

# МАСТЕР ЦЕХА: НЕФТЕГАЗОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ЛИДЕРСТВО И КОМАНДООБРАЗОВАНИЕ

НЕФТЕГАЗОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

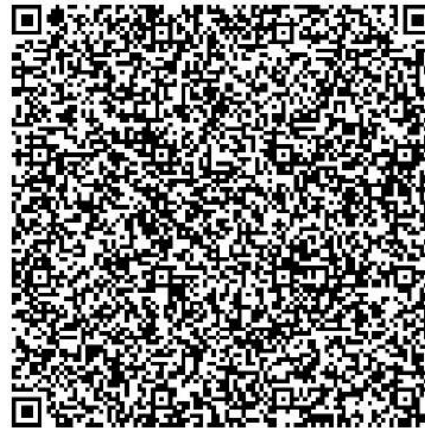
Богачев Кирилл Юрьевич

26 января 2022 г.  
[petroleum.ru](http://petroleum.ru)

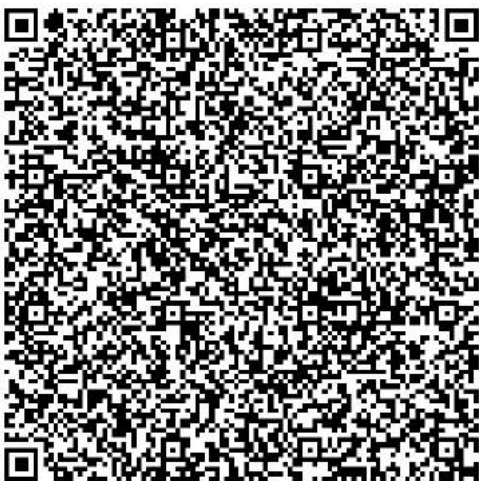
Генеральный директор ООО «Буровой эксперт»: Богачев К.Ю.

[www.drillingexpert.ru](http://www.drillingexpert.ru)

# Современные методы строительства нефтегазовых скважин



### КИРИЛЛ БОГАЧЕВ



РОССИЙСКОЕ + ЗАРУБЕЖНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ОПЫТ РАБОТЫ

**15 лет**

работа с самыми современными технологиями бурения и заканчивания

**География:**

США  
Россия (Сахалин-2)  
Ближний Восток



ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКИЙ ОПЫТ

**7 лет**

преподавание высокотехнологичного бурения

**>680**

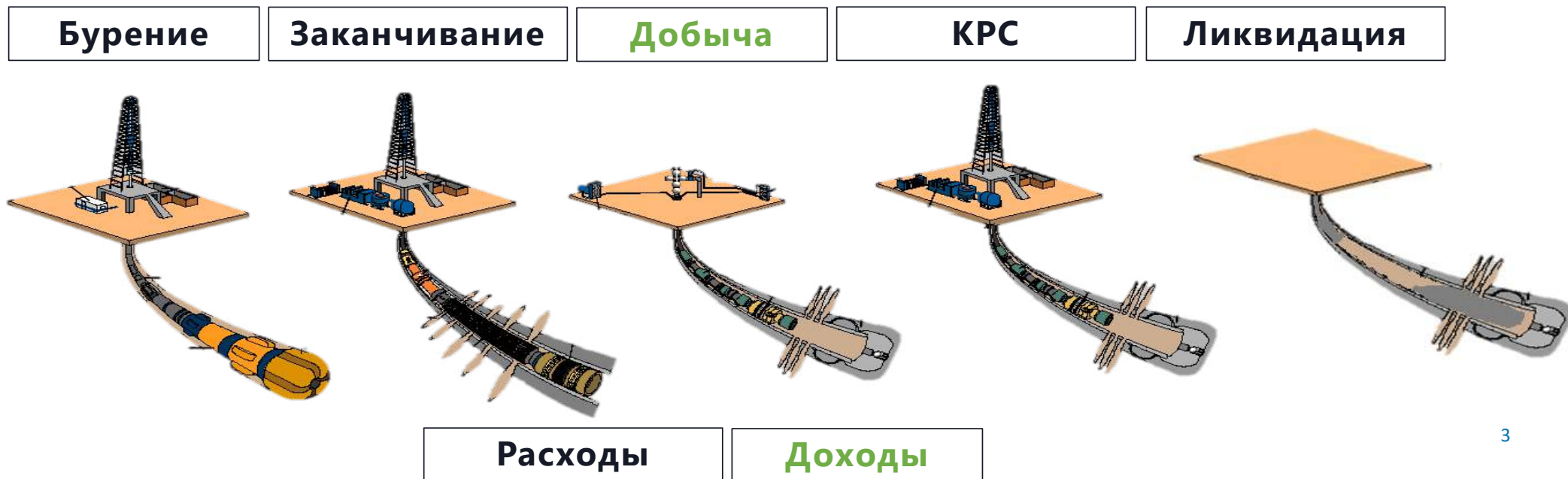
обученных инженеров с современными знаниями

## Цикл жизни скважины

Процесс строительства скважины состоит из 2 этапов:

- ▶ Бурение - создание канала от поверхности до продуктивного пласта
- ▶ Заканчивание – вскрытие продуктивного пласта, создание устойчивого канала для потока флюида из пласта через скважину на поверхность и превращение скважины в добывающую/нагнетательную систему

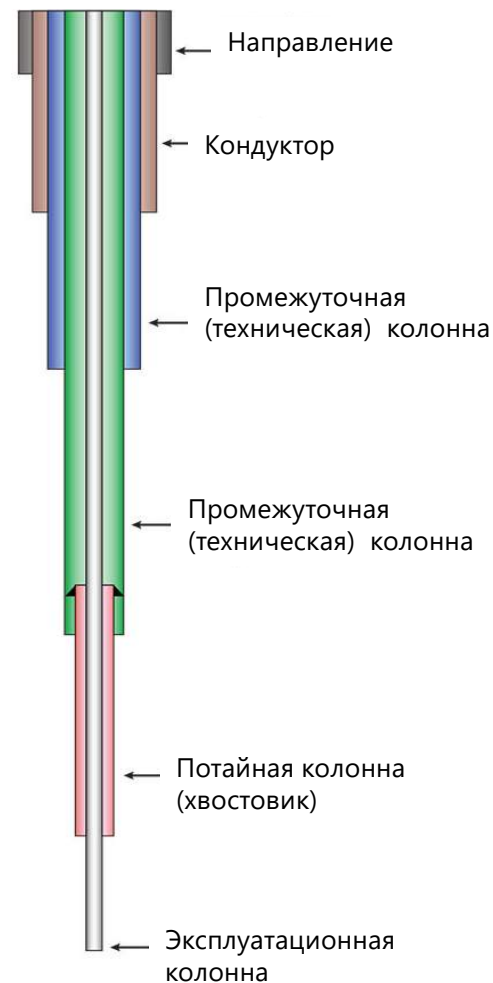
### Цикл жизни скважины



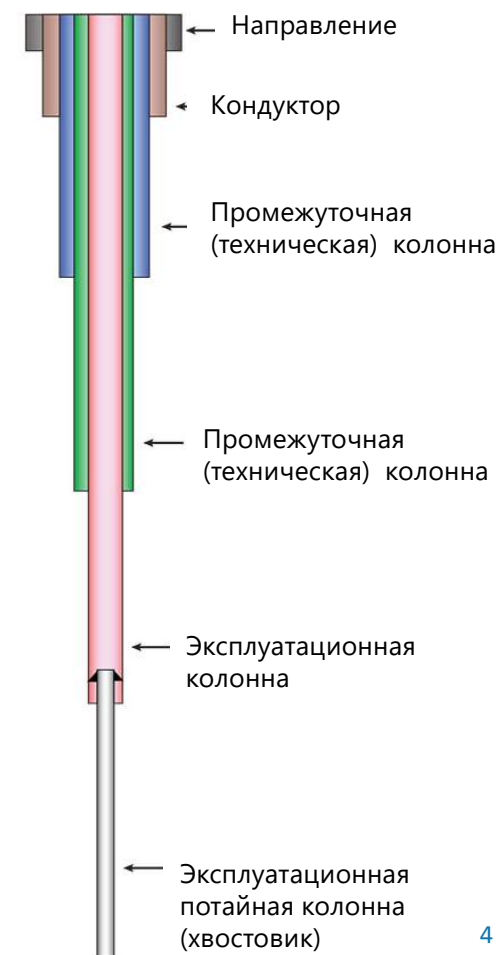
## Конструкция скважин

- ▶ Скважина строится посекционно (поэтапно) для разобщения интервалов с несовместимыми условиями бурения
- ▶ Каждая секция обсаживается обсадной колонной
- ▶ Кольцевое пространство между обсадной колонной и стенкой скважин цементируется для предотвращения миграции флюидов по кольцевому пространству на поверхность
- ▶ На поверхности обсадные колонны подвешиваются на колонные головки, которые обеспечивают герметизацию кольцевых пространств на поверхности

Подводная скважина

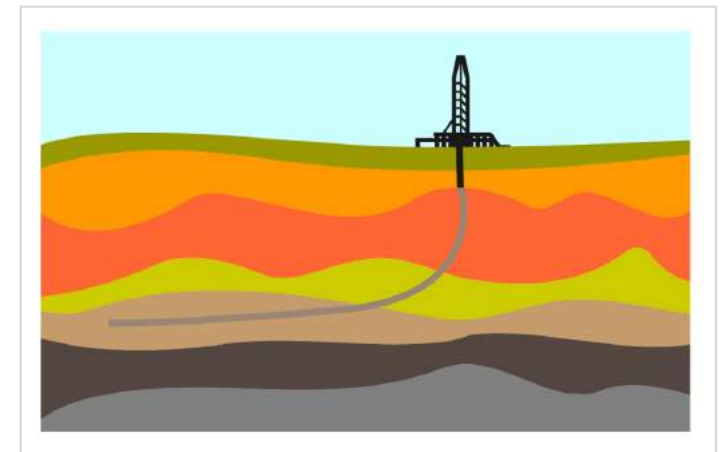


МЛСП/наземная скважина

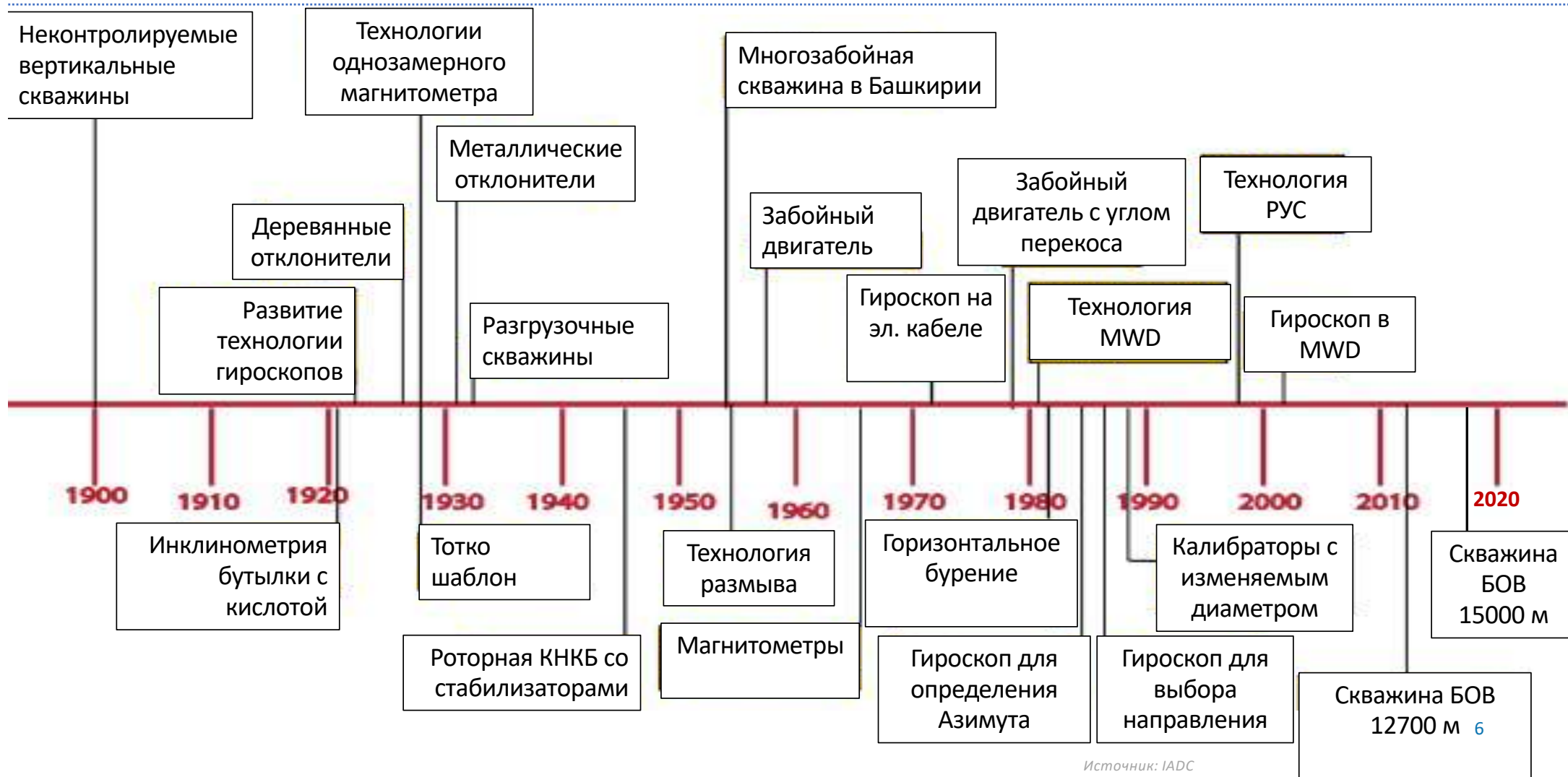


### История:

- ▶ Зарождение идеи в СССР и США – 1930е
- ▶ Первые попытки – 1950е
- ▶ Широкое отраслевое распространение в США и СССР – 1970е
- ▶ Широкое глобальное распространение – 1980е
- ▶ Сейчас повсеместное использование и рекордные отходы от вертикали



# Эволюция скважин: от наклонно-направленных до с большим отходом от вертикали



## Скважины в России

- ▶ Существенный рост доли горизонтальных скважин
- ▶ Общее количество пробуренных метров горизонтальными скважинами утроилось с 2013 (+9.1 млн. метров)
- ▶ В 2018 г. Общая проходка ГС - 13.4 млн м. (+ 19% к 2017г)
- ▶ В 2018 общая проходка ГС компании РН увеличилась на 36% в сравнении с 2017 г.

Доля горизонтальных скважин от общего числа пробуренных скважины в России, %



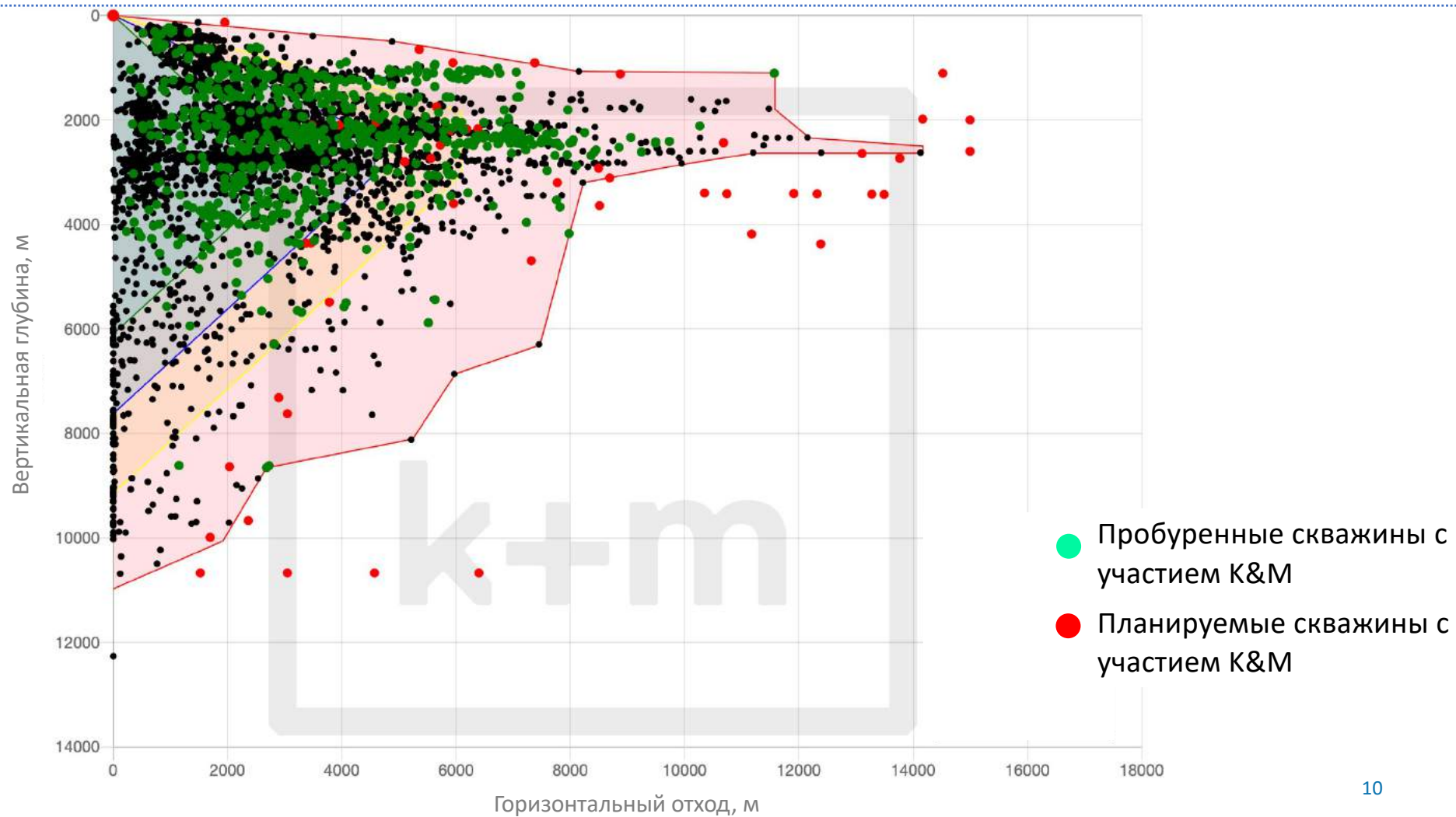
- ▶ Эффективность бурения в 2018 г увеличилась на 1.7% к 2017г
- ▶ Но эффективность бурения все еще значительно ниже, чем в 2013г



- Эксплуатационное бурение, млн м
- Добыча нефти бурение, млн т
- Эффективность бурения, т/м

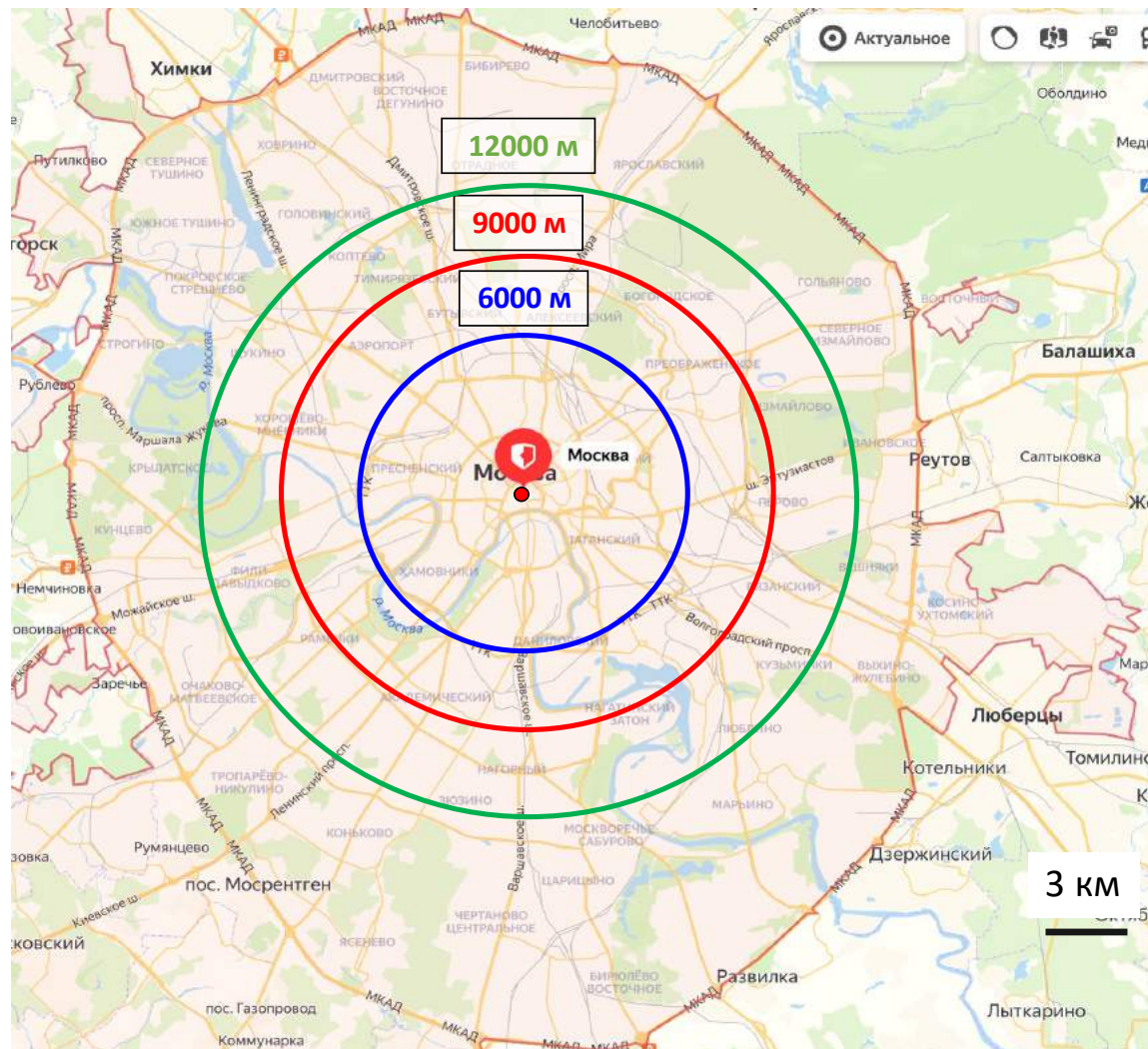
Source: Overview of the Russian oilfield services market – 2019 Deloitte CIS Research Center

## Все скважины БОВ - 2022



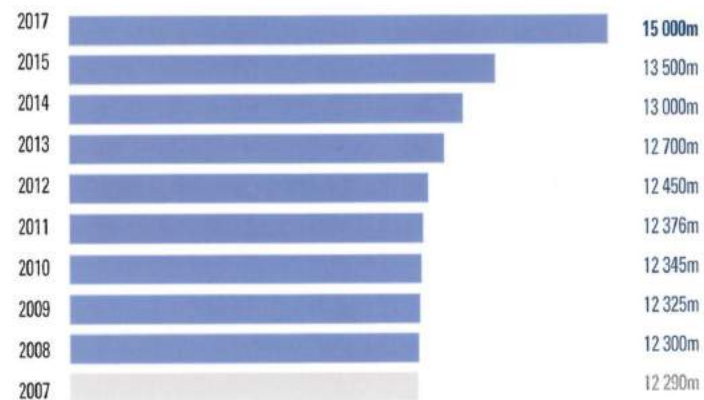
Источник: К&М

# Горизонтальные скважины БОВ

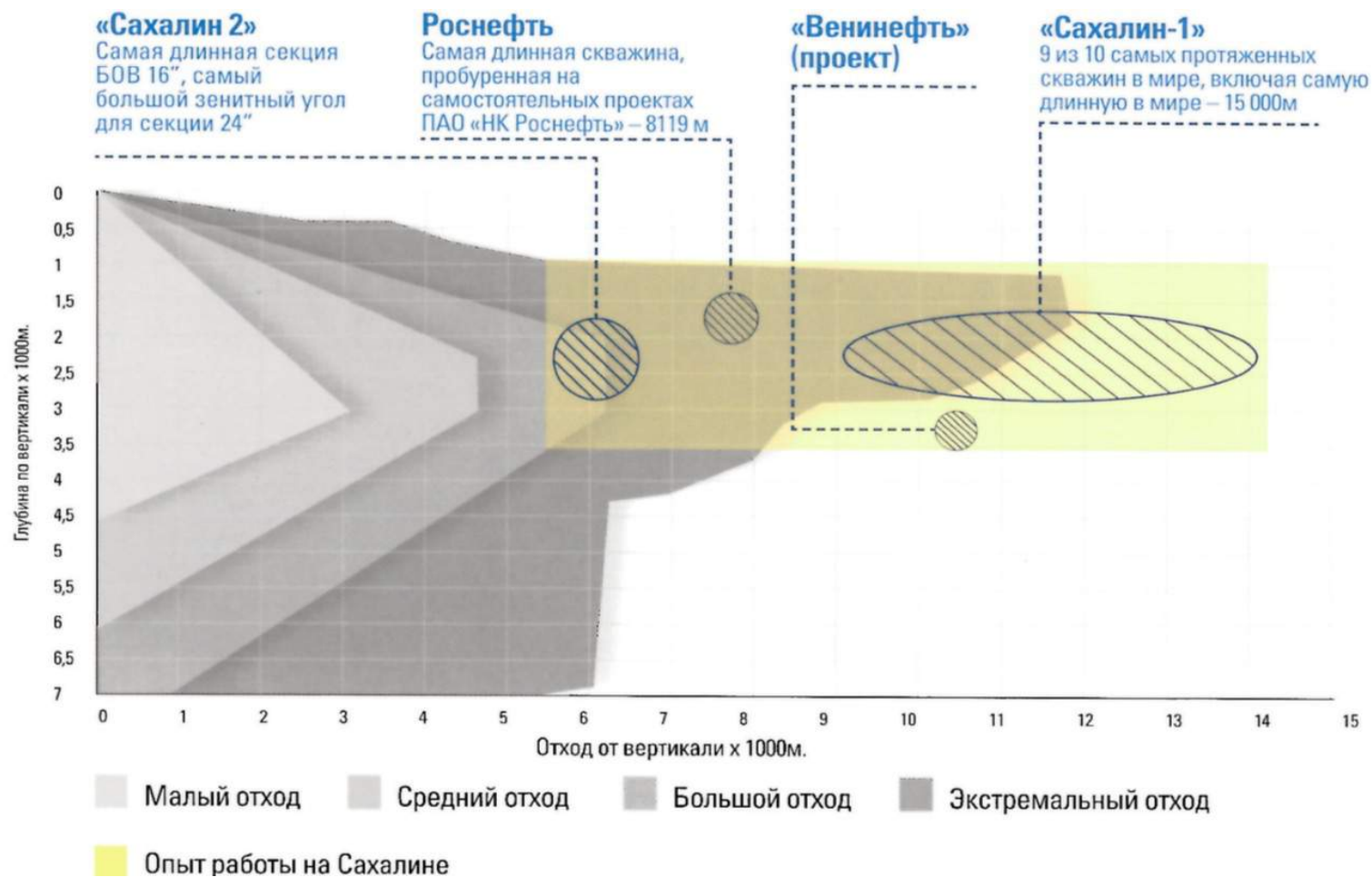


## Абсолютный рекорд

- ▶ Сахалин-1 (Эксон Нефтегаз)
- ▶ Месторождение Чайво
- ▶ Платформа Орлан
- ▶ Средняя длина скважин - 5500 м
- ▶ Бурение многозабойных скважин
- ▶ Добурена скважина **15000 м** (май 2017)
- ▶ 9 из 10 Самых длинных скважин в мире

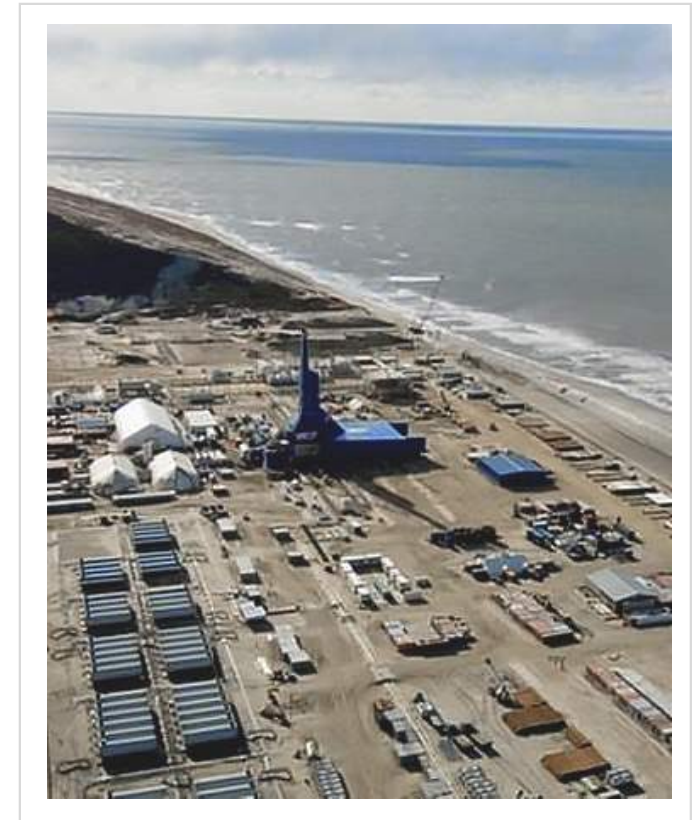
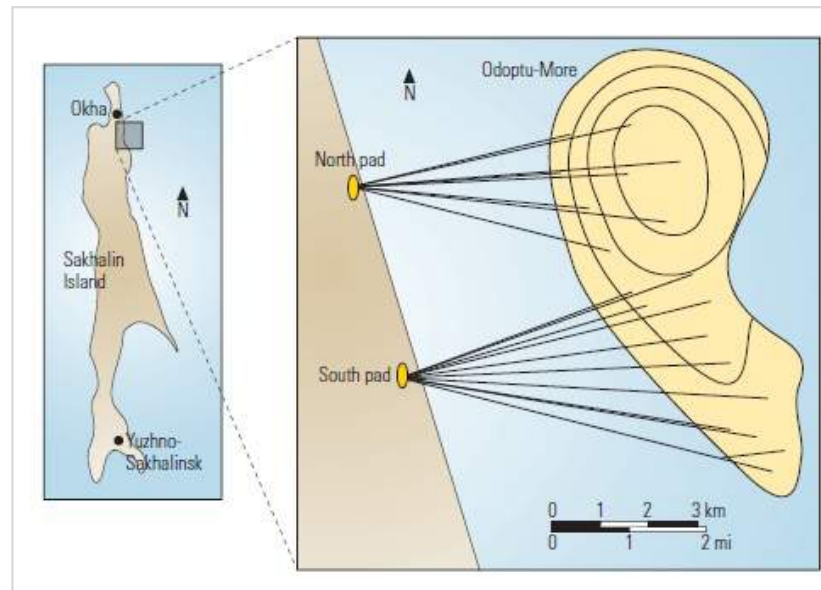


## Скважины БОВ на Сахалине



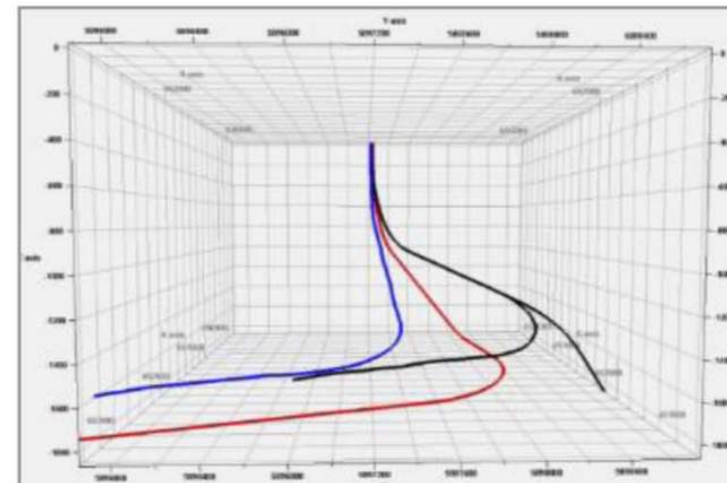
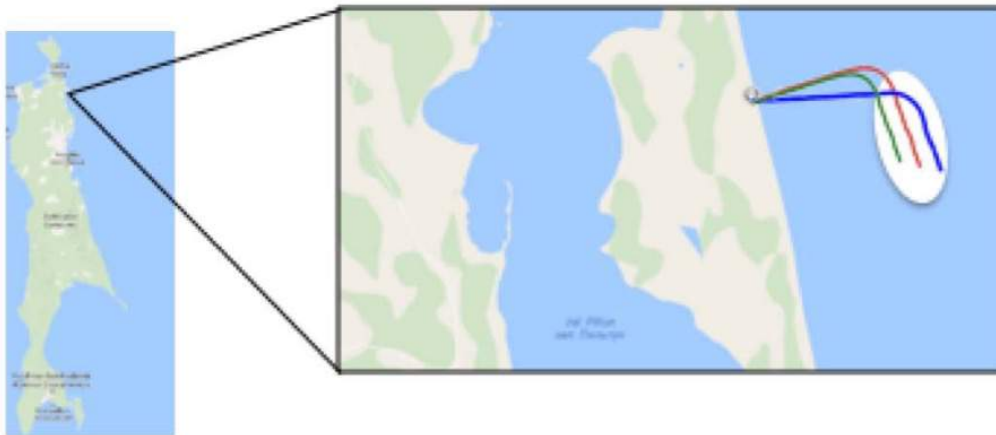
## Скважины БОВ – Примеры Россия

- ▶ Сахалин – 1 (Эксон Нефтегаз)
- ▶ Бурение с берега скважин с большим отходом забоя от вертикали (БОВ)
- ▶ Скважина Z-42 (2014) - **13000 м**
- ▶ 25 скважин (Отношение БОВ = 3.9 - 6.9)



## Скважины БОВ – Примеры Россия

- ▶ Роснефть
- ▶ Лебединское месторождение
- ▶ 1962 м горизонтальная секция в продуктивном пласте
- ▶ БОВ индекс - 2.94



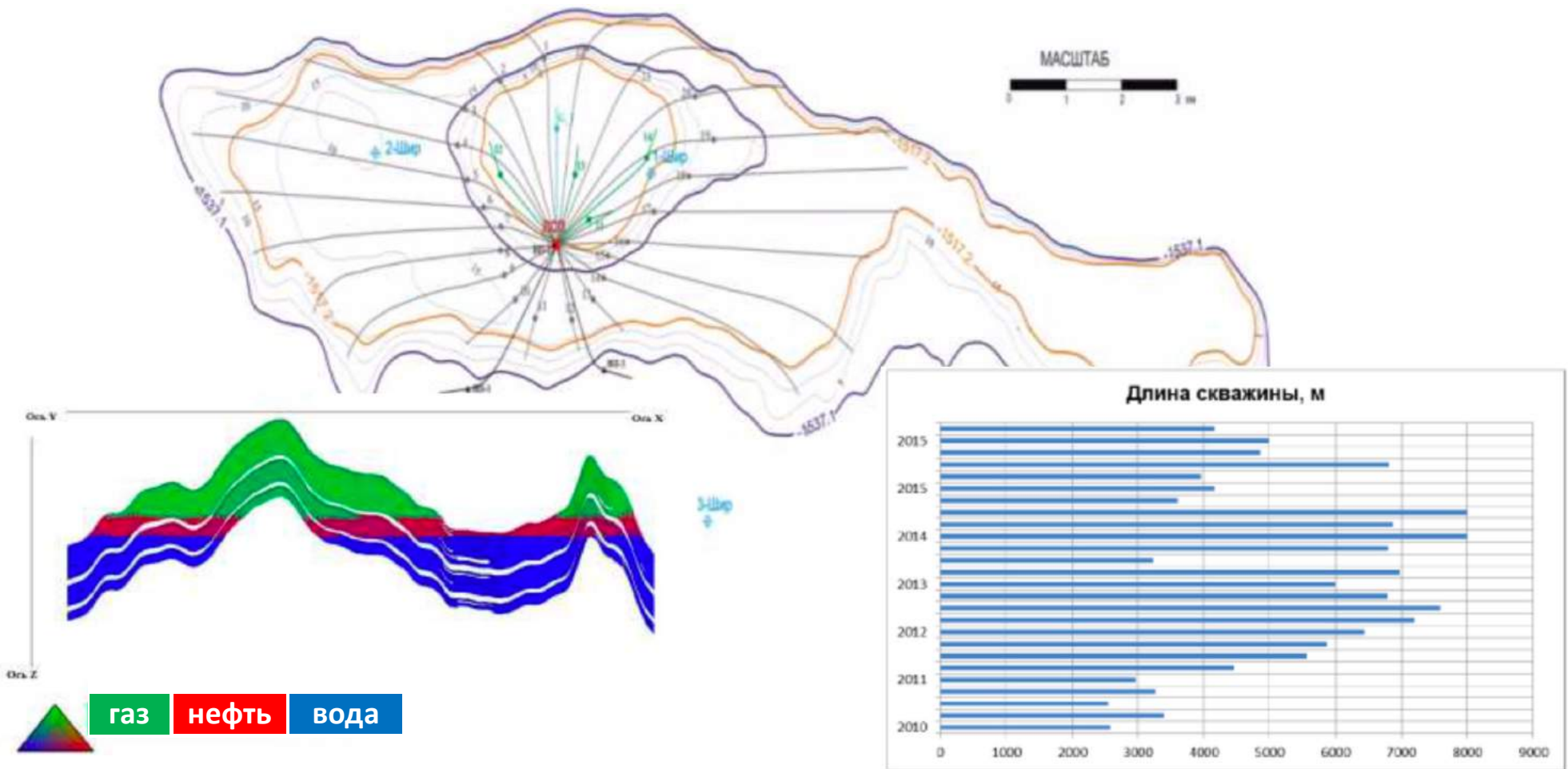
SPE-187725

## Скважины БОВ – Примеры Россия

- ▶ Лукойл
- ▶ Месторождение им. Корчагина
- ▶ Ледостойкая платформа (установка 2009)
- ▶ Грузоподъемность БУ - 560 т
- ▶ Макс. длина скважин по стволу до **8000 м**
- ▶ Двуствольные скважины (5й уровень)

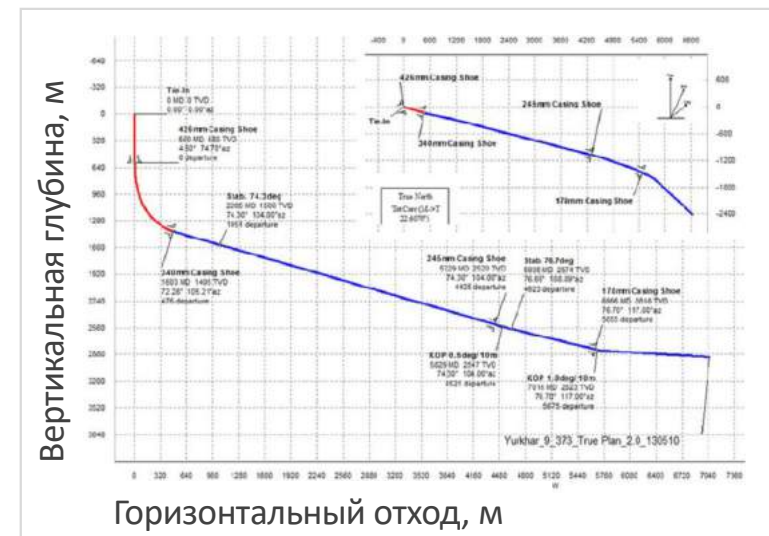
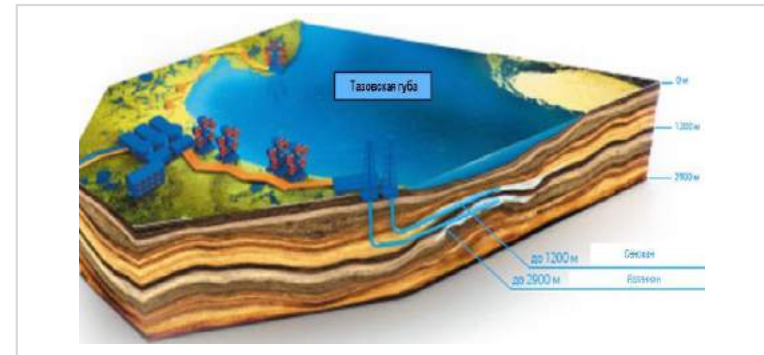


# Пример – Месторождение Корчагина



# Скважины БОВ – Примеры Россия

- ▶ Новатэк
- ▶ Юрхаровское месторождение (Тазовская губа, ЯНАО)
- ▶ Многоствольное заканчивание (2 ствола)
- ▶ Макс. длина по стволу – **8495 м**



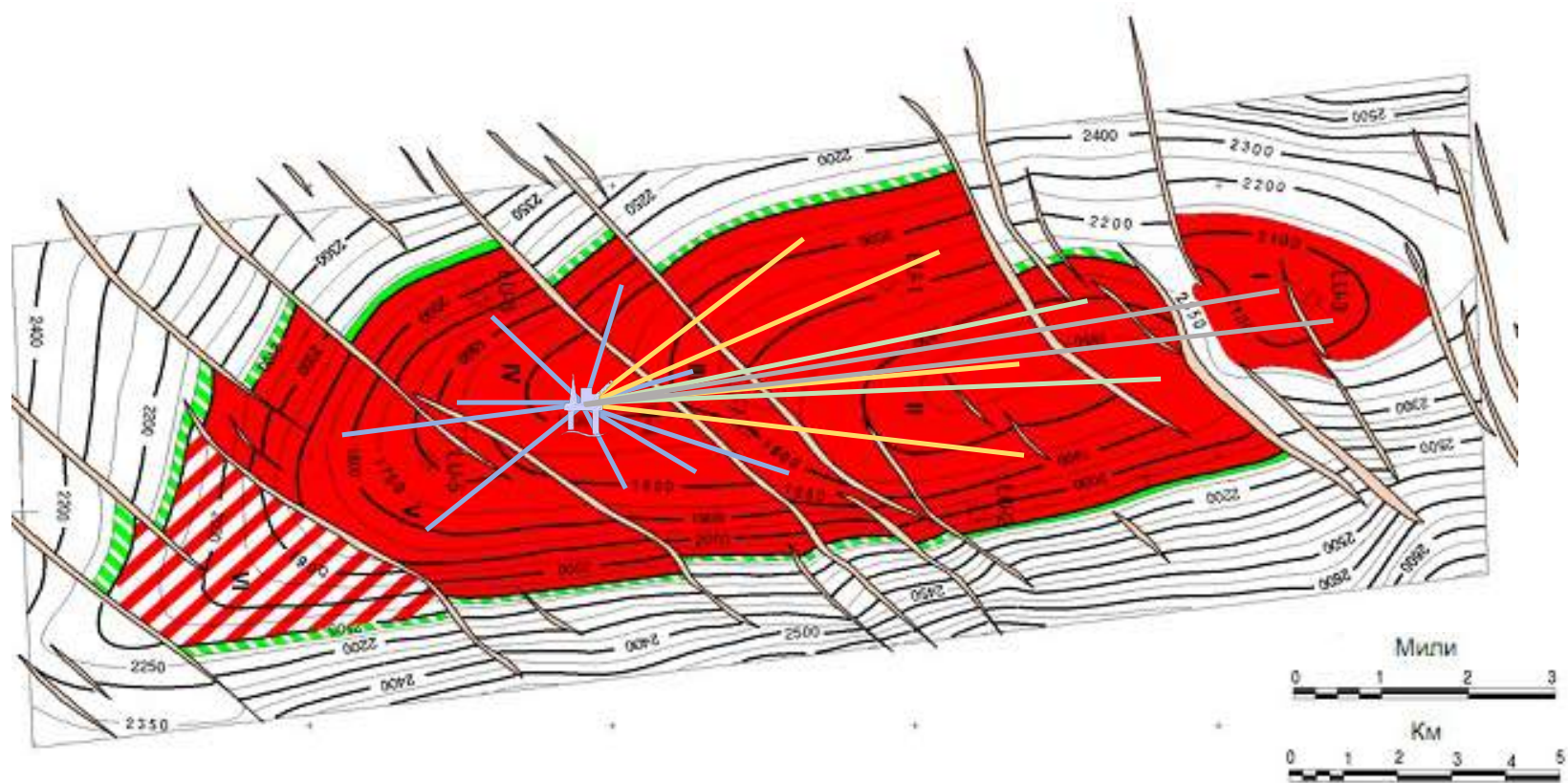
## Скважины БОВ – Примеры Россия

- ▶ Сахалин Энерджи (Шелл-Газпром)
- ▶ Сахалин-2 (Охотское море)
- ▶ Ледостойкие платформы
- ▶ Длина по стволу до **8500** м



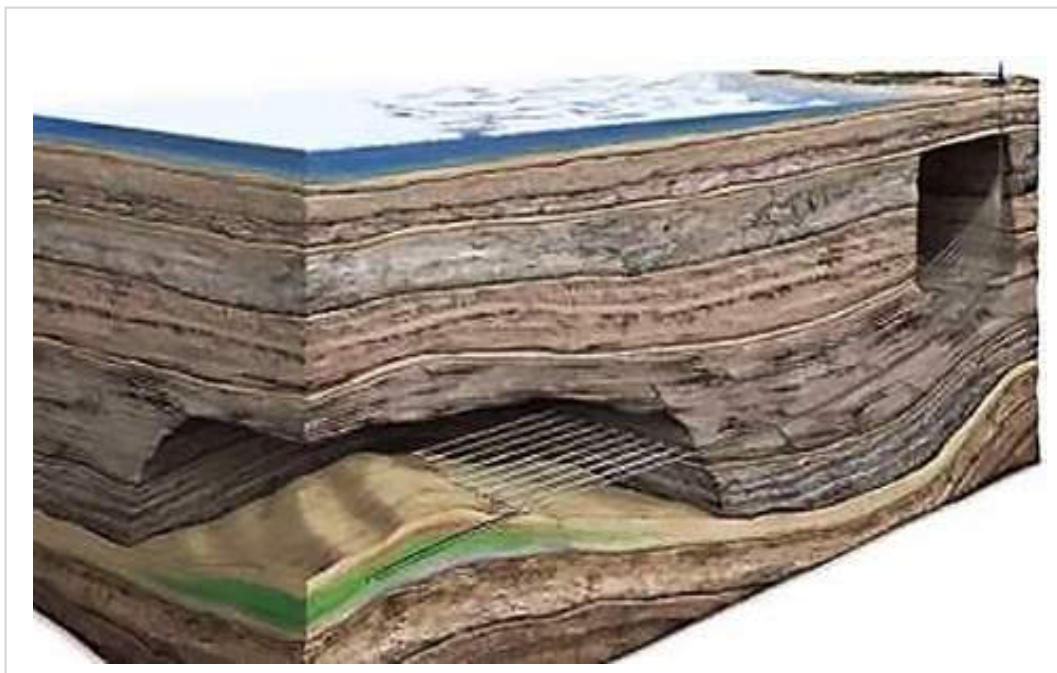
<http://www.sakhalinenergy.ru/ru/media-centre/photo/photo.wbp?id=a52f1892-924c-4443-a870-9e0d9a534768>

## Скважины БОВ – Примеры Россия

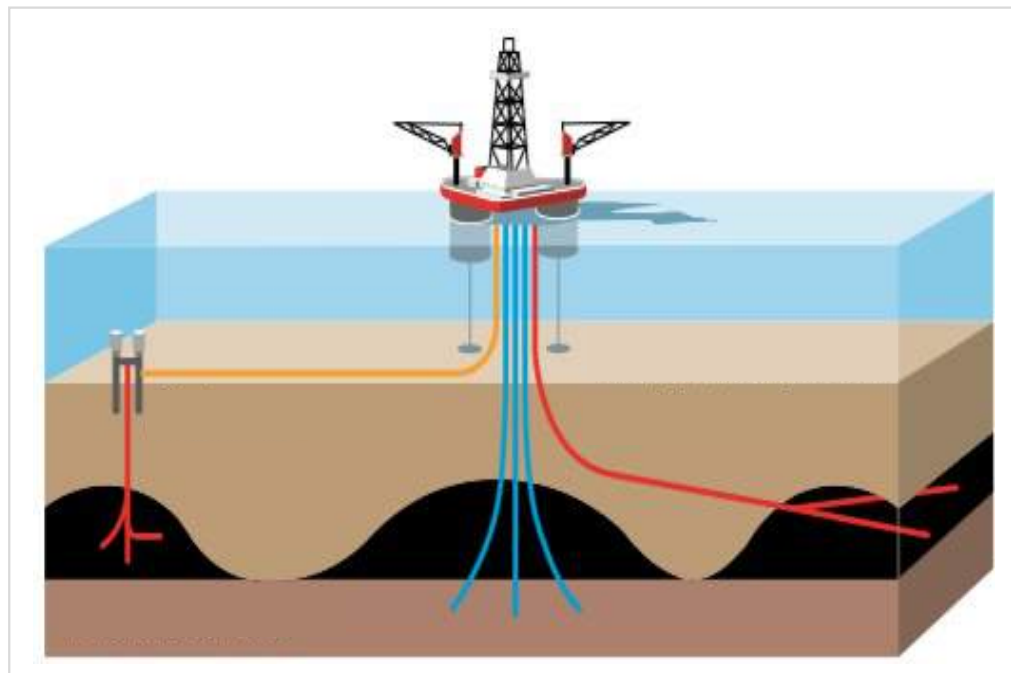


## Области применения

- ▶ Разработка шельфового месторождения с берега

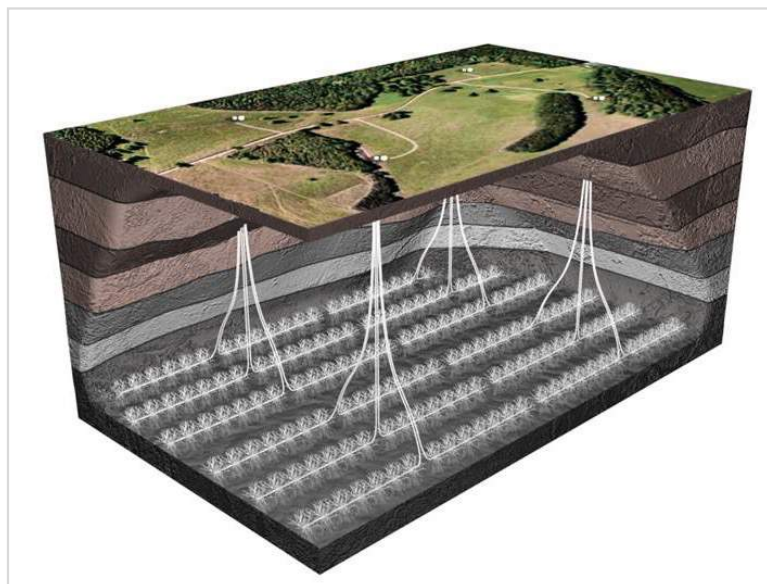


- ▶ Разработка отдаленных участков месторождения с платформы



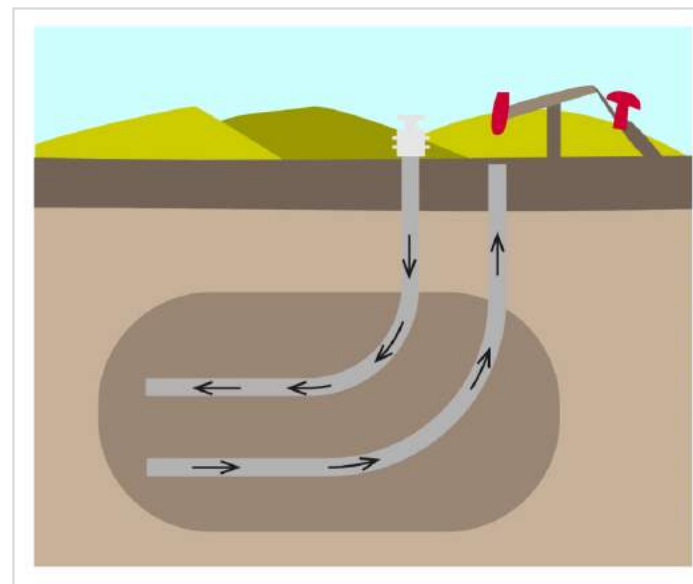
## Области применения

- ▶ Нетрадиционные источники нефти и газа (сланцы)



<https://millicentmedia.com/2011/12/08/drilling-through-the-spin-uk-shale-gas-exploration/>

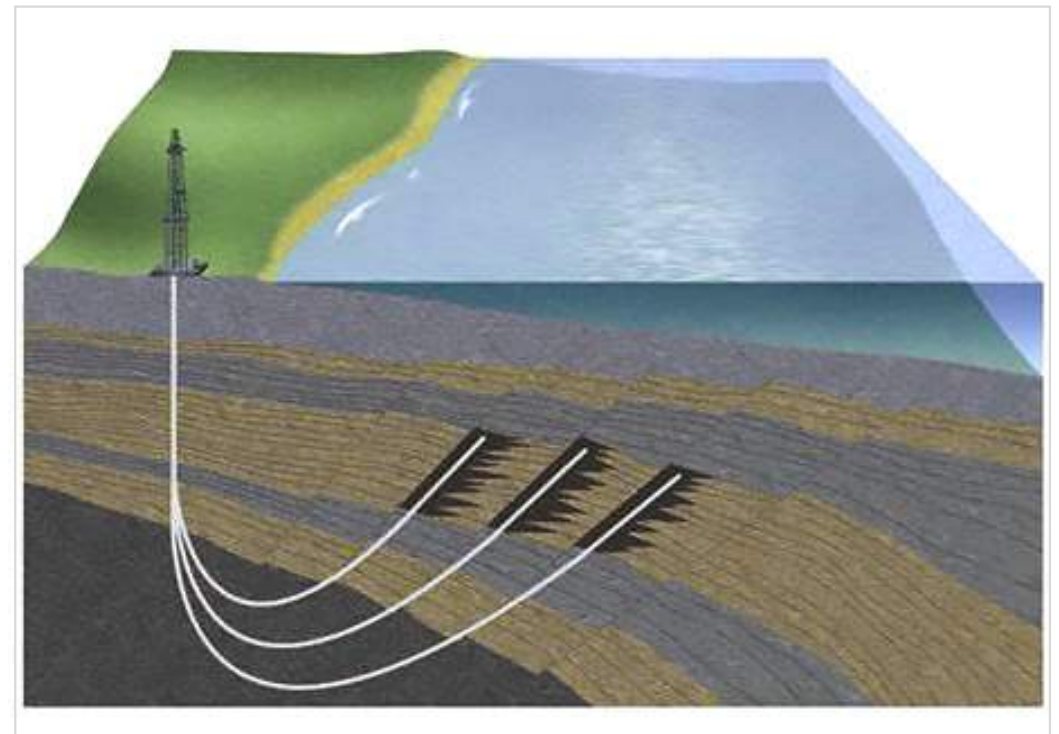
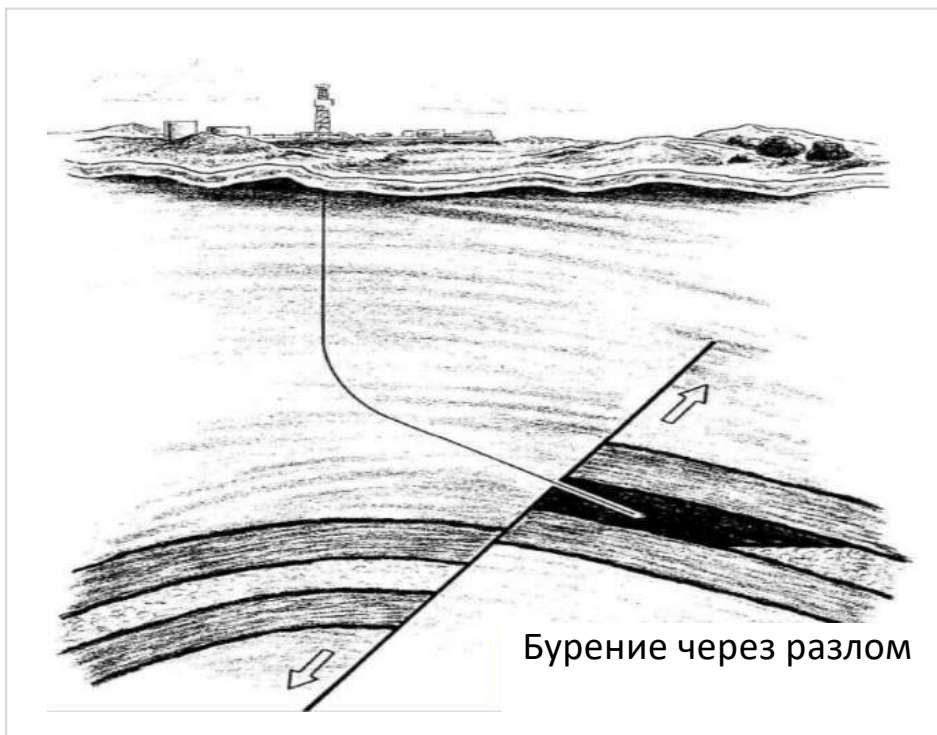
- ▶ Нагнетание пара в месторождениях высоковязкой нефти



<http://www.science-sd.com/455-24423>

## Области применения

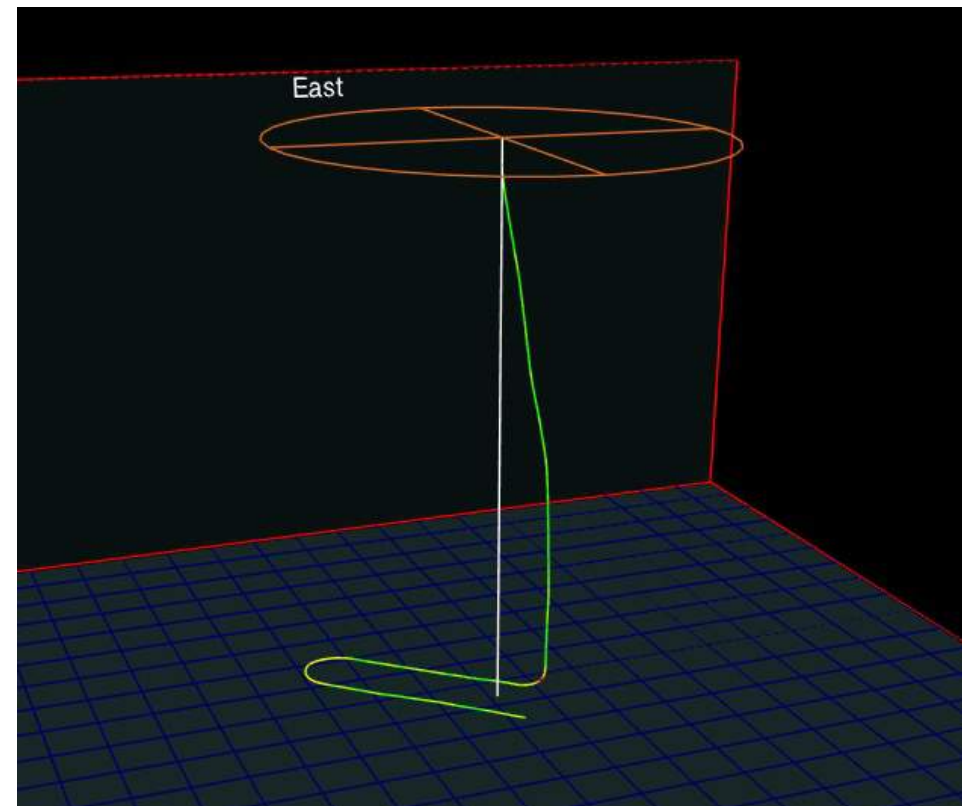
### ► Бурение в осложненных условиях



<http://www.geoexpro.com/articles/2010/03/drilling-uphill>

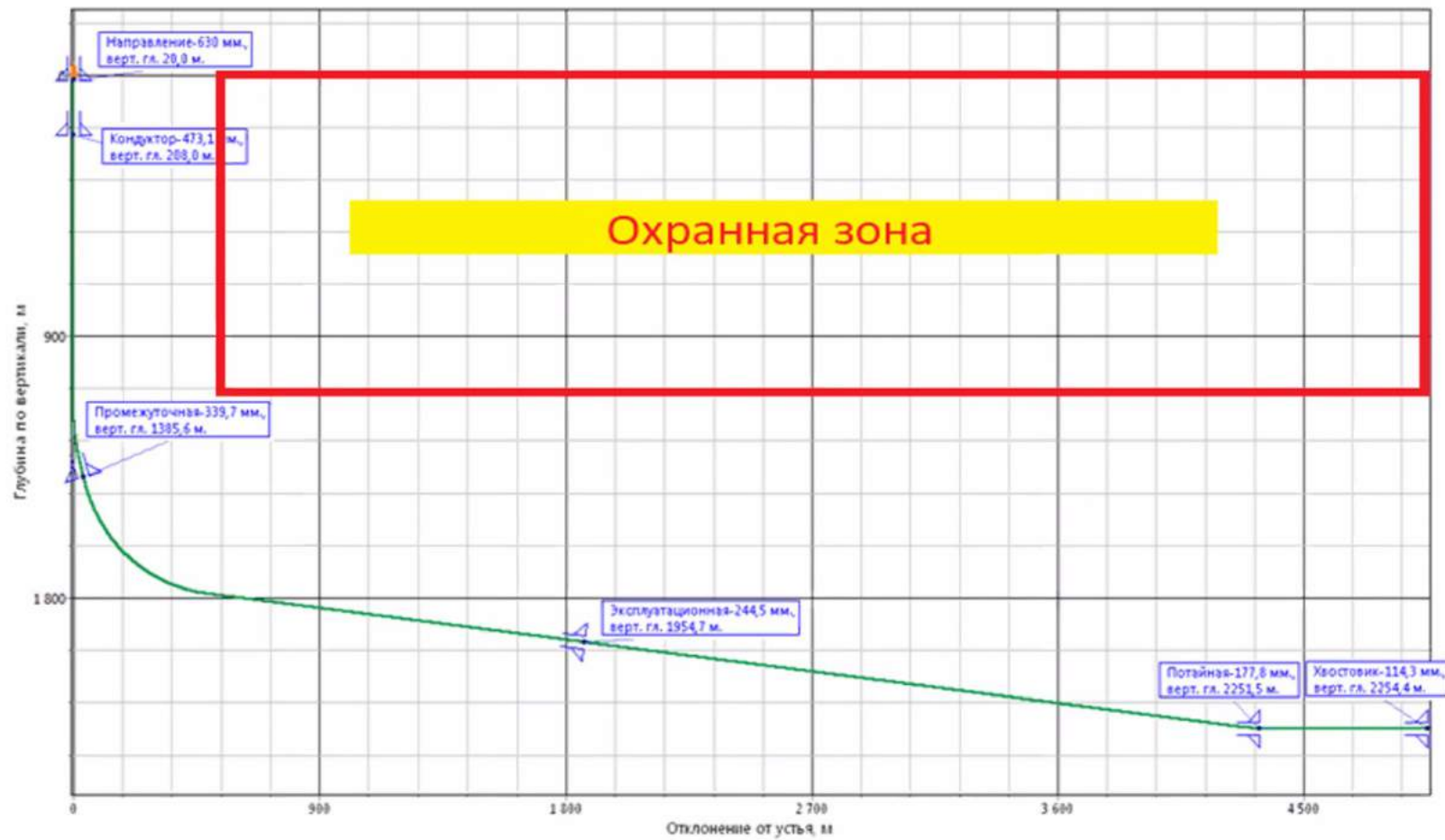
## Необычные скважины

- ▶ Месторождение сланцевой нефти
- ▶ Максимальный коэф. охвата
- ▶ Вертикальная глубина – 3400 м
- ▶ Длина одной горизонтальной секции – 1500 м

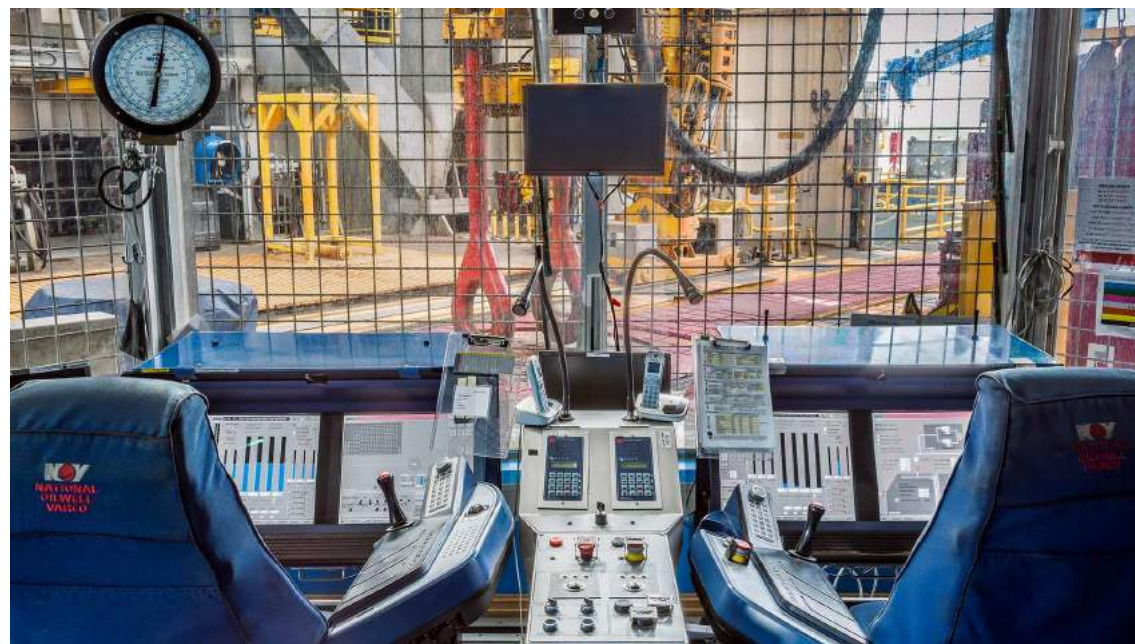


Источник: Shell

# Особые условия



## Кабина бурильщика



[1. Видео Автоматическая буровая](https://www.youtube.com/watch?v=7VE7wRwnHho)  
<https://www.youtube.com/watch?v=7VE7wRwnHho>

### Верхний привод

- ▶ Позволяет Вращать, циркулировать, поднимать/опускать колонну
  - Возможна обратная проработка
- ▶ Для горизонтальных скважин и скважины БОВ необходим высокий момент на высоких оборотах
- ▶ Высокая надежность
- ▶ Система с «мягким крутящим моментом» может быть полезна для ослабления торсионных вибраций КНБК/долота (вращение рывками)
- ▶ Современные верхние приводы могут обеспечивать момент вращения  $> 100$  тыс. фунт-фут (136 кН-м) при  $> 120$  об/мин
  - NOV TDX 1250
  - MHWIRTH DDM 2M



Источник: <http://www.hhic.cn/en/zbj-2/201111/91.html>

## Газо-нефте-водо проявление

### На суше



### На море



# Противовыбросовое оборудование



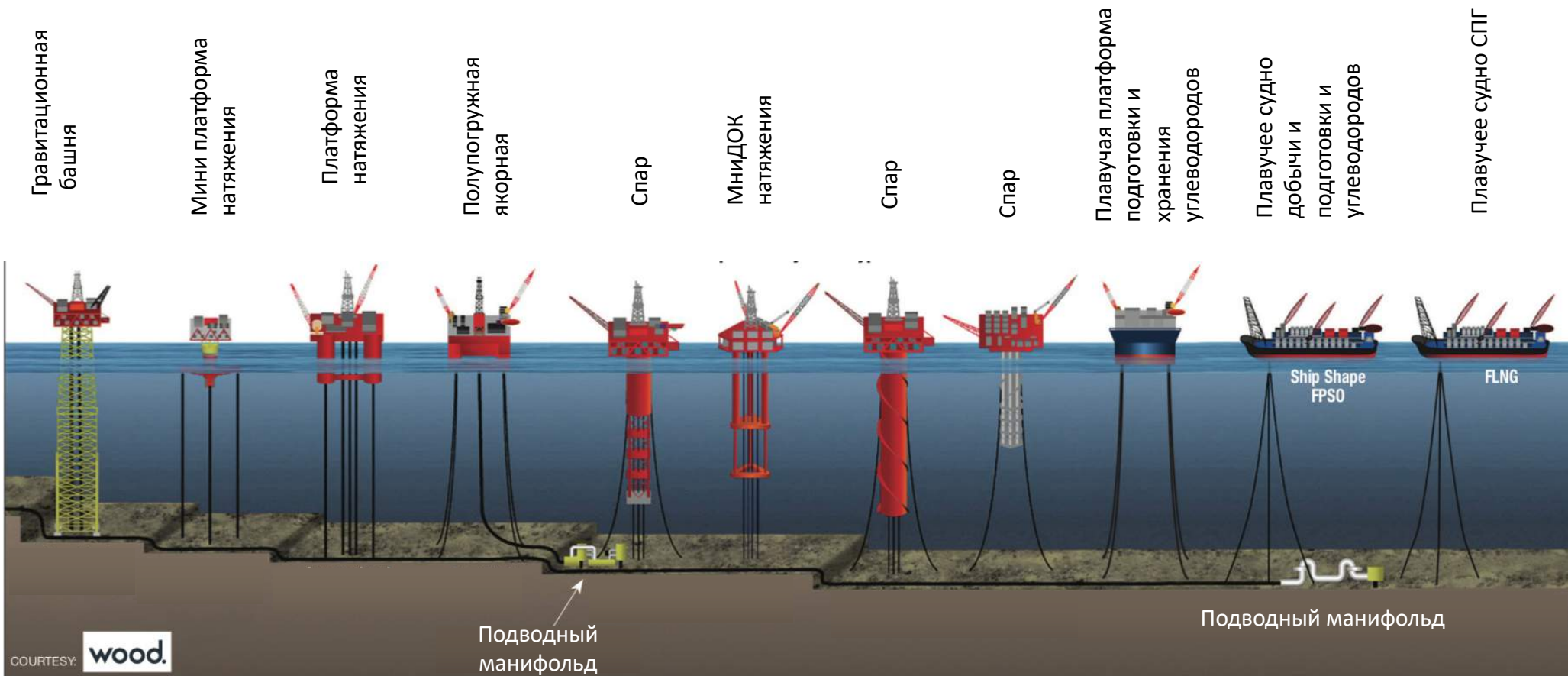
Универсальный превентор

Трубные плашки

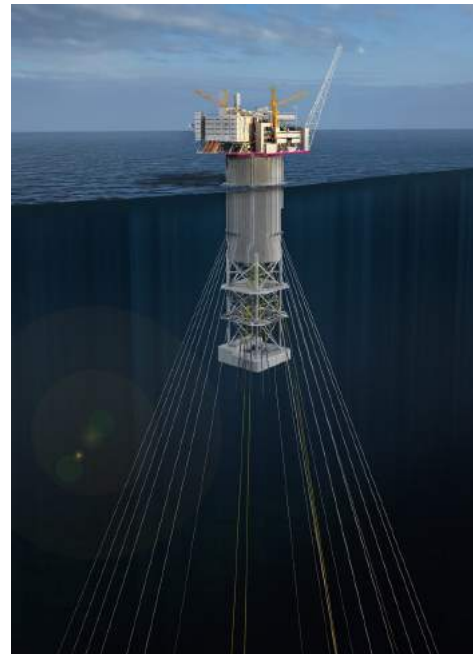
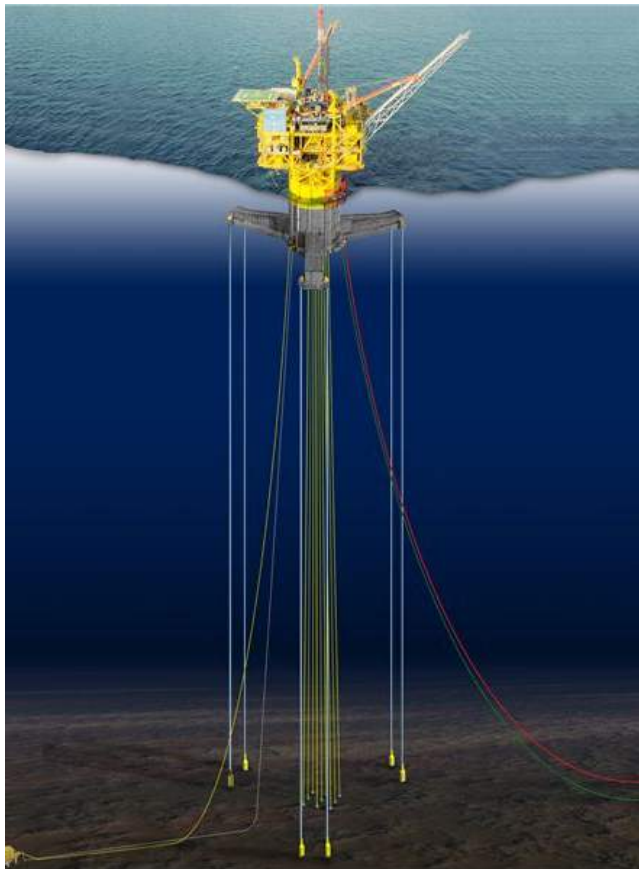
Срезные/глухие плашки

Плашечный превентор

# Типы морских установок для эксплуатации скважин в море



# Платформа СПАР



<https://petro.no/aasta-hansteen-utbyggingen-store-operasjoner-pa-stordyp/42617>



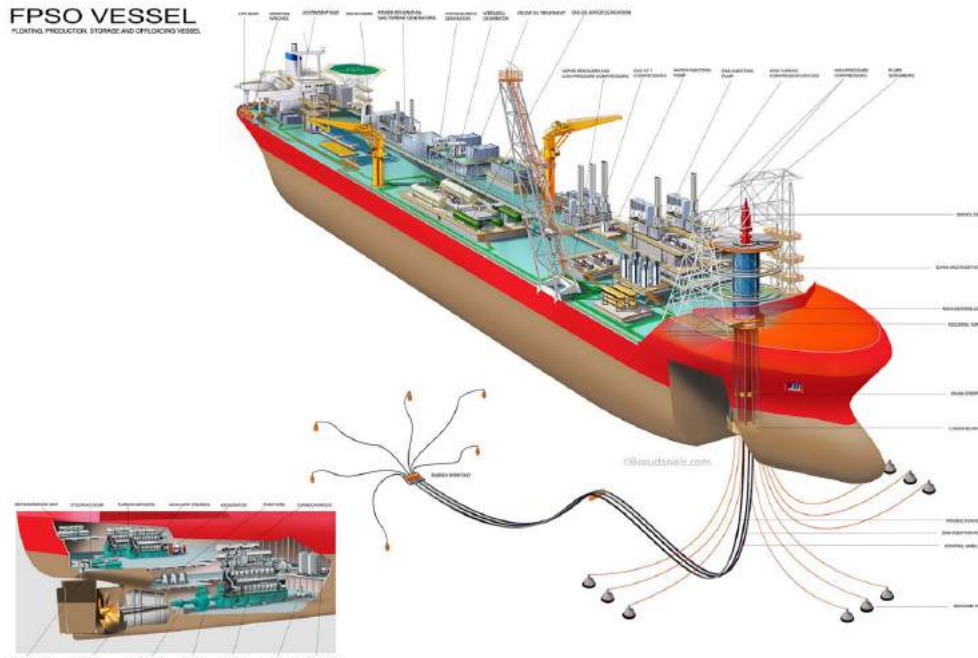
[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-287-137-4\\_9](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-287-137-4_9)

<https://www.youtube.com/watch?v=JpfJJ2mh8yo>

<https://www.brighthubengineering.com/marine-engines-machinery/30775-different-types-of-offshore-production-platforms-for-oil-extraction/>

# Плавучая платформа подготовки и хранения углеводородов

Плавучая платформа подготовки товарной нефти  
<https://www.youtube.com/watch?v=70XwYmmZFWs>



2. Манифольды, райзер  
<https://www.youtube.com/watch?v=uPtX2J3ex00>

Плавучий терминал СПГ



<https://www.shell.com/about-us/major-projects/prelude-flng.html>

## Типы морских установок гравитационного типа

### Насыпной остров

- ▶ Глубина моря до 15 м
- ▶ Подвержен эрозии



[https://en.wikipedia.org/wiki/Northstar\\_Island](https://en.wikipedia.org/wiki/Northstar_Island)

### Киссонная платформа

- Глубина моря до 50 м



<http://www.abam.com/portfolio/project/173>

### Платформа с железобетонными основаниями



[http://www.wikiwand.com/en/Offshore\\_concrete\\_structure](http://www.wikiwand.com/en/Offshore_concrete_structure)



## Типы морских буровых установок плавучего типа

- ▶ Глубина моря
- ▶ Максимальная глубина/длина скважины
- ▶ Ледовые условия
- ▶ Тип заканчивания

Самоподъемные: 10 - 190 м



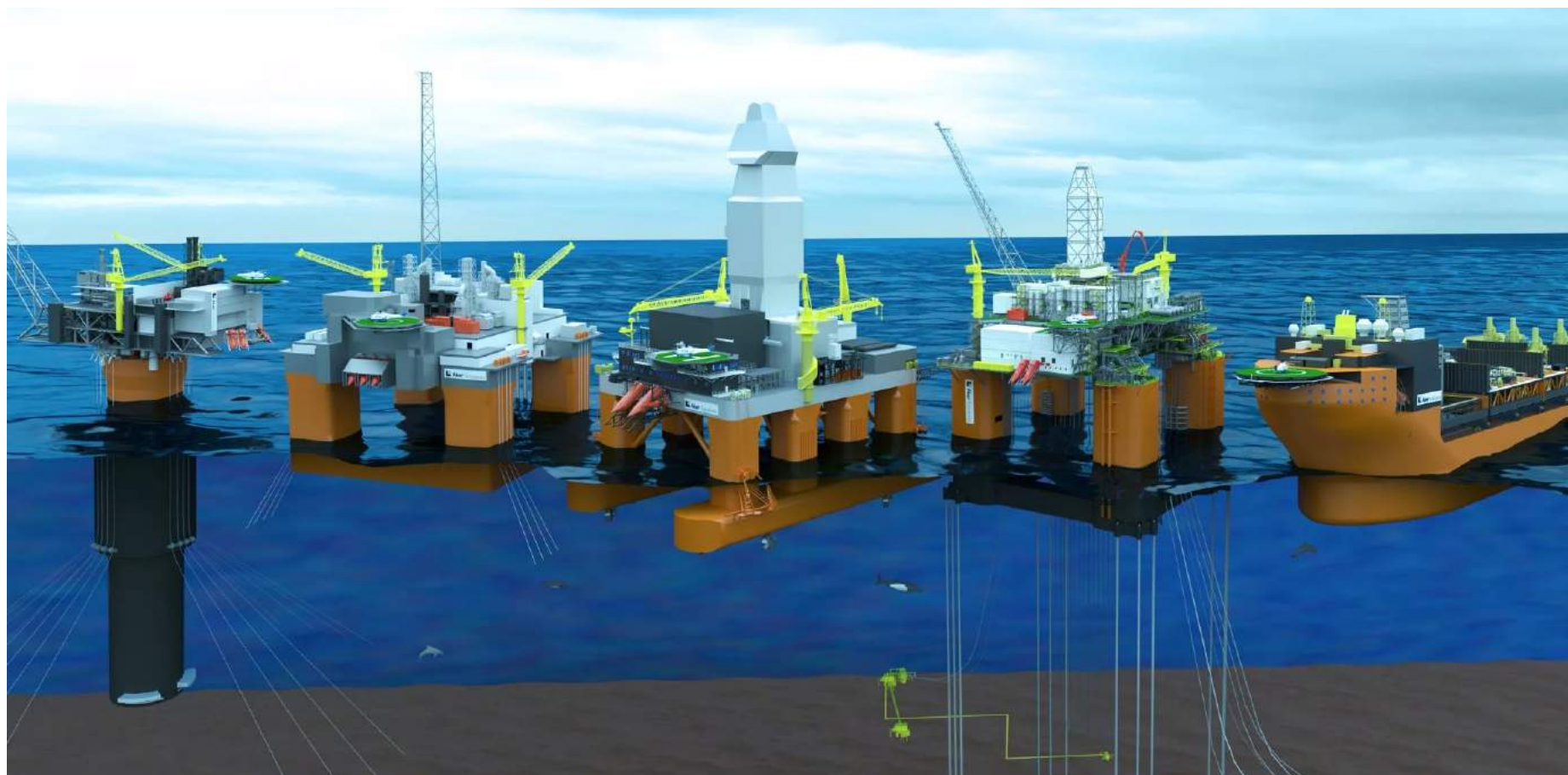
Полупогружные: 50–2000м



Буровые суда: 70 –3500 м



## Плавучие буровые платформы

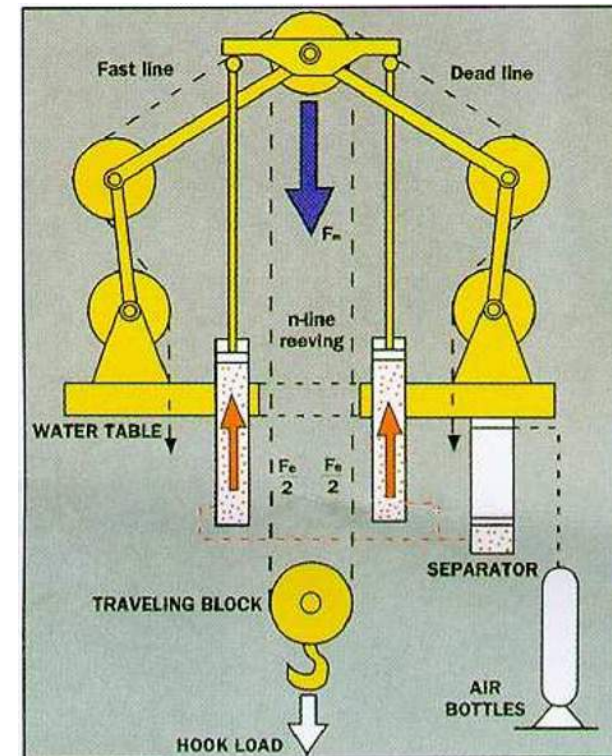


# Компенсационная система талевой системы (крон блок)



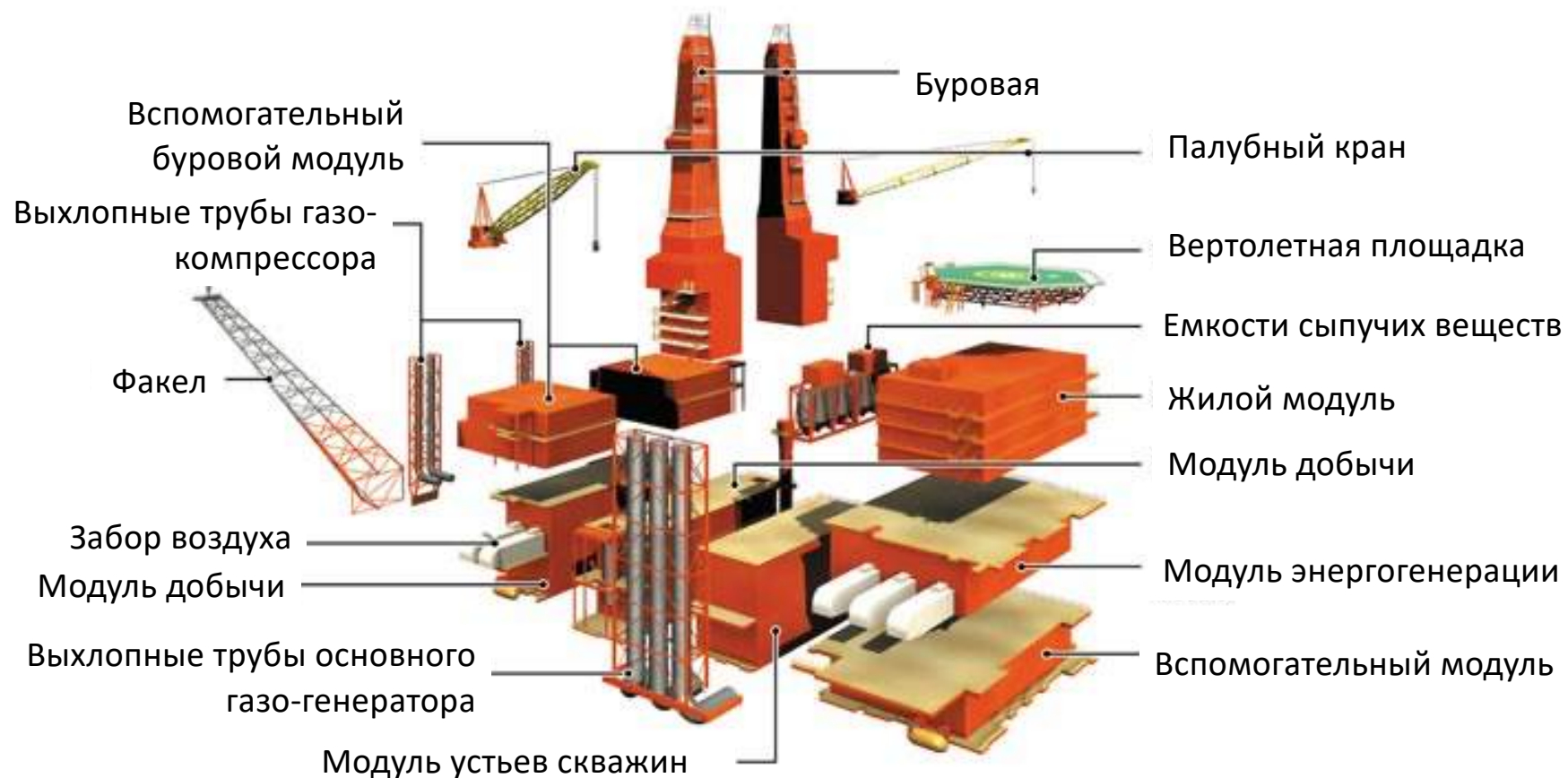
<https://www.vesselfinder.com/news/8778-SDRL-Seadrill-Limited-Announces-Settlement-of-West-Mira-Arbitration>

[https://www.youtube.com/watch?v=icXjNxpO7\\_4](https://www.youtube.com/watch?v=icXjNxpO7_4)

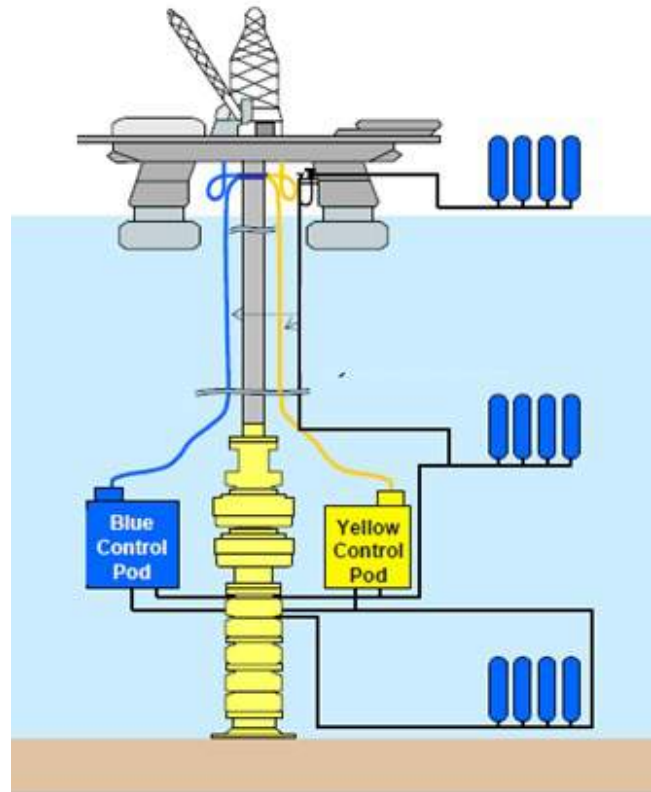


[https://areeweb.polito.it/ricerca/petroleum/wp-content/uploads/2014/10/4\\_Piccinini\\_COMP\\_Master-ed2013-14.pdf](https://areeweb.polito.it/ricerca/petroleum/wp-content/uploads/2014/10/4_Piccinini_COMP_Master-ed2013-14.pdf)

# Модульная буровая установка



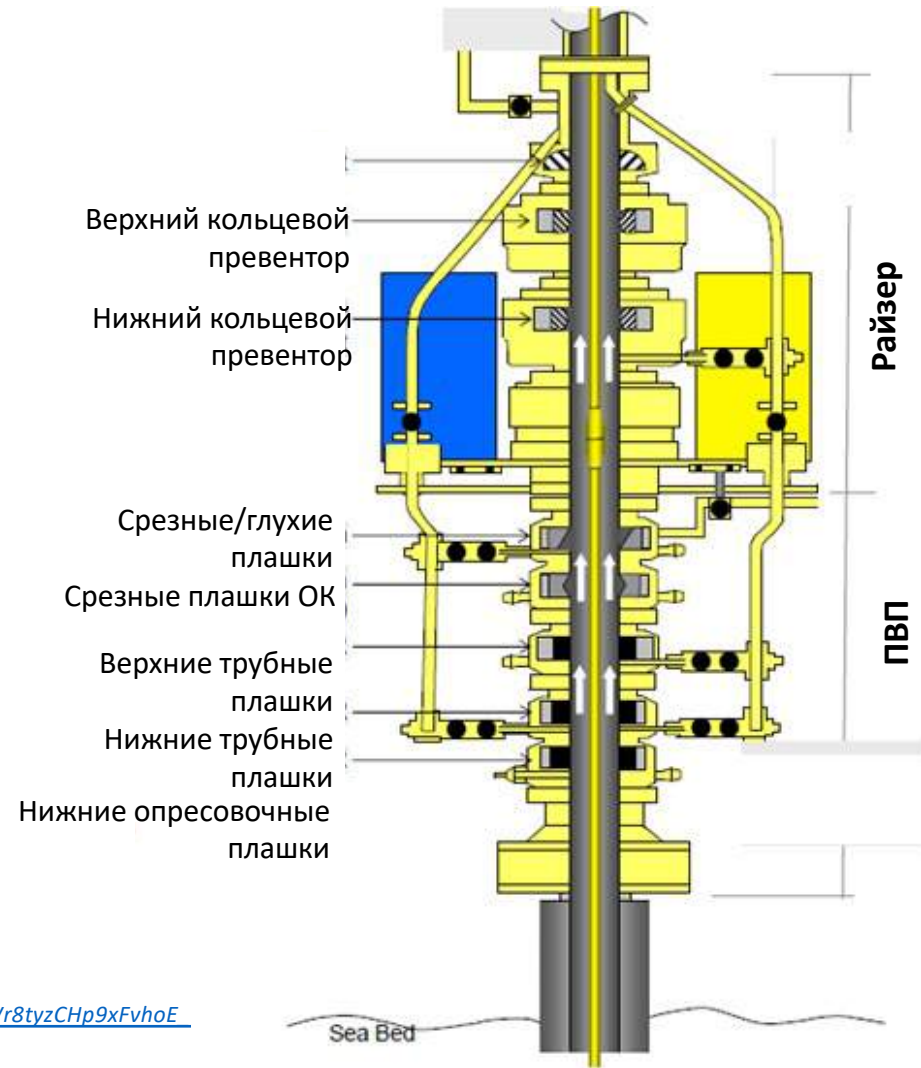
# Подводное противовыбросовое оборудование



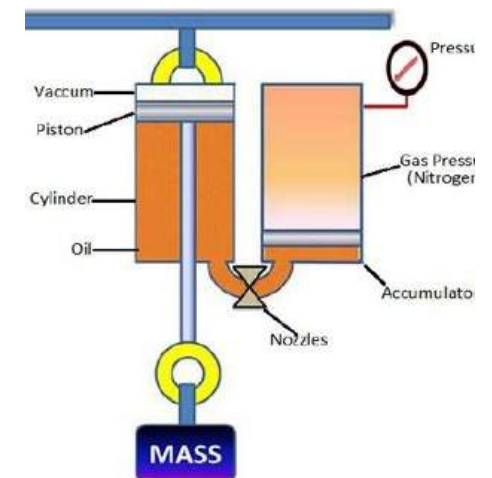
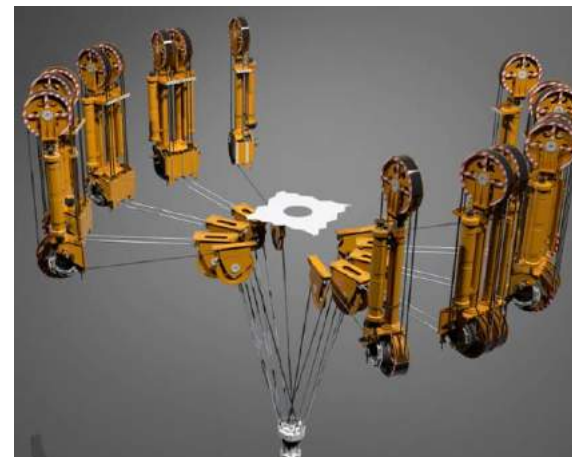
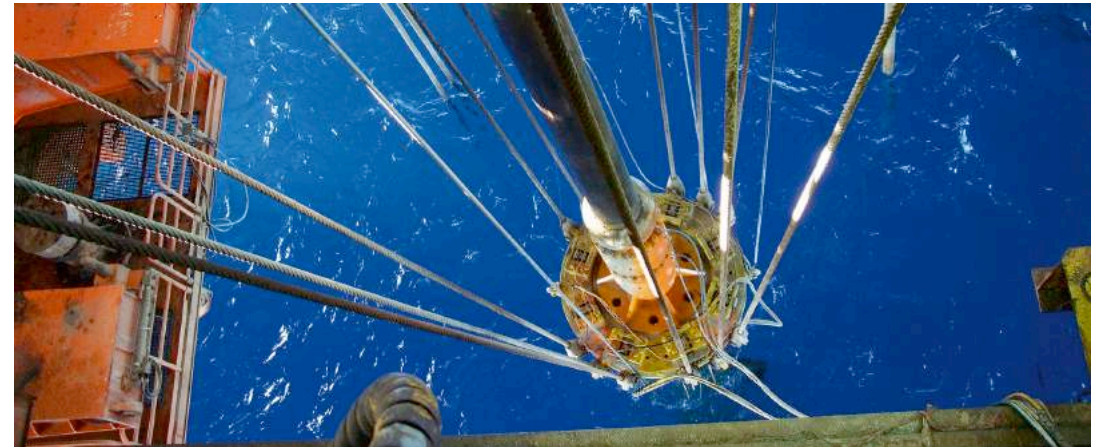
Аварийное управление ПВП

Ручное	Авто	Подводный робот
--------	------	-----------------

Видео спуск преевентора <https://www.youtube.com/watch?v=QRCJOTr-sB4&list=PLH6LOzWKIkBWaStjWr8tyzCHp9xFvhoE>  
Отстыковка преевентора <https://www.youtube.com/watch?v=fvpU4Jpu8qc>



# Компенсационная система водоотделяющей колонны



<http://www.frigstadgroup.com/engineering/design/frigstad-d80-dp3>

- Спуск водоотделяющей колонны  
<https://www.youtube.com/watch?v=WPOi1WYf2c>
- Полированный шток райзера  
<https://www.youtube.com/watch?v=MXJBeqEsPyA>

<http://www.cds.as/products.htm>

## Подводные роботы-манипуляторы

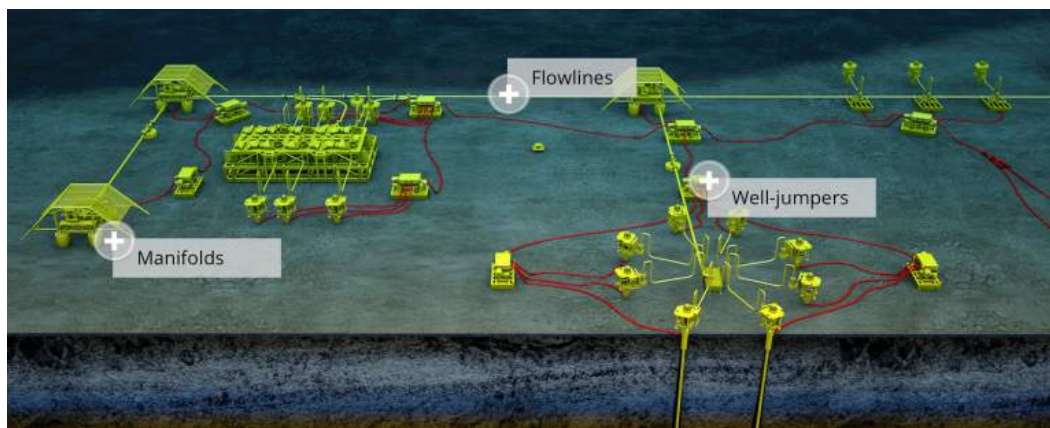
- ▶ Глубина погружения водолазов ограничена
- ▶ Высокая опасность для водолазов
- ▶ Подводные роботы-манипуляторы оснащены
  - Видео камера
  - Манипулятор (6 степеней свободы)
  - Хвататель
  - Различные сенсоры и датчики
- ▶ Глубина использования до 3000 м
- ▶ Точность движения может составлять 5-10мм
- ▶ Грузоподъемность до 5 тонн
- ▶ Все более автоматизированы



<http://www.norskolje.museum.no/en/mime-3/>

## Подводная фонтанная арматура – Вертикальная

- ▶ Вертикально расположенные коренные задвижки
- ▶ Подвеска НКТ – установлена в колонной головке
  - Фонтанная арматура устанавливается после завершения работ по заканчиванию

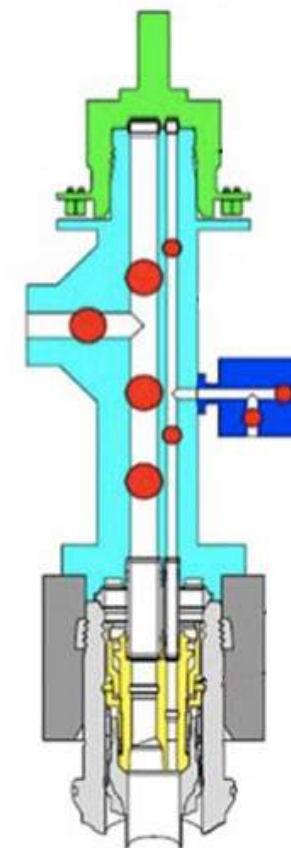


<https://yukonservice.wordpress.com/2017/06/27/breaking-news-aker-solutions-wins-coral-south-contract-offshore-gas-mozambique/>

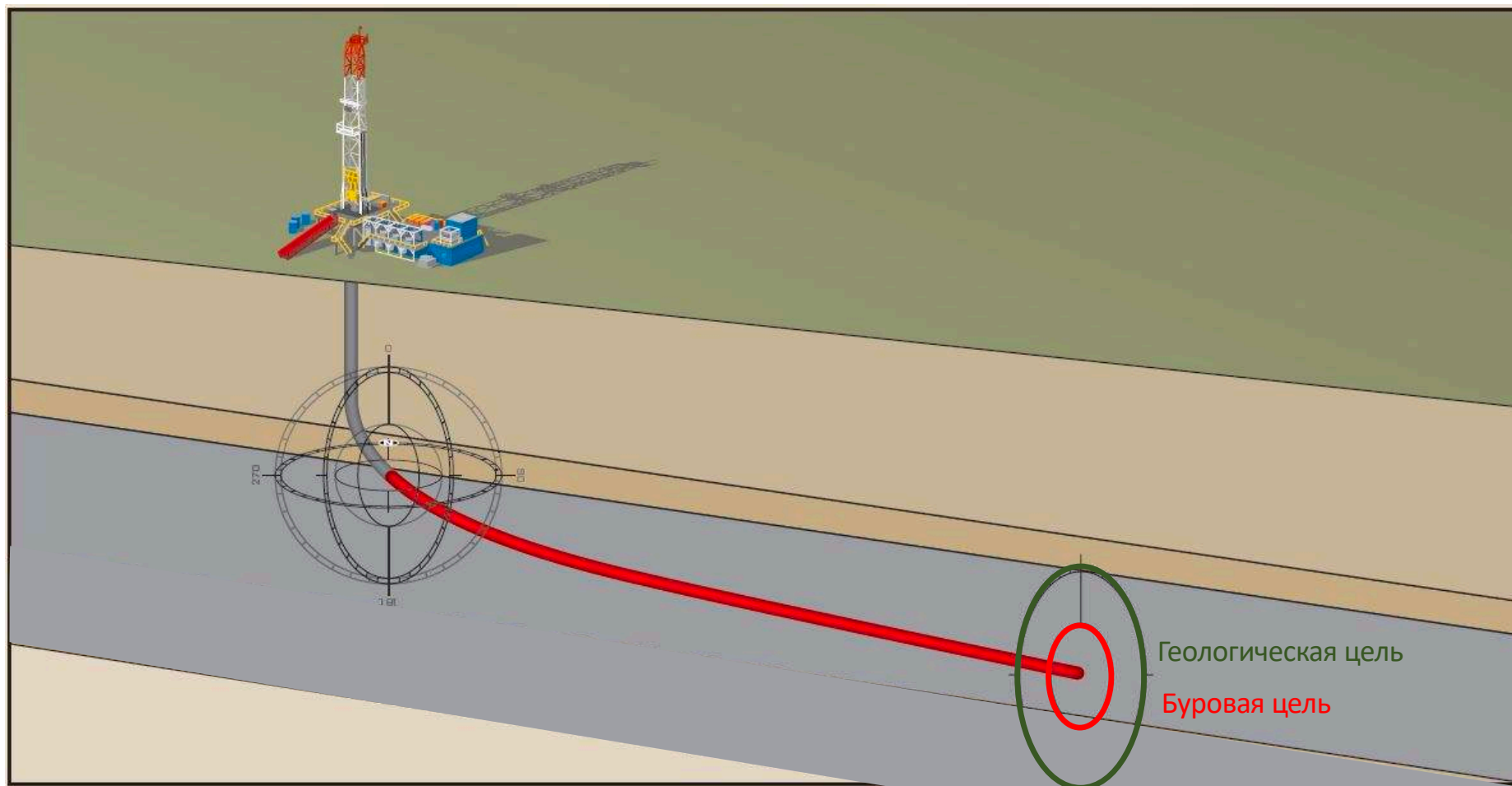
Анимация [https://www.youtube.com/watch?v=IZ-1POs\\_i7M](https://www.youtube.com/watch?v=IZ-1POs_i7M)



<http://nfatmala.blogspot.ru/2016/02/horizontal-and-vertical-x-mas-tree.html>



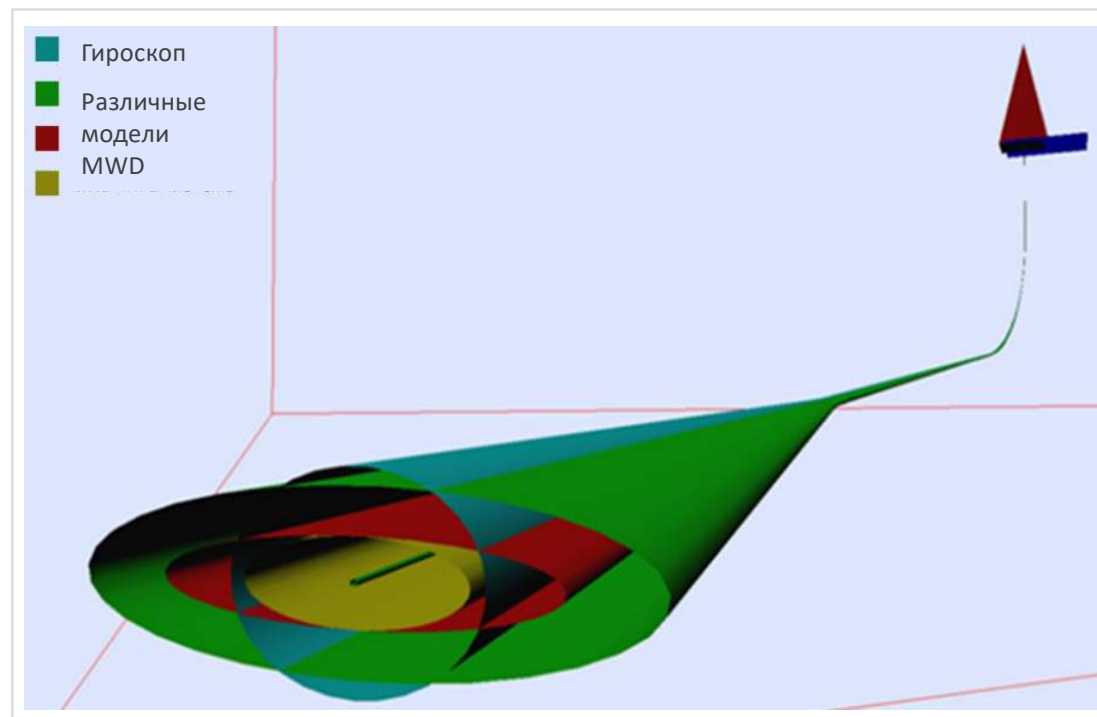
## Геологическая и буровая цели



<https://careers.slb.com/inside-schlumberger/transformation-technology/defining-directional-drilling>

## Сложности – ГИС для контроля бурения

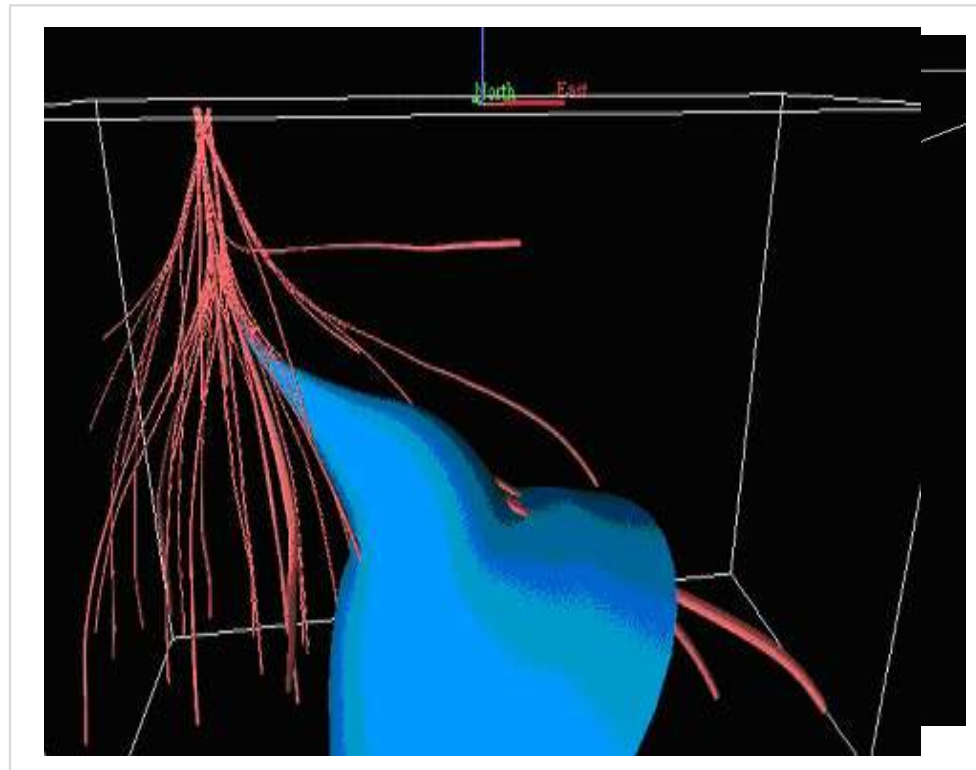
Эллипсоид неопределенности увеличивается с отходом от вертикали



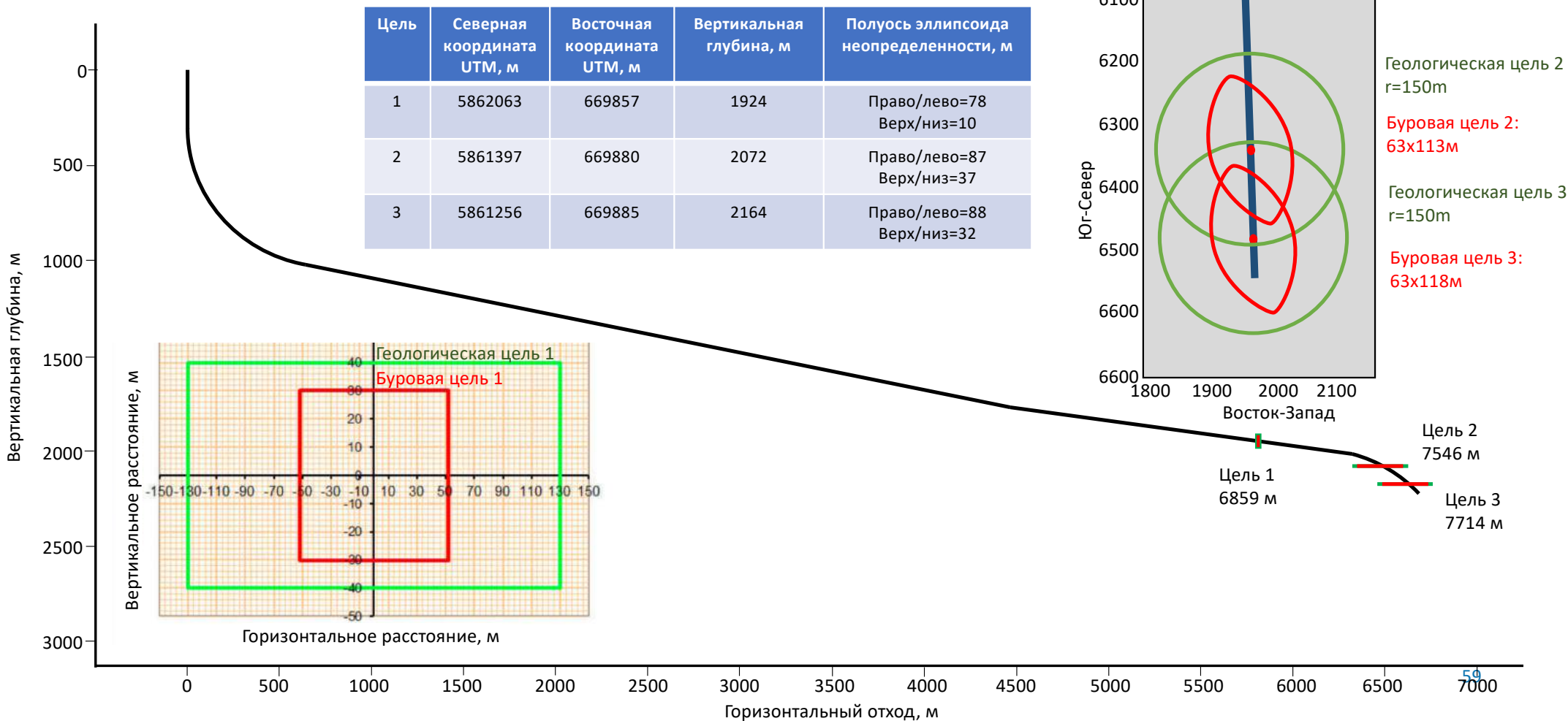
Источник: Halliburton

## Эллипсоид неопределенности

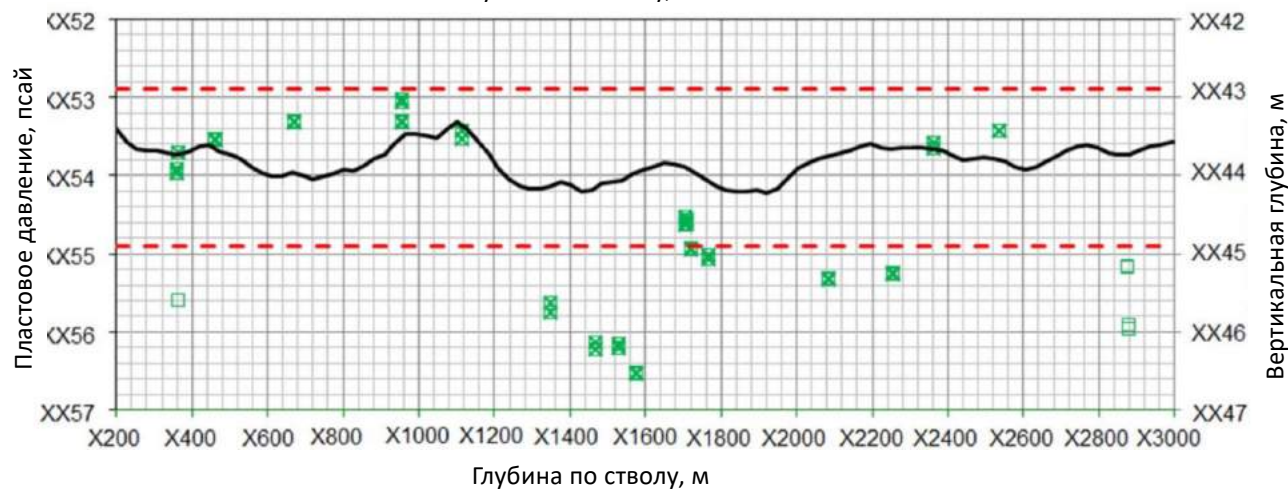
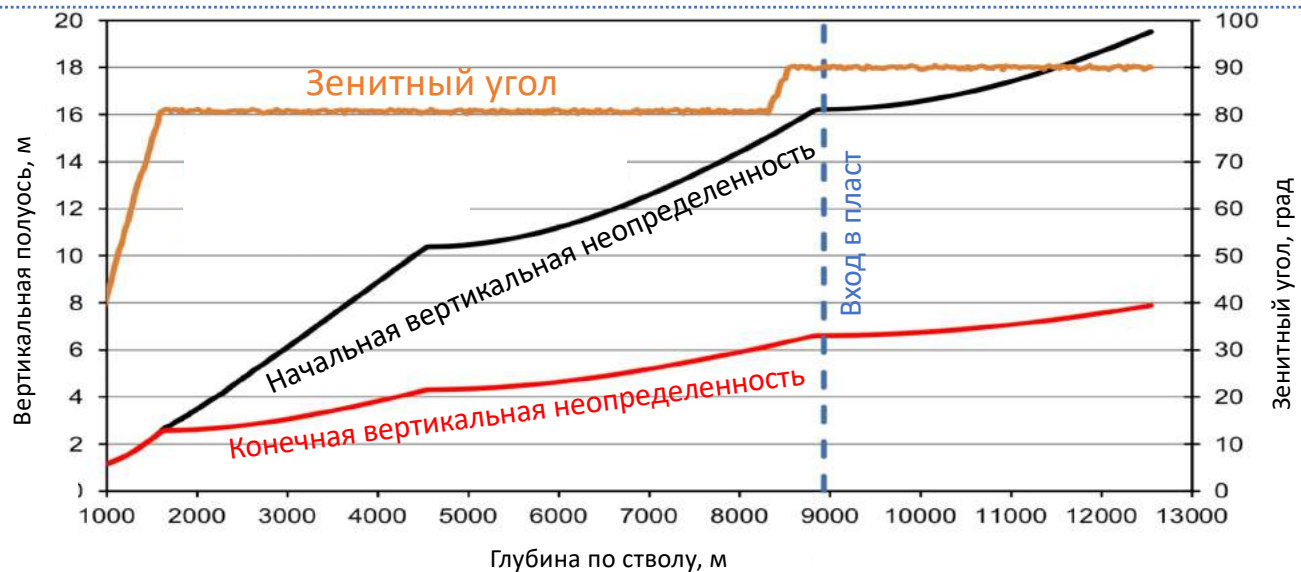
### ► Реальность



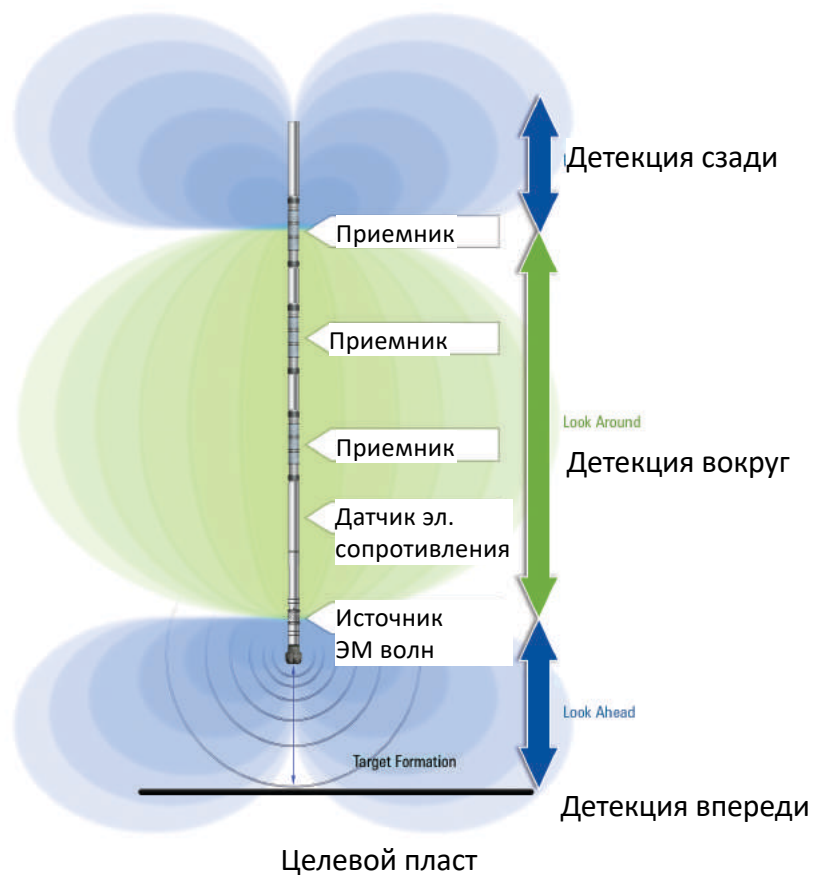
# Геологическая и буровая цели



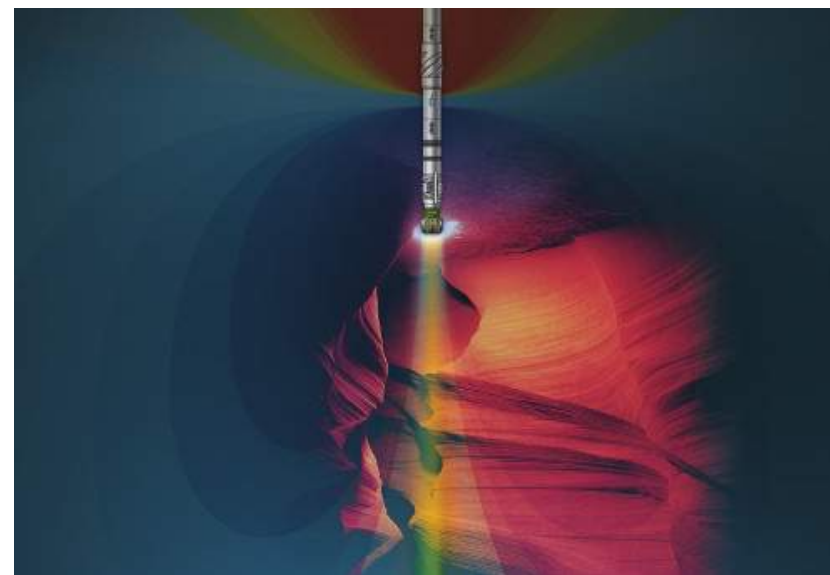
# Вертикальная неопределенность (Скважина Z-44 - Сахалин)

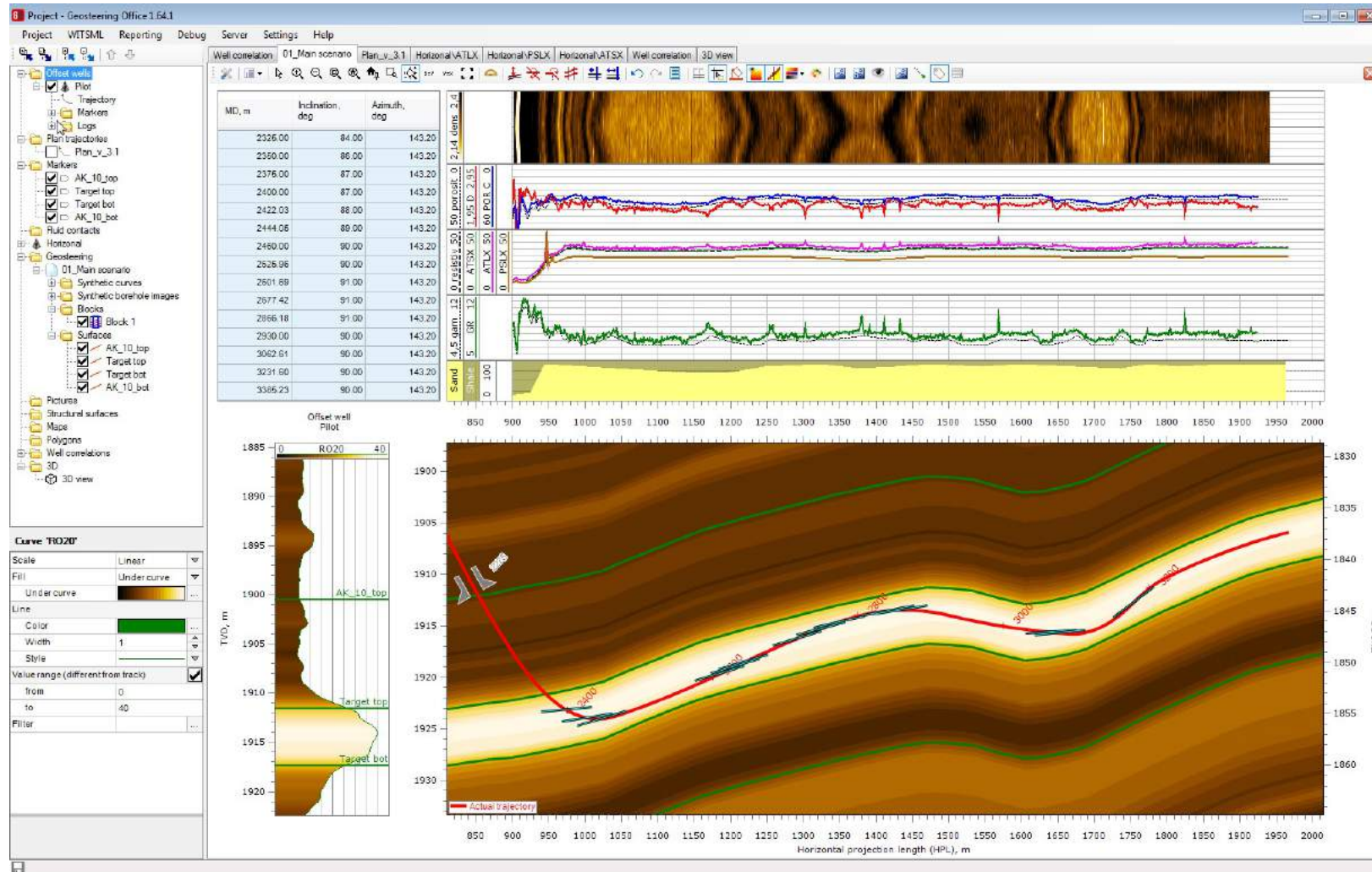


Скважина  
проложена в 2х  
метровом интервале



- ▶ Электро-магнитный направленный каротаж определяет границы пластов перед долотом
- ▶ Прибор включает источник ЭМ волн и несколько приемников
- ▶ Моделирование перед бурением критично для определения чувствительности параметров пласта для определения глубины детекции параметров





## Дополнительные слайды

---

### Преимущества

- ▶ ОТОСБ
  - Уменьшается число переездов буровой и необходимо число площадок
  - Уменьшается число операций (бурение, утилизация шлама/ бур. Раствора, спуск ОК, и пр.)
- ▶ Технические
  - Увеличивается зона дренирования пласта
  - увеличивается нефтеотдача
  - Увеличивается время/дебит до прорыва воды/газа
  - Эффективная разработка в сложных геологических условиях и «нетрадиционных» месторождениях (низкая проницаемость, высокая вязкость, и пр.)
- ▶ Экономические
  - Экономия на бурении одного основного ствола, устьевом и поверхностном оборудовании
  - Использование одного бурового окна (шельф)
  - Увеличение добычи=ускорение окупаемости проекта
  - Экономия на строительстве только одной площадки

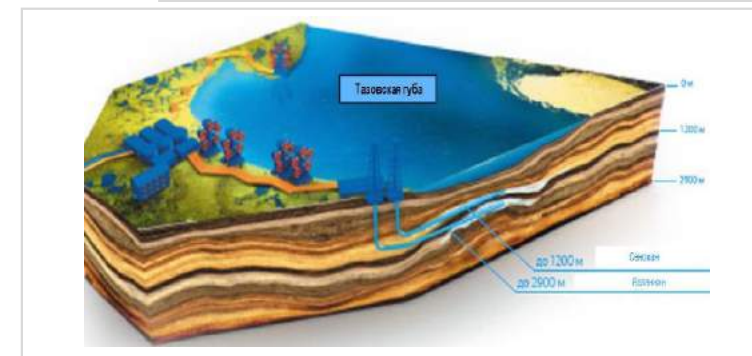
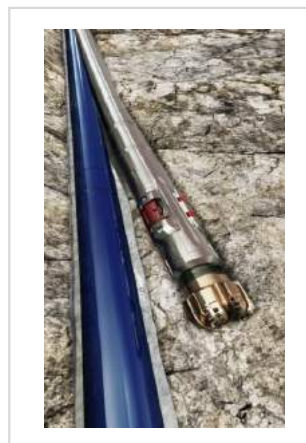
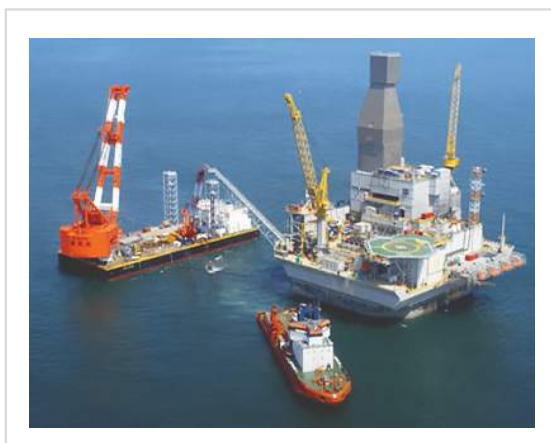
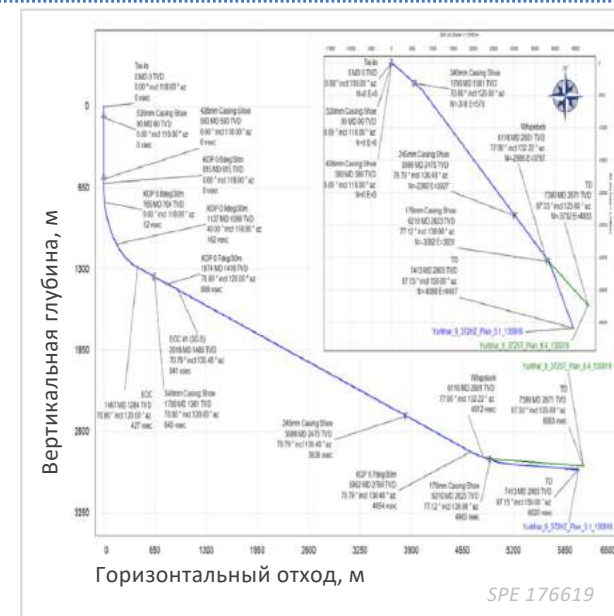
### Недостатки

- ▶ Высокая сложность
- ▶ Высокие риски
- ▶ Ограничения для способов заканчивания и будущих внутрискважинных работ



Источник: Статойл

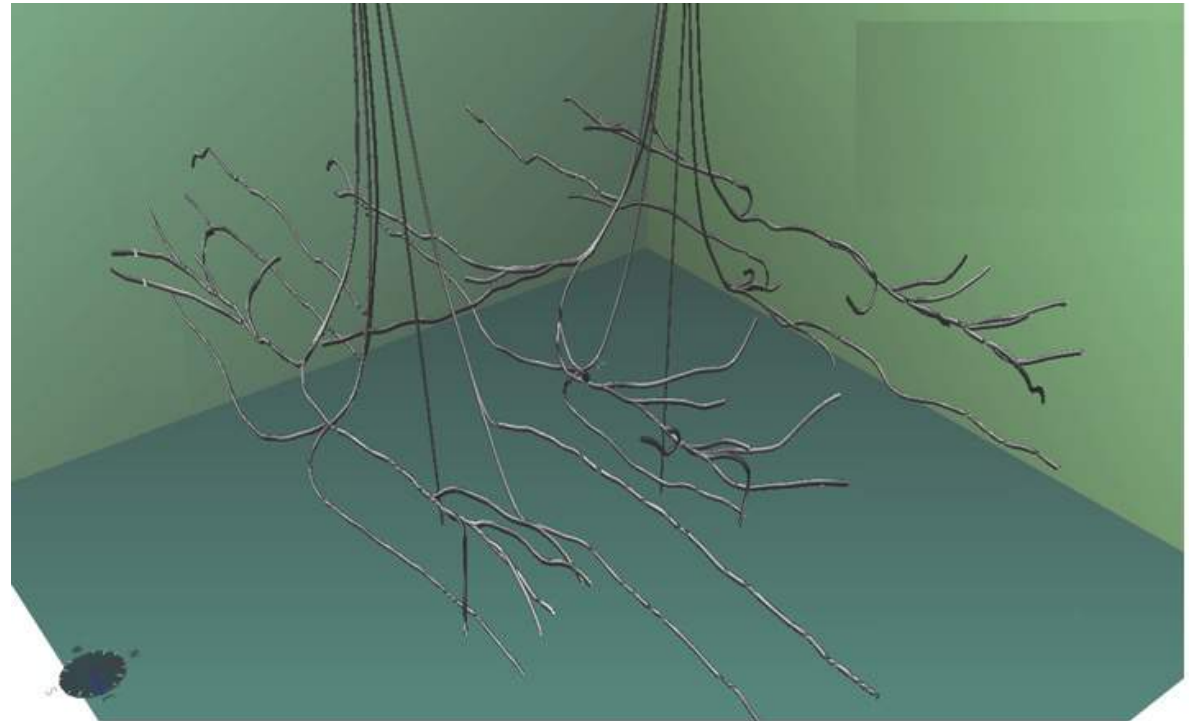
Компания	Регион	Месторождение	Количество стволов	Уровень ТАМЛ
Лукойл	Каспийское море	Им. Корчагина	2	5
Эксон	Охотское Море	Чайво	2	5
Новатэк	ЯНОА	Юрхаровское	2	



## Пример МЗС

---

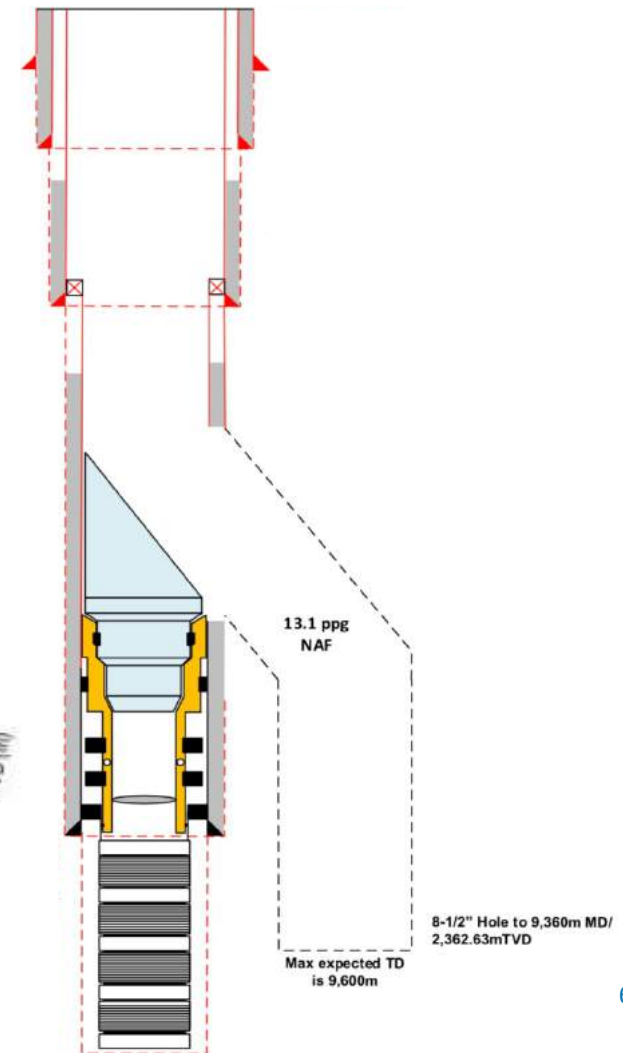
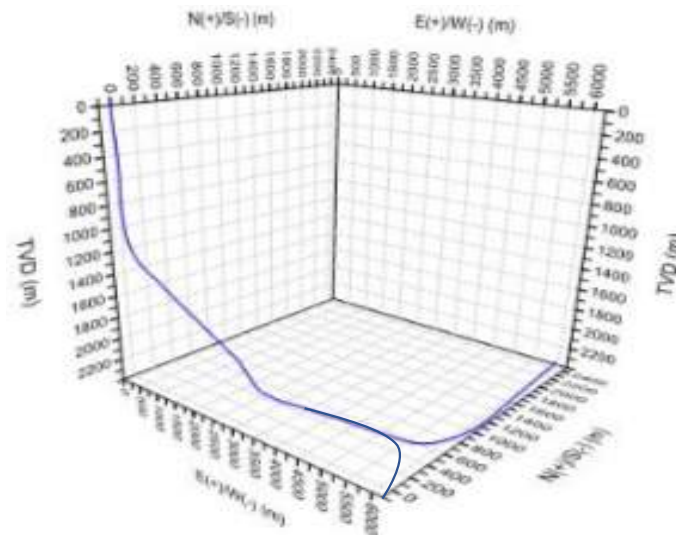
- ▶ 2 кустовые площадки
- ▶ 4 МЗС на площадке
- ▶ Всего пробурено 49591 м
- ▶ Включая 38185 м в продуктивном пласте



Источник: BakerHughes

## Многозабойная скважина Уровень 5 - Россия

- ▶ Февраль 2018
- ▶ Нефтяная скважина
- ▶ Песчаник
- ▶ МЗС система: FlexRite
- ▶ Эксплуатационная колонна материнского ствола: 9 5/8"
- ▶ Глубина по стволу/ЗУ стыковочного узла: 6844м/90°
- ▶ Диаметр бокового ствола/хвостовика: 8 1/2" / 7"
- ▶ Длина бокового ствола: 2756м
- ▶ Длина основного ствола: 10755м



## Контактная информация



**КИРИЛЛ БОГАЧЕВ**  
ООО «Буровой Эксперт»

- Бурение и заканчивание скважин БОВ
- Обучение, консалтинг, аудит, супервайзинг

+7 (905) 770-08-83  
mail@bogachevconsulting.expert  
www.bogachevconsulting.expert



**KIRILL BOGACHEV**  
«Drilling Expert» - CEO

- ERD drilling and completion
- Training, consulting, auditing, supervising

+7 (905) 770-08-83  
mail@bogachevconsulting.expert  
www.bogachevconsulting.expert

