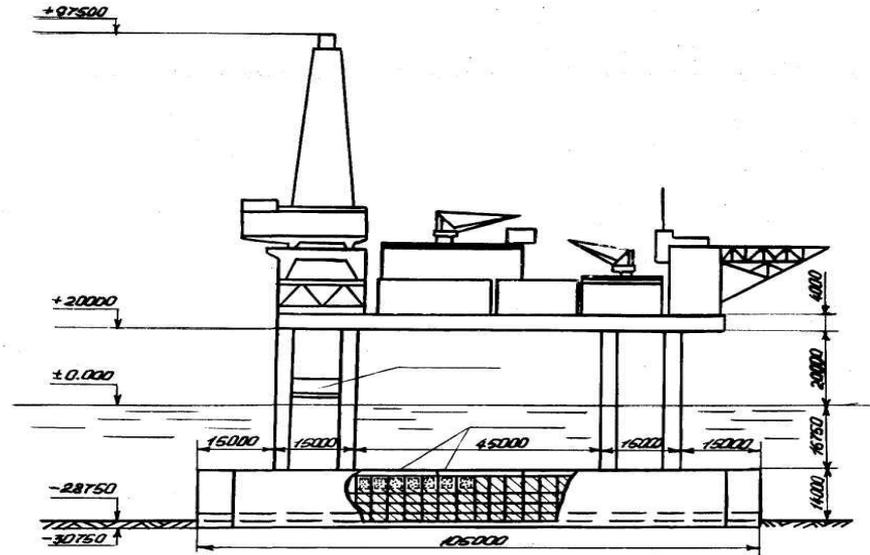


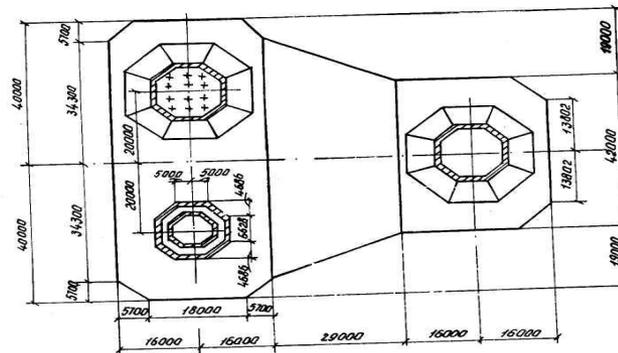
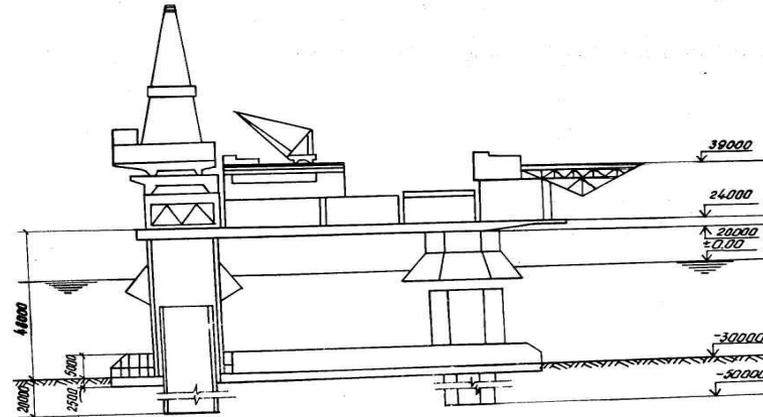
РИС. 3.4.1.3.1

Предложения «ВНИПИморнефть» (СССР)



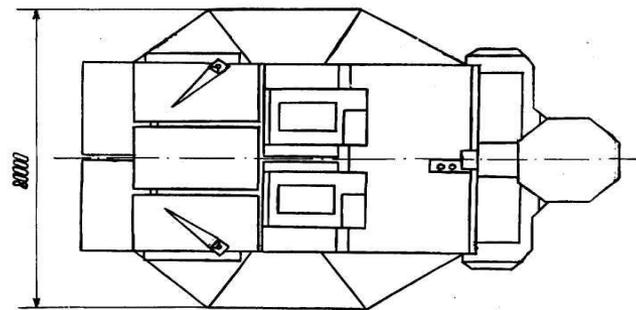
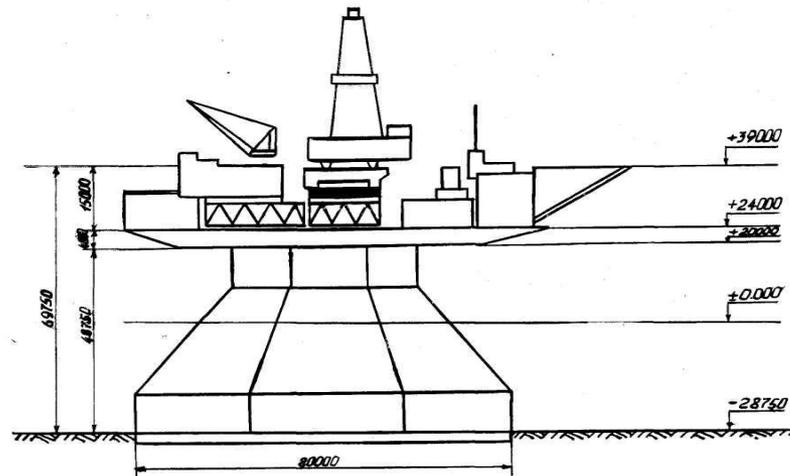
ВНИПИМОРНЕФТЕГАЗ (USSR)

Предложения института Пректстальконструкция (СССР)



ПРОЕКТСТАЛЬКОНСТРУКЦИЯ (USSR)

Пректстальконструкция (USSR)



ПРОЕКТСТАЛЬКОНСТРУКЦИЯ (USSR)

Предложения института ВНИПИморнефть (СССР)

Конструкция платформы
типа «железобетонный конический кессон»

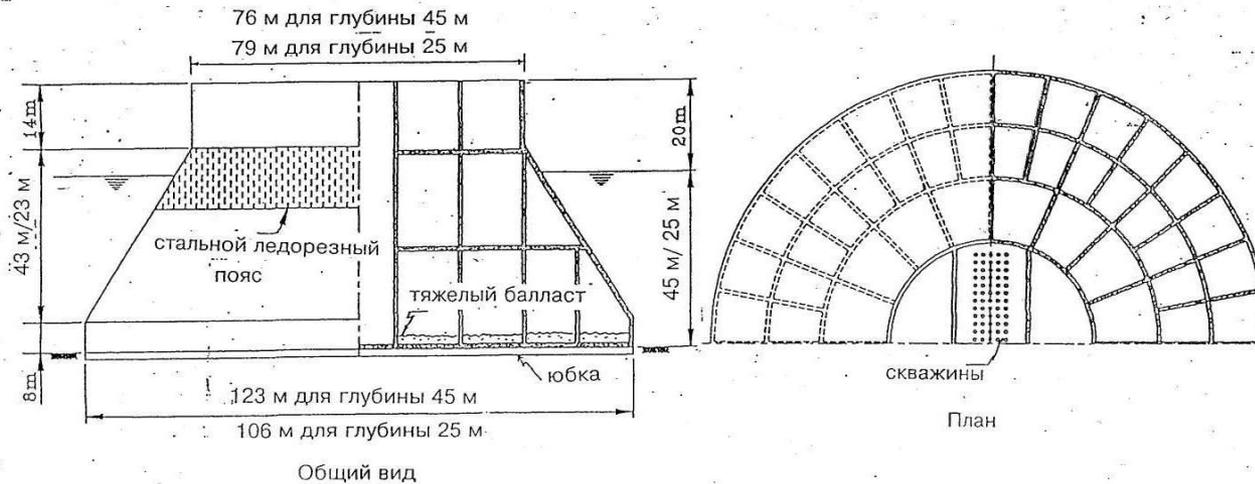
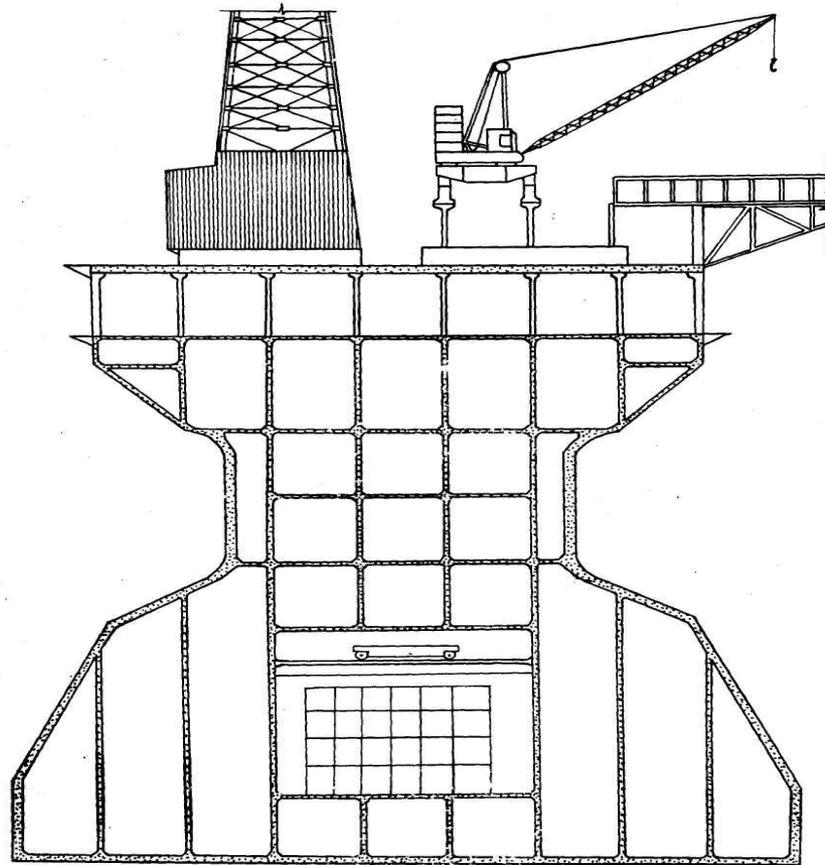


РИС. 3.4.1.5.1

МИНГАЗПРОМ (СССР)



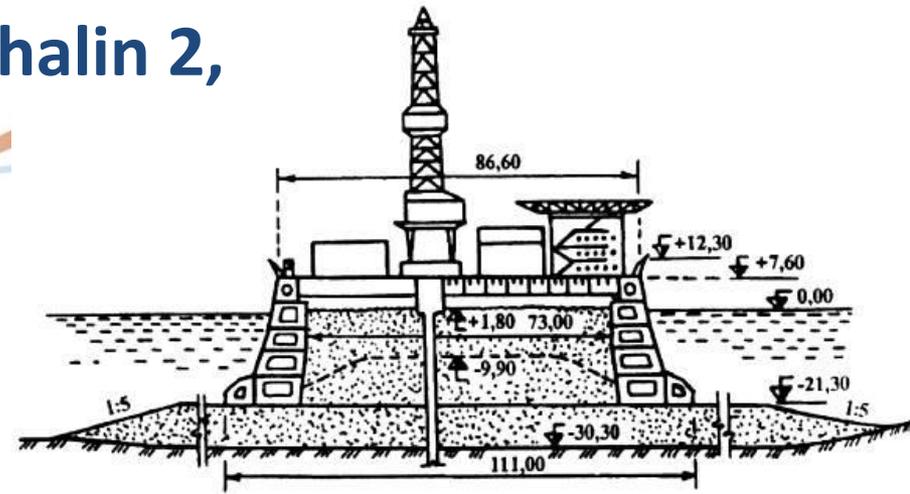
МИНГАЗПРОМ (УЗСР)



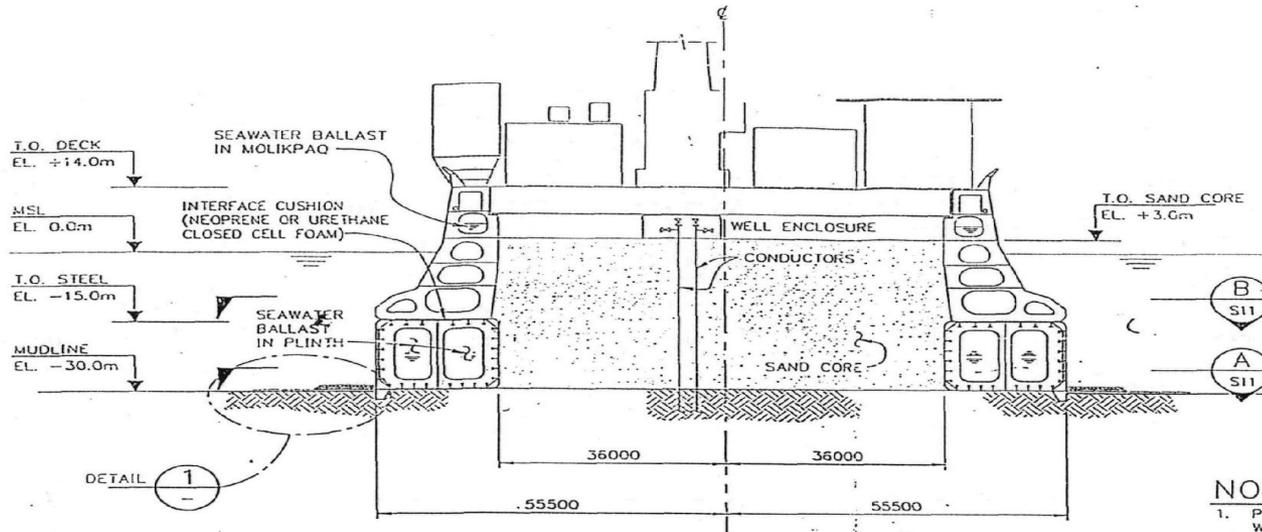
Реальные платформы на шельфе Охотского моря (Сахалинские проекты)



PA-A (Molikpaq, Sakhalin 2, 1998)

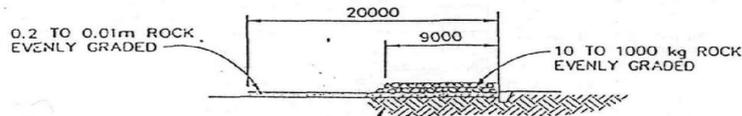


PA-A (MOLIKPAQ)



CROSS SECTION

1: 750



DETAIL 1
NTS

NOTES:

1. PLINTH SETDOWN ON PREPARED SEABED SURFACE WITH NO UNDERBASE GROUTING. SURFACE SEABED PREPARATION MAY BE REQUIRED TO ENSURE LEVEL SURFACE FREE OF BOLDERS.
2. PLINTH BALLASTED WITH SEAWATER WITH NO OIL STORAGE CAPABILITY.
3. THE ESTIMATED TOTAL QUANTITY OF STRUCTURAL STEEL IN THE PLINTH STRUCTURE IS 13,165 TONNES.

SCALE	AS SHOWN	YR. MO. DAY
DRAWN	D. PANG	
APP'D.		
SANDWELL CAD FILE NO. 35221S10		
Sandwell		
<small>THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF SANDWELL AND SHALL REMAIN THE PROPERTY OF SANDWELL. NO REPRODUCTION OR TRANSMISSION OF THIS DRAWING IS PERMITTED WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SANDWELL.</small>		

SAKHALIN PROJECT
MOLIKPAQ PLINTH
SECTIONS

MARATHON SAKHALIN LIMITED

B. 113582-H-8S10

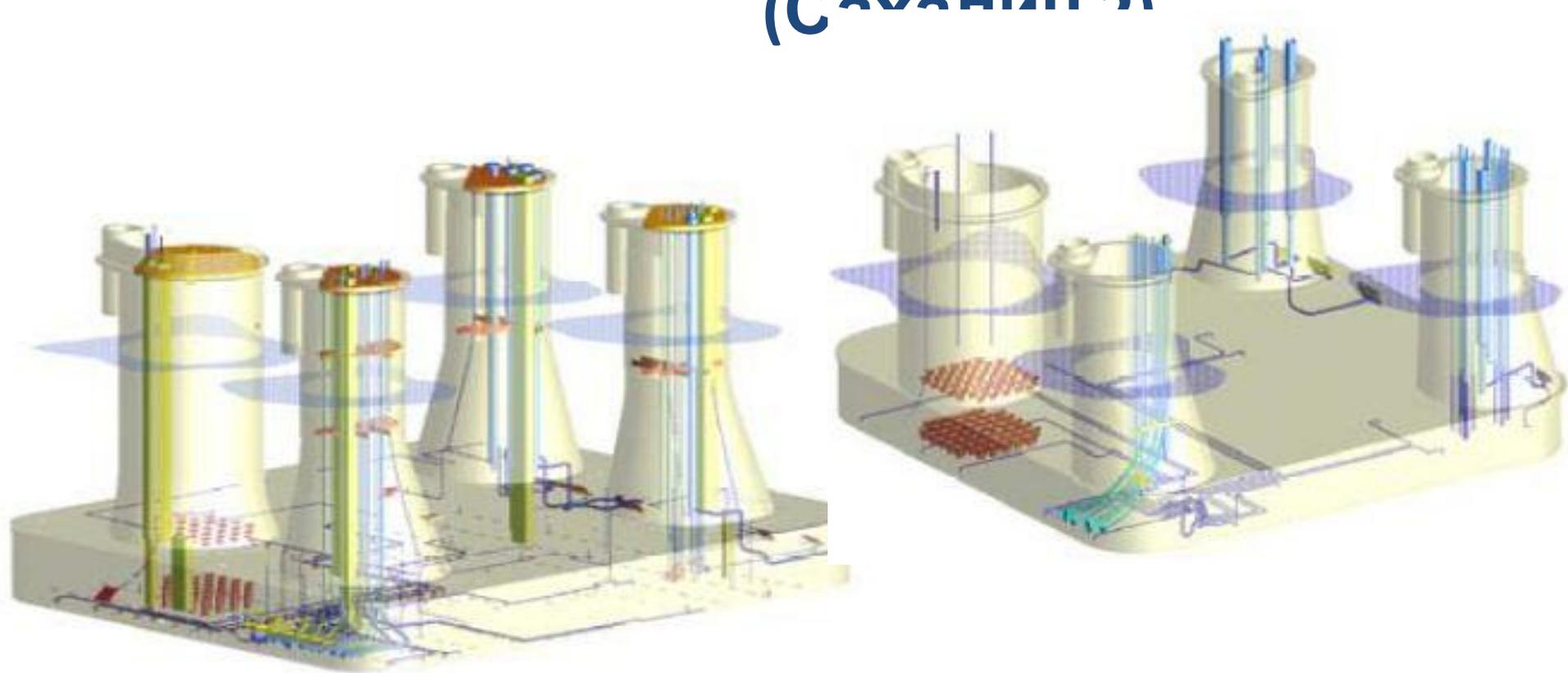
REV

Сталебетонная ледостойкая платформа (Сахалин 1)



**Platform "Orlan"
(Chayvo field)**

Гравитационные основания платформ для Пилтун-Астоксокого (РА-В» и Лунского месторождений (Суховицкая)



Dry Dock at Port Vostochny



Плавучее положение (док заполнен 2005)







Буксировка платформы (вывод из бухты)



Установка в проектное положение



Монтаж верхнего строения (2005)





LUNSKOYE A - БИЧКОЕ А

«Сахалин-2»



Piltun-Astokhskoe Field



Lunskoe Field



Строительство гравитационного основания платформы «Беркут» для Аркутун-Дагиского месторождения (Sakhalin 1, 2010-12)



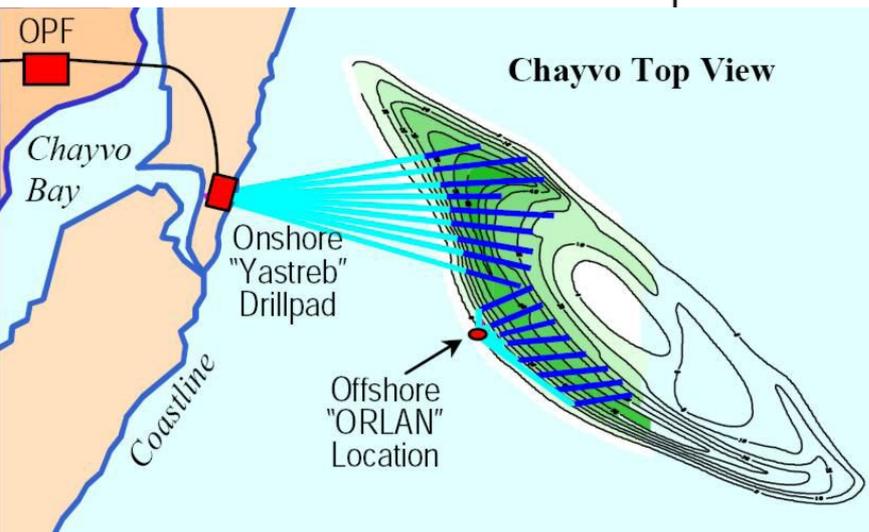
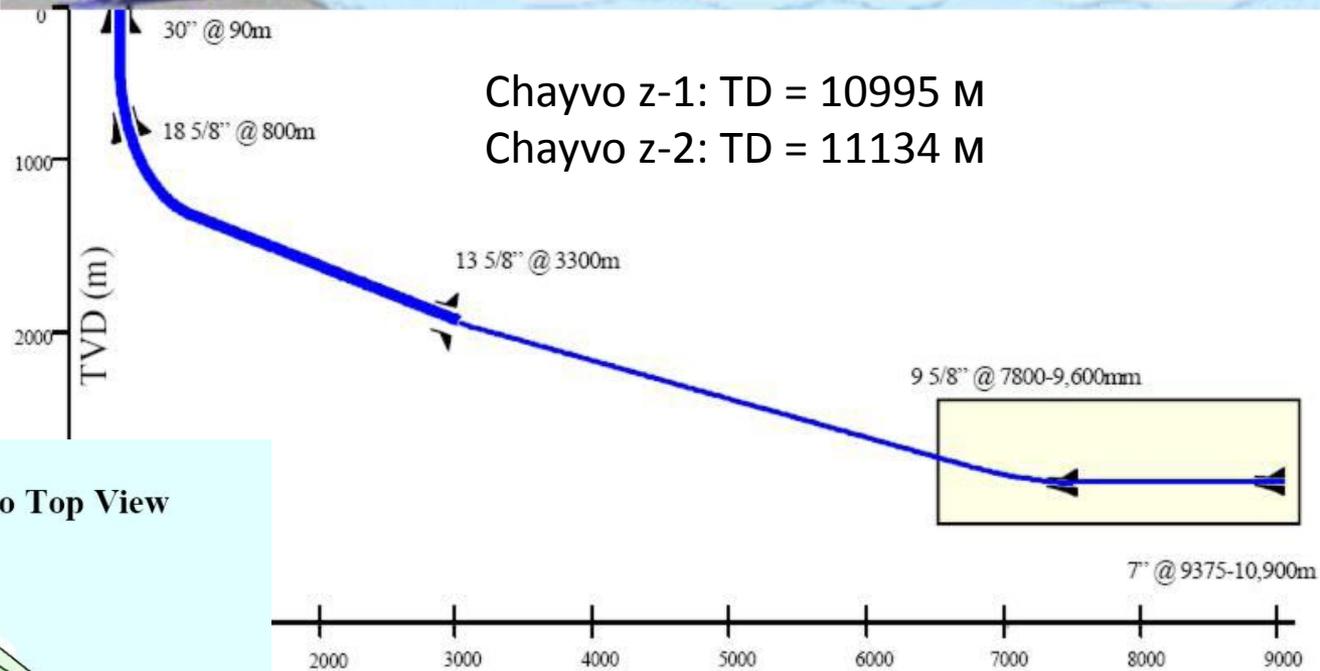


Береговой буровой комплекс «Ястреб» для месторождения «Чайво» (Sakhalin-I) Onshore option



Новый рекорд бурения наклонных скважин (Чайво)

**Направленное
бурение
Одопу,**
new record – 12 000 m





Technology Area “Yastreb” Odoptu Field



Base for Arkutun-Dagi fields

Platform Orlan at Chayvo Field



Проекты надводного метода обустройства на сахалинском шельфе и на суше

Chayvo field



Lunskoe field



Piltun Astokskoe field



Odoptu field

Arkutun-Dagi field

Piltun Astokhskoeye

Onshore Technology



Приразломное (Арктика, Печорское море)



Ключевая характеристика:

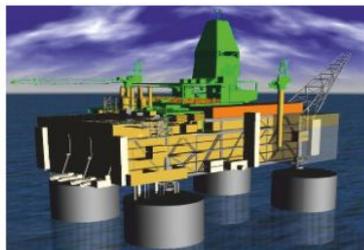
- Открыт в 1989 году
- Глубина: 20 м
- 60 км севернее «Варандей»
- Запасы: 72 млн. тонн нефти
- Производство: 6 миллионов тонн /год после 2020
- Начало: апрель 2014



Искусственный остров в море Бофорта



Аркту́н-даги, Берку́т



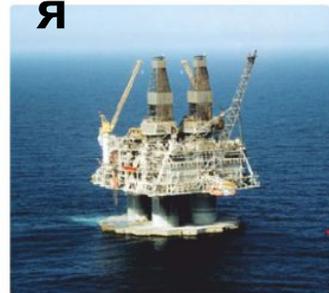
Моликпа



Sable offshore energy project



Хиберни



Терминал в Де-Кастри



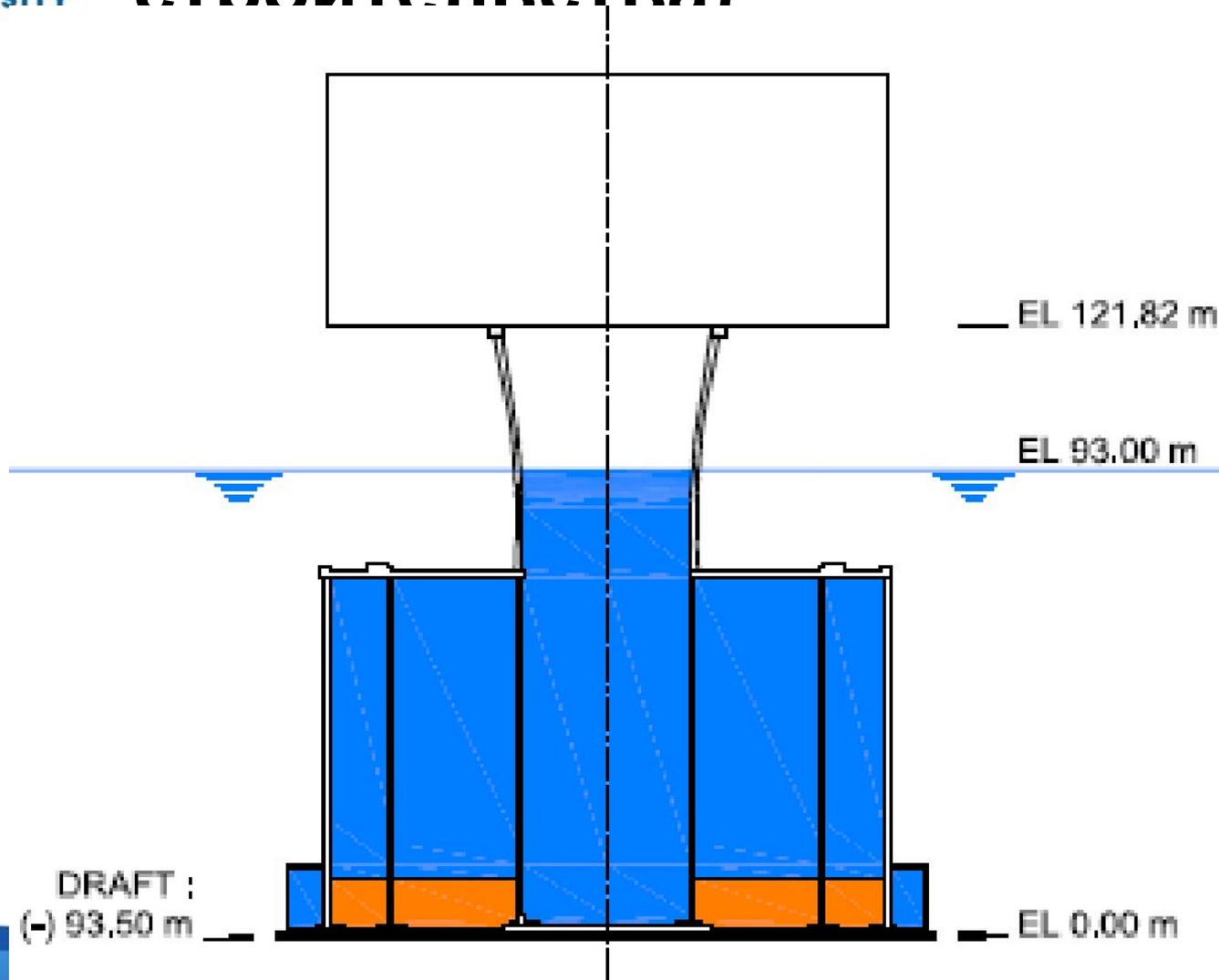
Приразломное



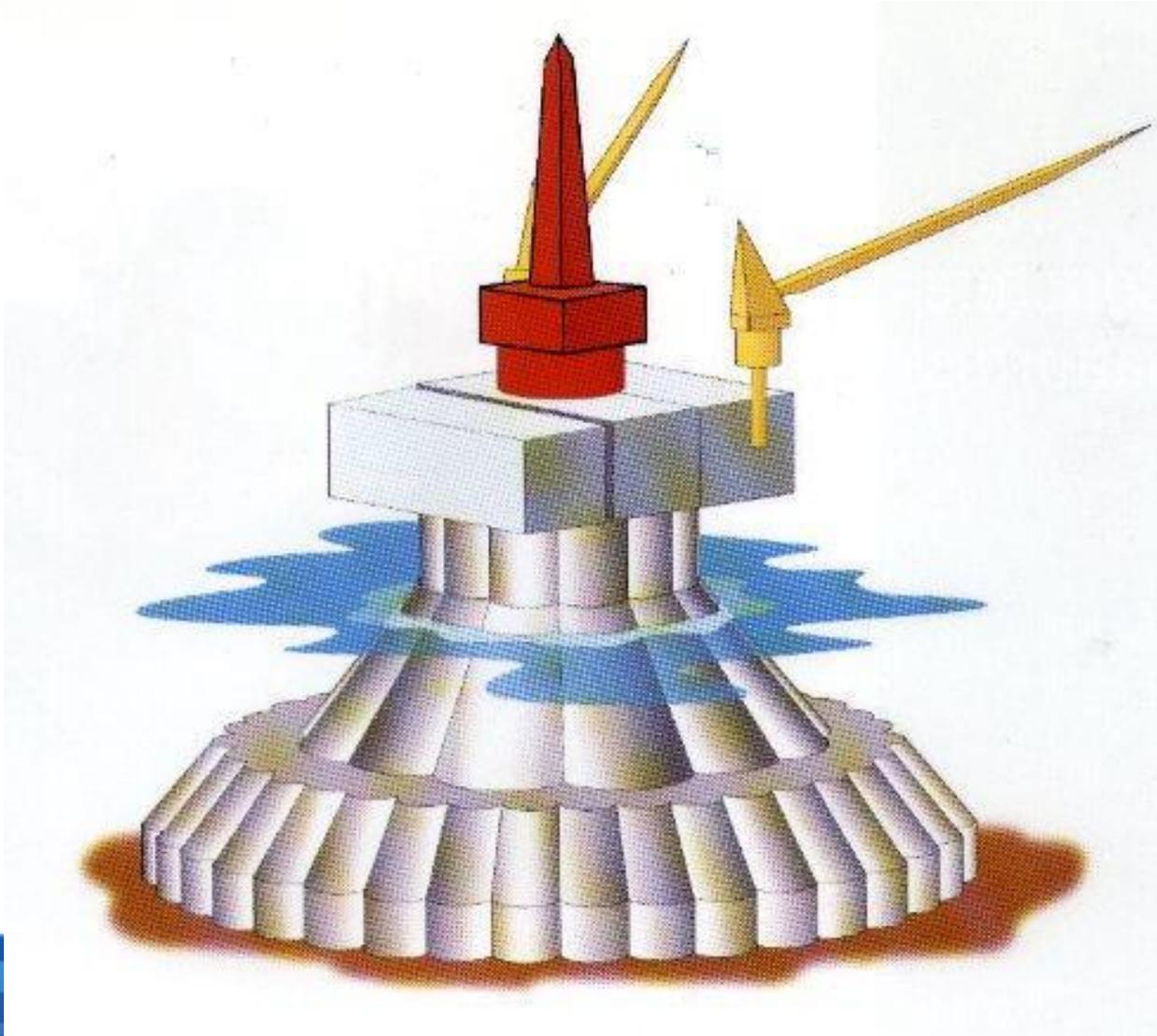
Ледостойкая платформа «Хиберния» (эксплуатируется)



Ледостойкая платформа «Хеброн» (в процессе строительства)



Проект будущего в Арктике

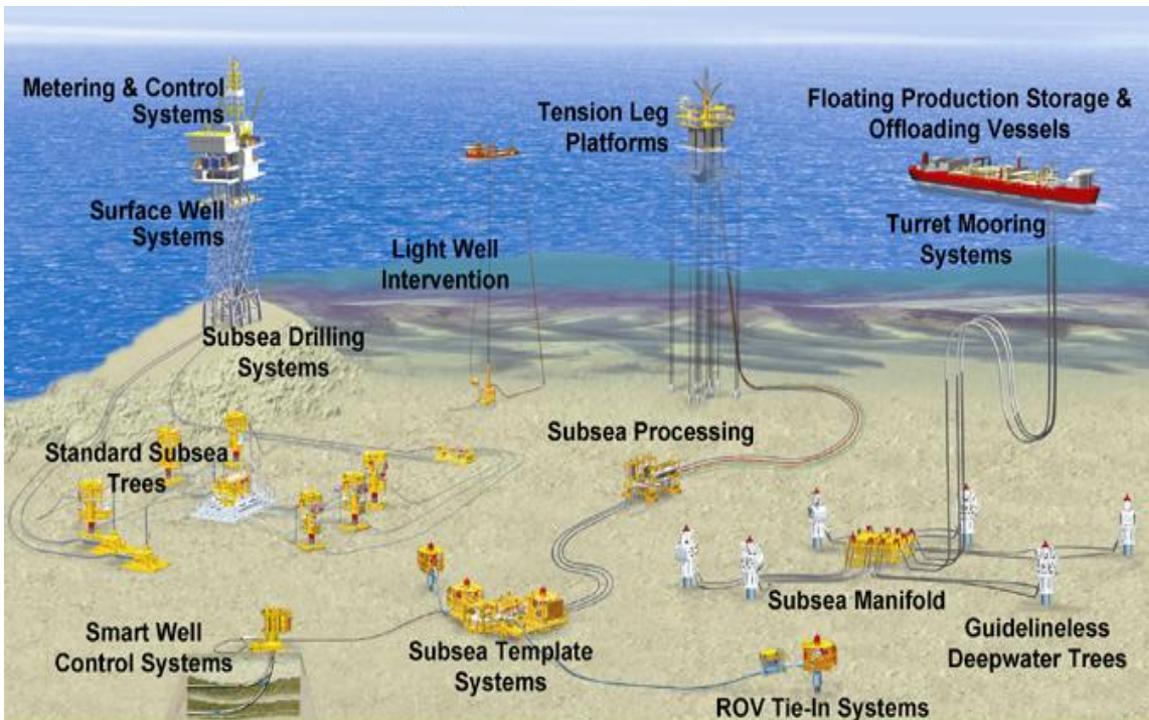




Подводные комплексы



Системы подводной добычи (СПС)



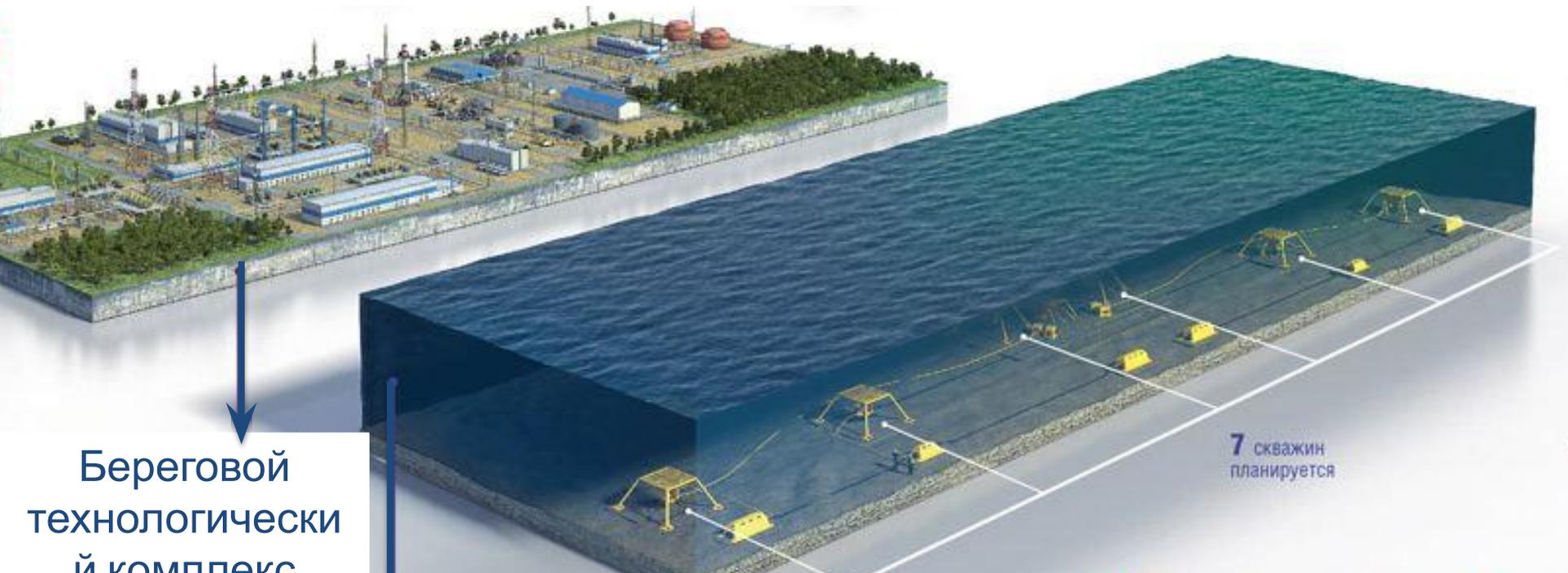
СПС можно разбить на следующие части:

- Подводные Буровые Комплексы
- Системы стояка завершения и капитального ремонта
- Подводные Деревья
- Подводные Многообразия Tie-In & продукты линии текучести
- Дроссели и модули подачи
- АСУ

Сахалин 3 – Киринское месторождение



Генеральная схема Киринского месторождения



Береговой
технологический
комплекс

Подводная производственная
система

7 скважин
планируется

Подводные производственные системы на Киринском месторождении

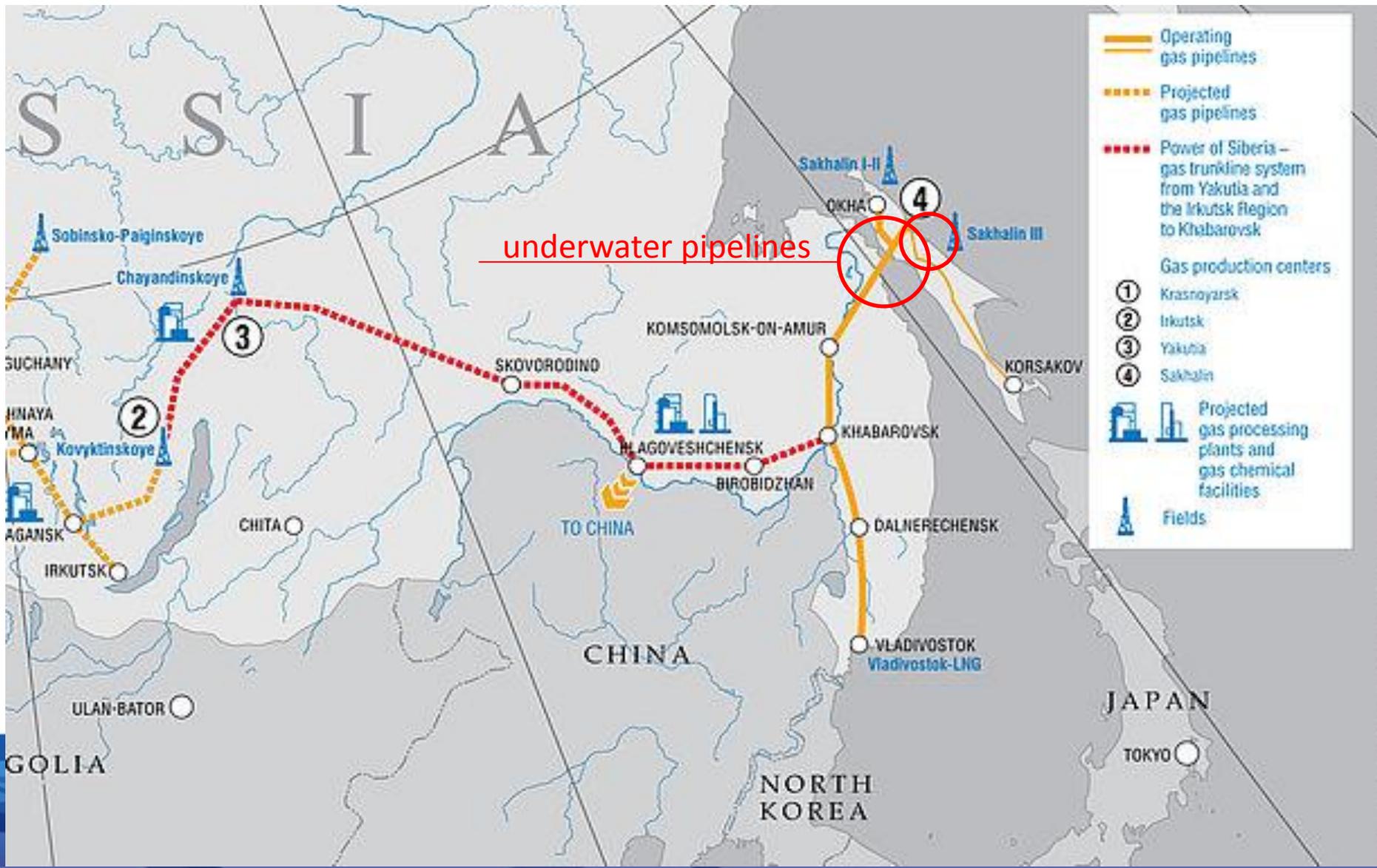




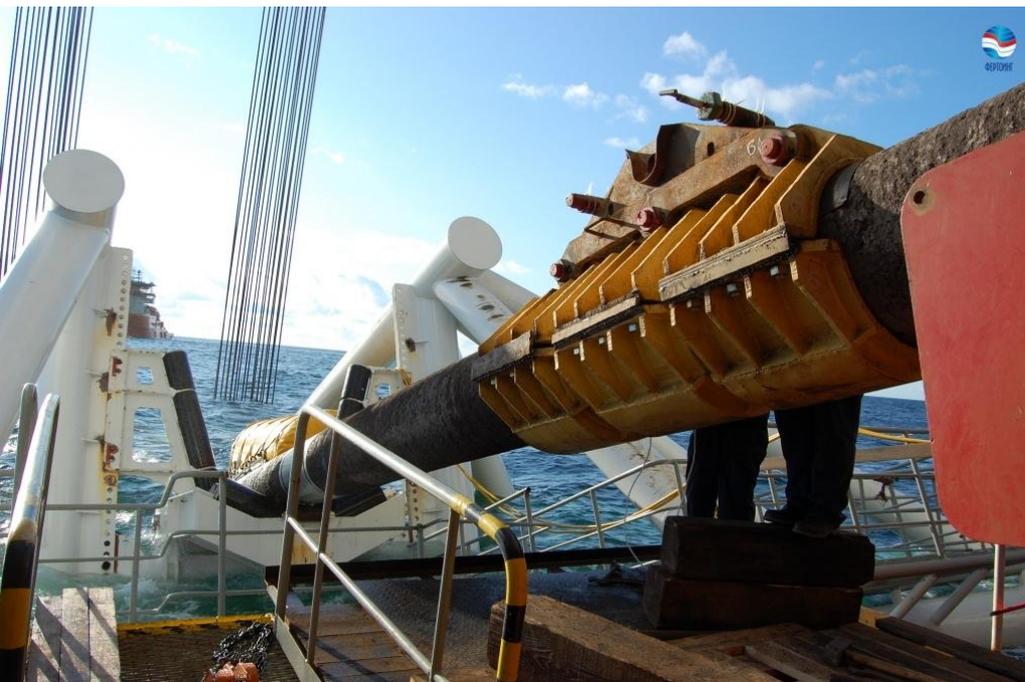
**Магистральные подводные
трубопроводы с
компрессорным и насосным
оборудованием**



Подводные трубопроводы на Киринском месторождении (Сахалин 3)



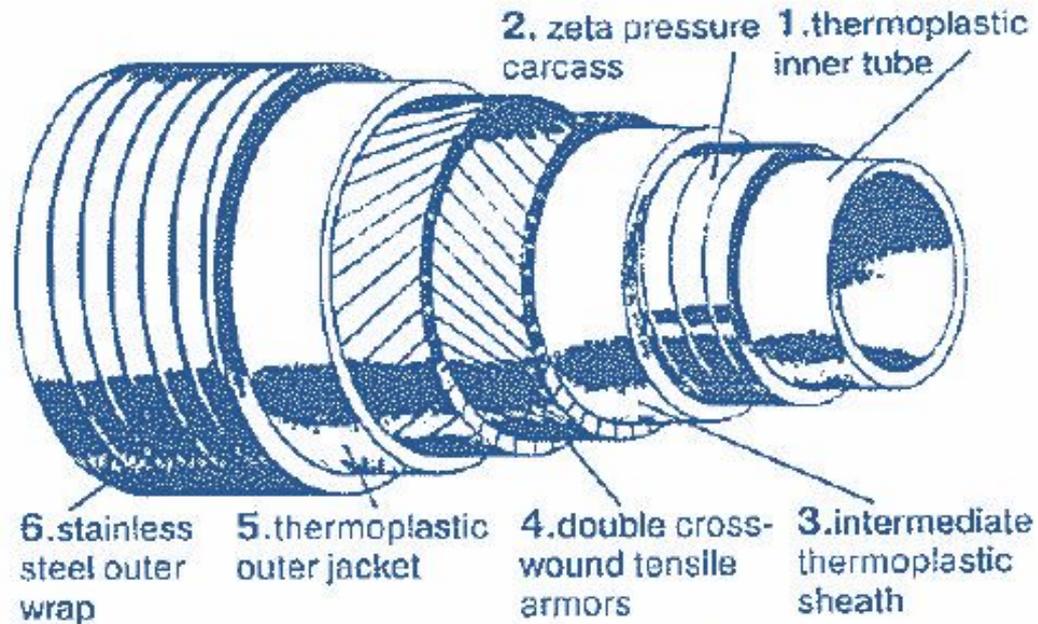
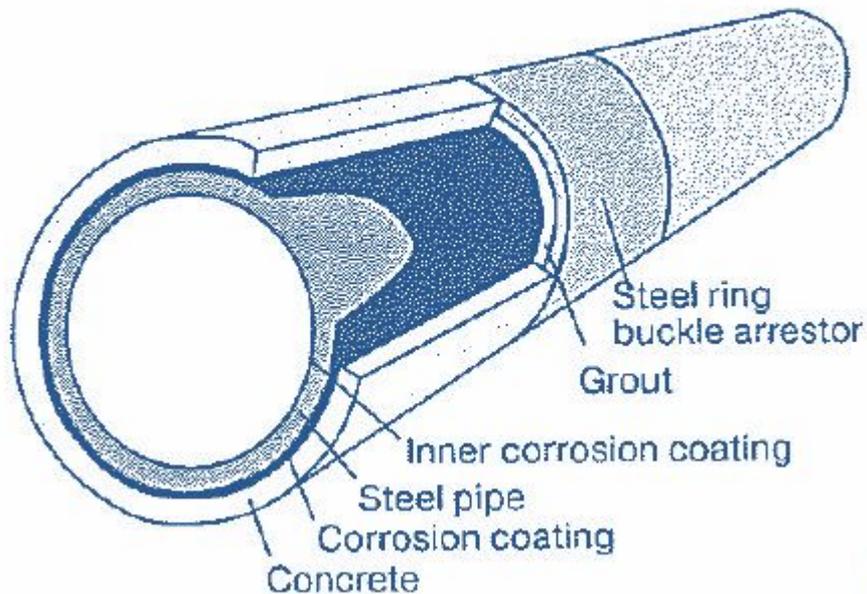
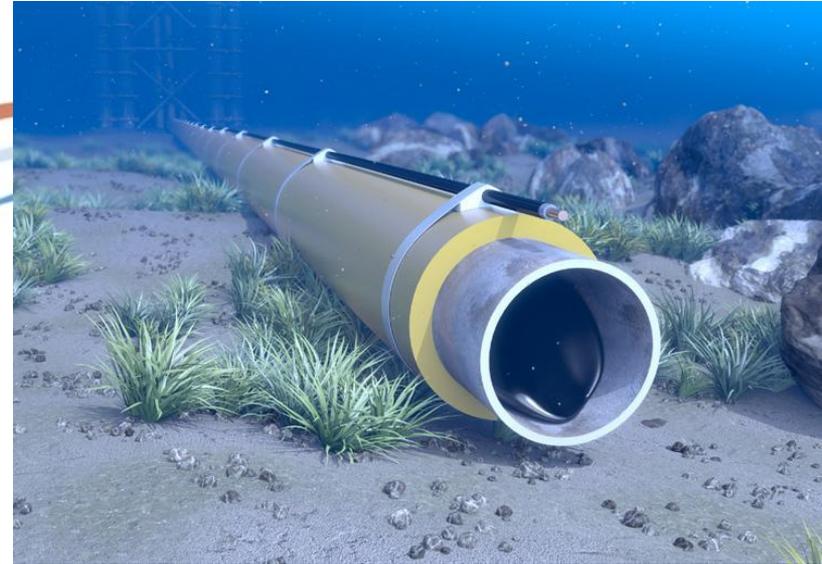
МОНТАЖ ПОДВОДНЫХ трубопроводов на Киринском месторождении



Монтаж подводных трубопроводов на Киринском месторождении

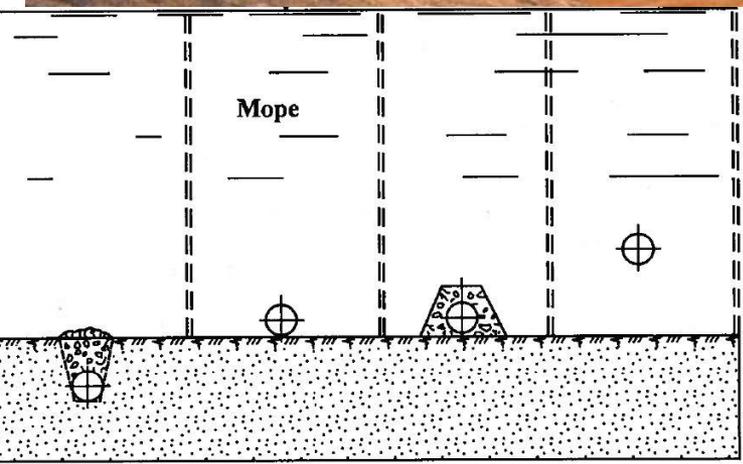
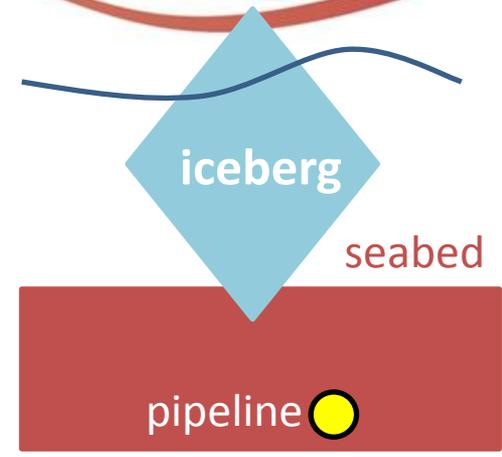
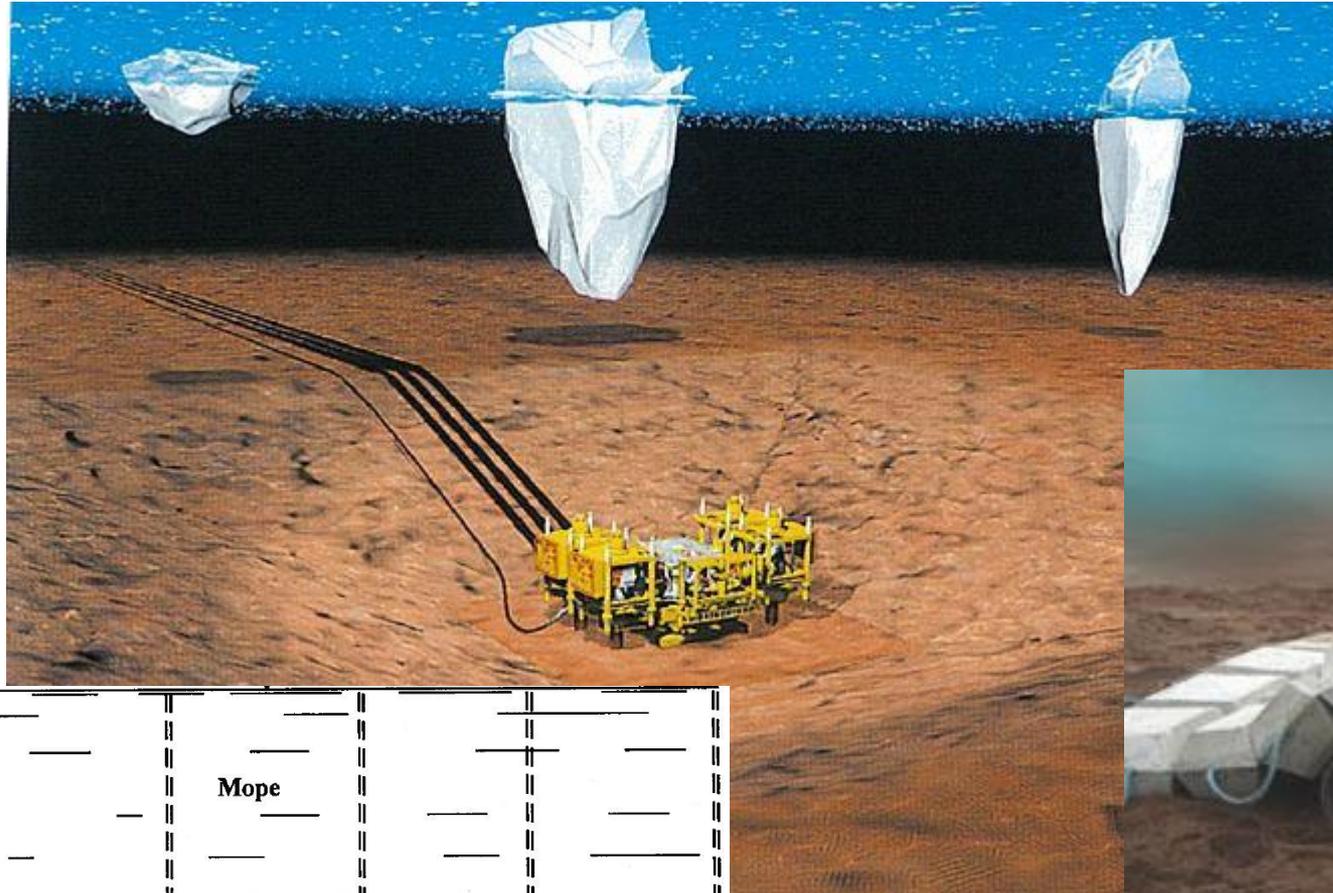


Трубопроводы



This basic structure design can be modified according to specific requirements

Защита трубопроводов от айсбергов и торосов (Expels)



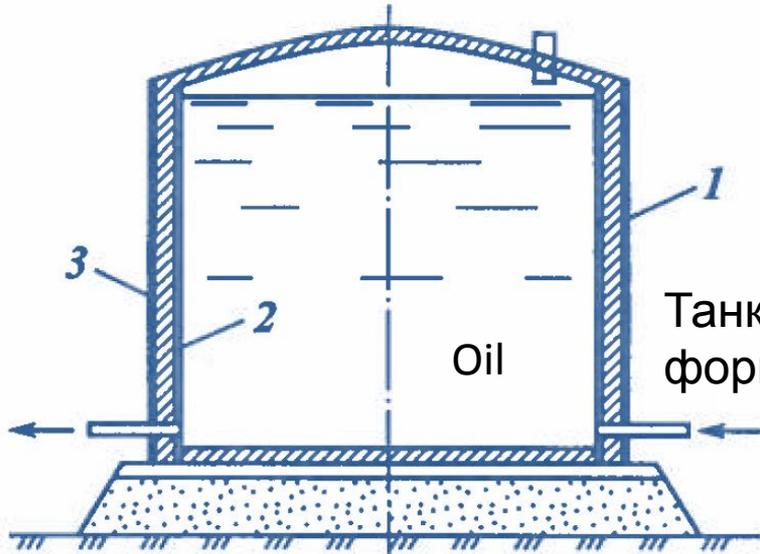


Хранение нефти и газа

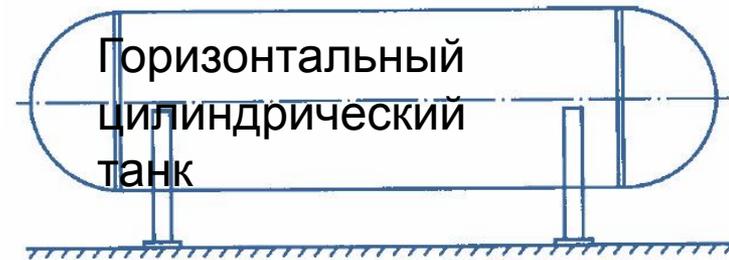
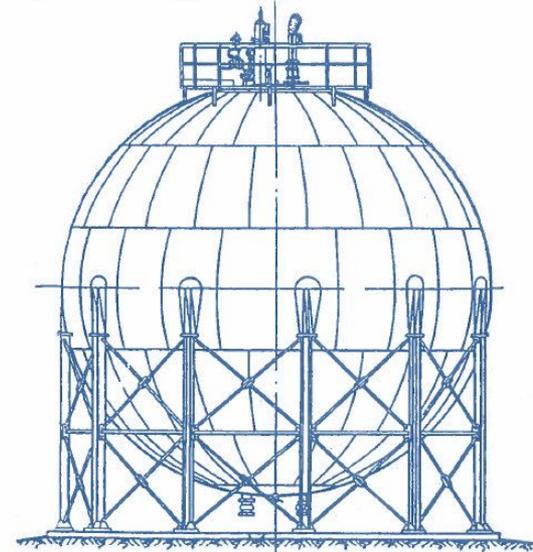


Различные типы резервуаров

Береговой для
арктических
условий



Танк цилиндрической
формы



Сжижение и хранение



Пример: завод СПГ на Сахалине
(Пригородное)

На технологических линиях газ сжижается путем охлаждения



Новые резервуары в Спецмортерминале Козьмино (Транснефть)

Нефтяной
терминал
Козьмино под
Находкой





Причальные сооружения



Одноточечный причал "Сокол" в порту Де-Кастри (Сахалин-1)



Варандейский Нефтяной Терминал (Западная Сибирь)

Береговая нефтебаза и стационарный морской ледостойкий нефтяной терминал, 22 км морских трубопроводов (36 дюймов)



Газовый терминал на первом русском заводе сжижения природного газа (СПГ) (Сахалин-2, Пригородное)





«GRAND ANIVA»



255 заходов судов в год

Спецморнефтерт "Козьмино"



