

Горизонтальные скважины и многоступенчатый гидроразрыв пласта – дальнейшее развитие технологий для плотных коллекторов и сланцевых отложений

Р.Р. Ибатуллин

ноябрь, 2021



Содержание

- Мировой рынок нефти
- Нефтегазоносные территории, запасы и добыча нефти в плотных коллекторах и сланцевых отложениях Северной Америки
- Новые технологии в добыче нефти из плотных коллекторов и сланцевых отложений Северной Америки
- Экономические показатели и налоговые стимулы при добыче нефти из плотных коллекторов и сланцевых отложений в Канаде

Мировой рынок нефти

Oil market fundamentals



Oil price (USD)

◆ Brent spot price



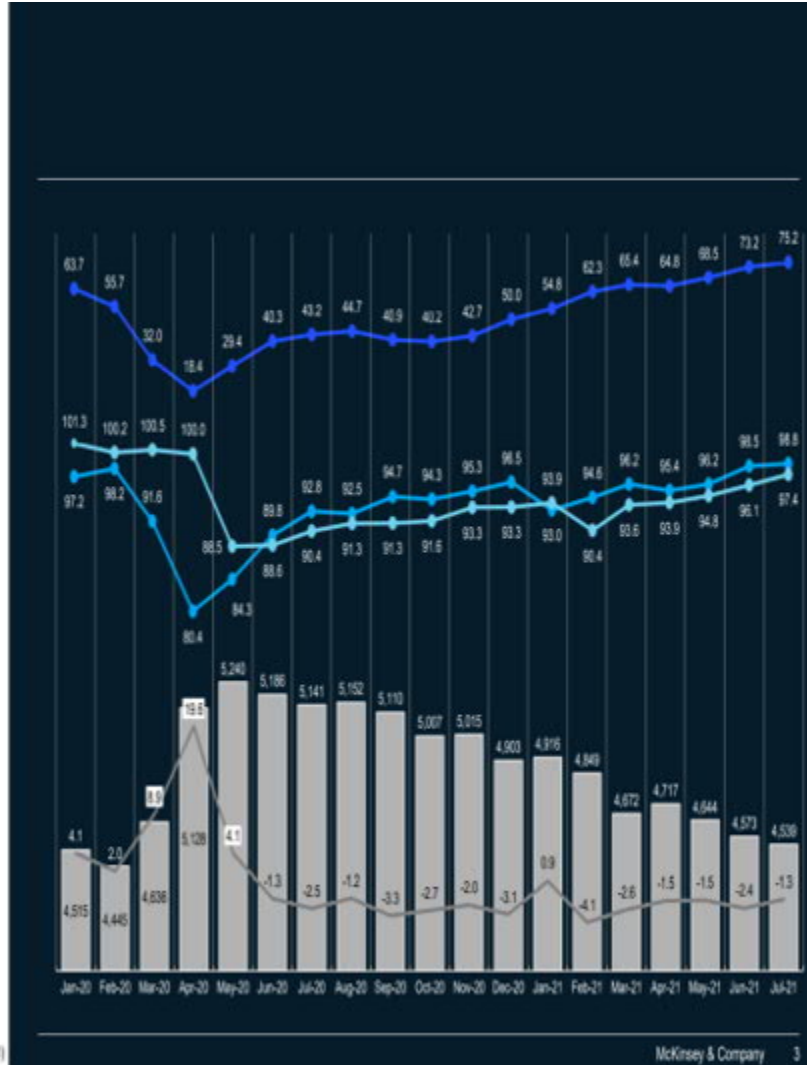
Demand & supply (MMb/d)

◆ Global liquids demand
◆ Global liquids supply



Inventories (Mb) & stock change (MMb/d)

■ Global commercial inventories
— Implied stock change



Supply (MMb/d)



Non-OPEC excl. US shale (liquids)



US shale oil (crude)

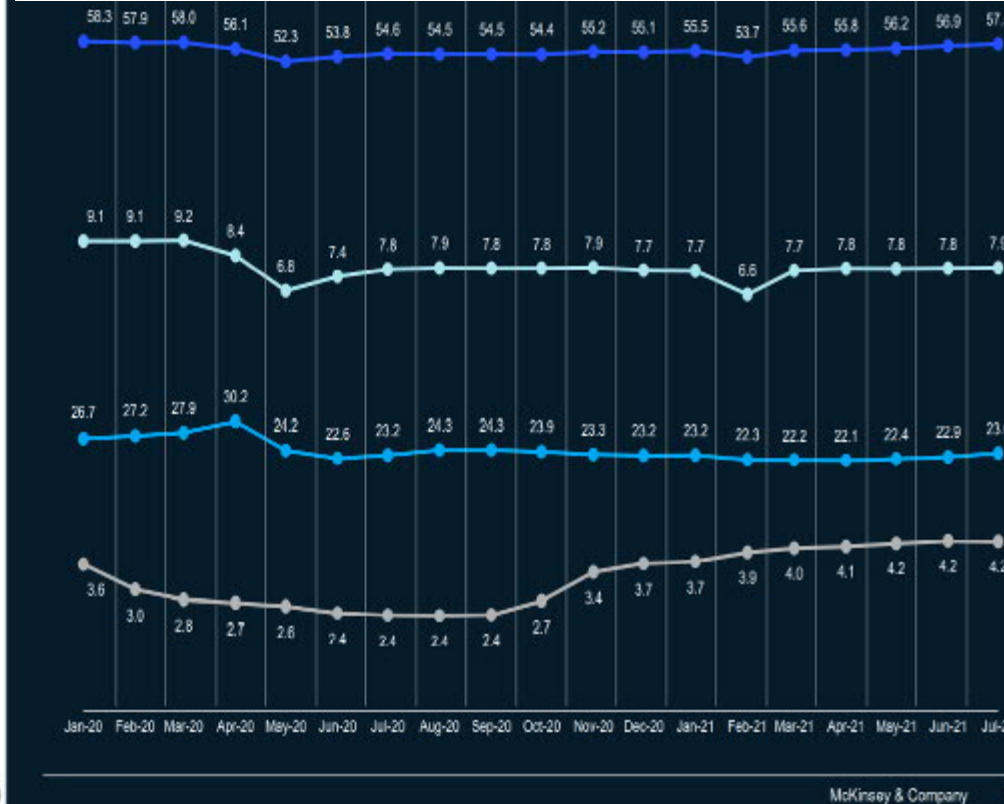
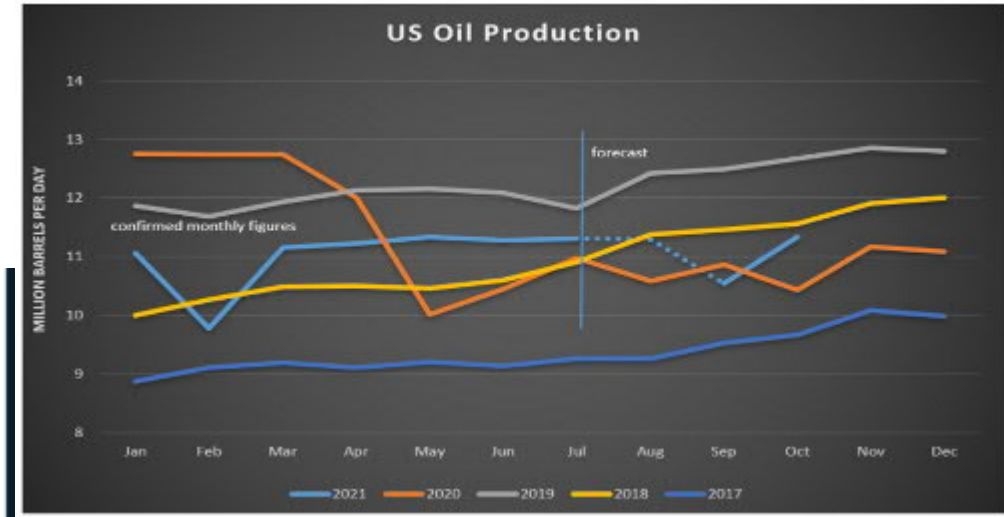


OPEC 10 excl. Iran, Venezuela, Libya (liquids)



Iran, Venezuela, Libya (crude)

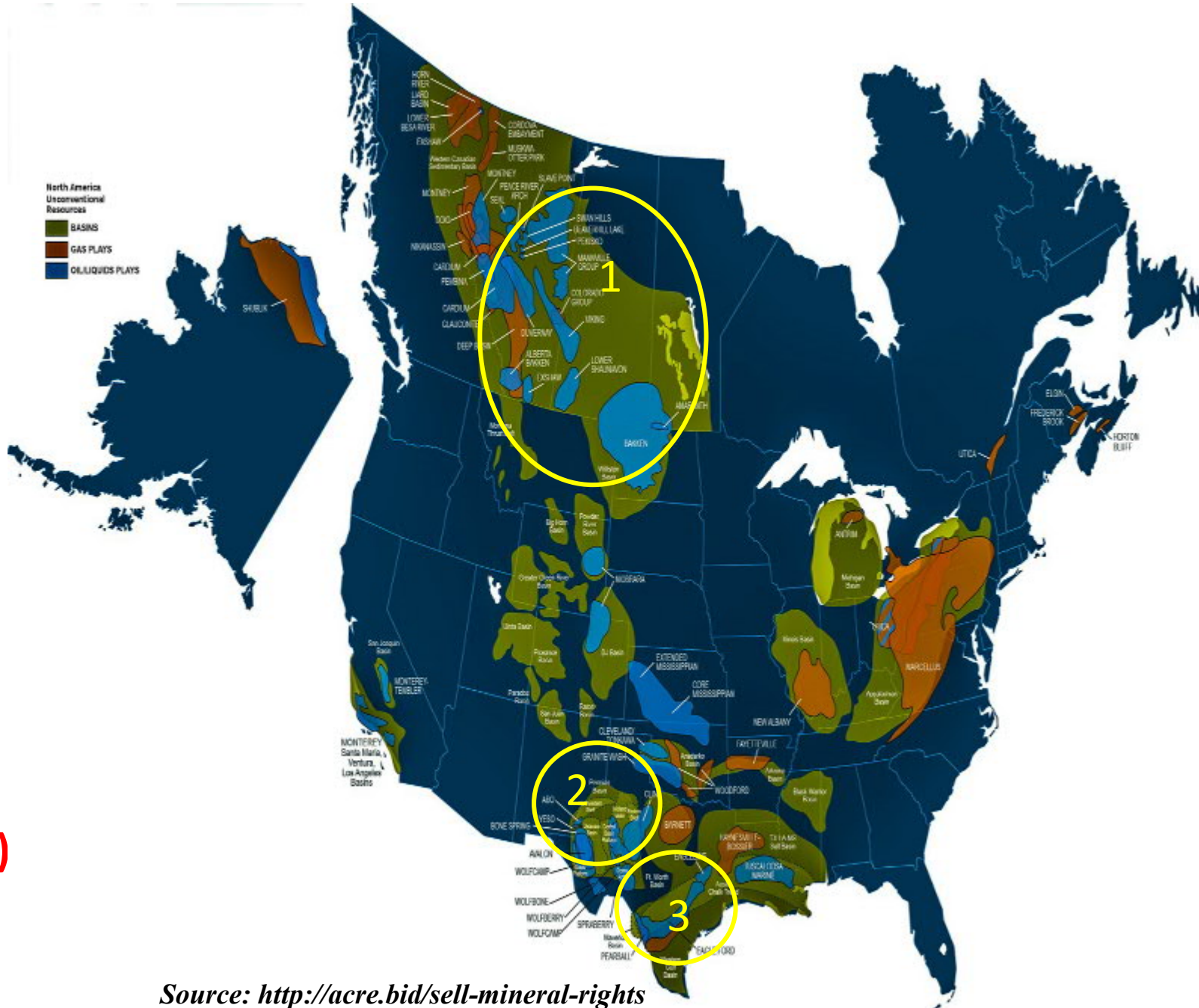
Source: U.S. Energy Information Administration (August 2021)



Source: U.S. Energy Information Administration (August 2021)

McKinsey & Company 5

Запасы нефти и газа в плотных и сланцевых отложениях Северной Америки



1. Западно-Канадский Осадочный Бассейн + Ваккен (США+Канада)
2. Пермский бассейн (США)
3. Месторождение Eagle Ford (США)

Source: <http://acre.bid/sell-mineral-rights>

Плотные и сланцевые отложения Северной Америки

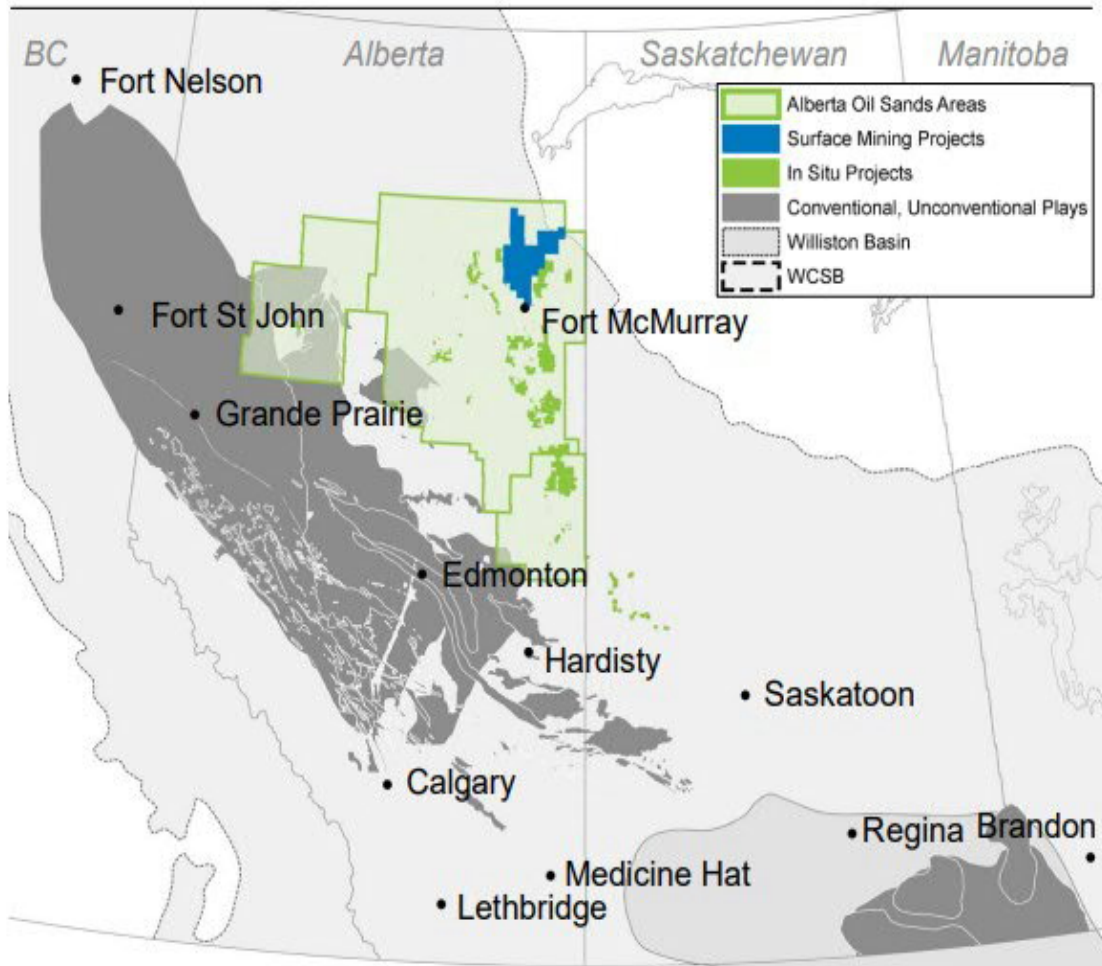
<i>Формация (Провинция Канады, штат США)</i>	<i>Порода/возраст</i>	<i>Глубины, м</i>
Cardium (Alberta)	Песчаник/поздний меловой	1200-1300
Viking (Alberta, Saskatchewan)	Песчаник/ранний меловой	600-900
Bakken/Exshaw (Saskatchewan, Manitoba)	Песчаник/девон	900-2500
Duvernay/Muskwa (Alberta) Beaverhill Lake (Alberta)	Известняк / девон	2000+
Eagle Ford (Texas)	Известняк /верхнемеловой	1500-4500
Permian Basin (Texas, New Mexico)	Песчаник, алевролит, незначительно известняк/пермский	<3000

Нефтегазоносные территории Западно-канадской провинции в Канаде

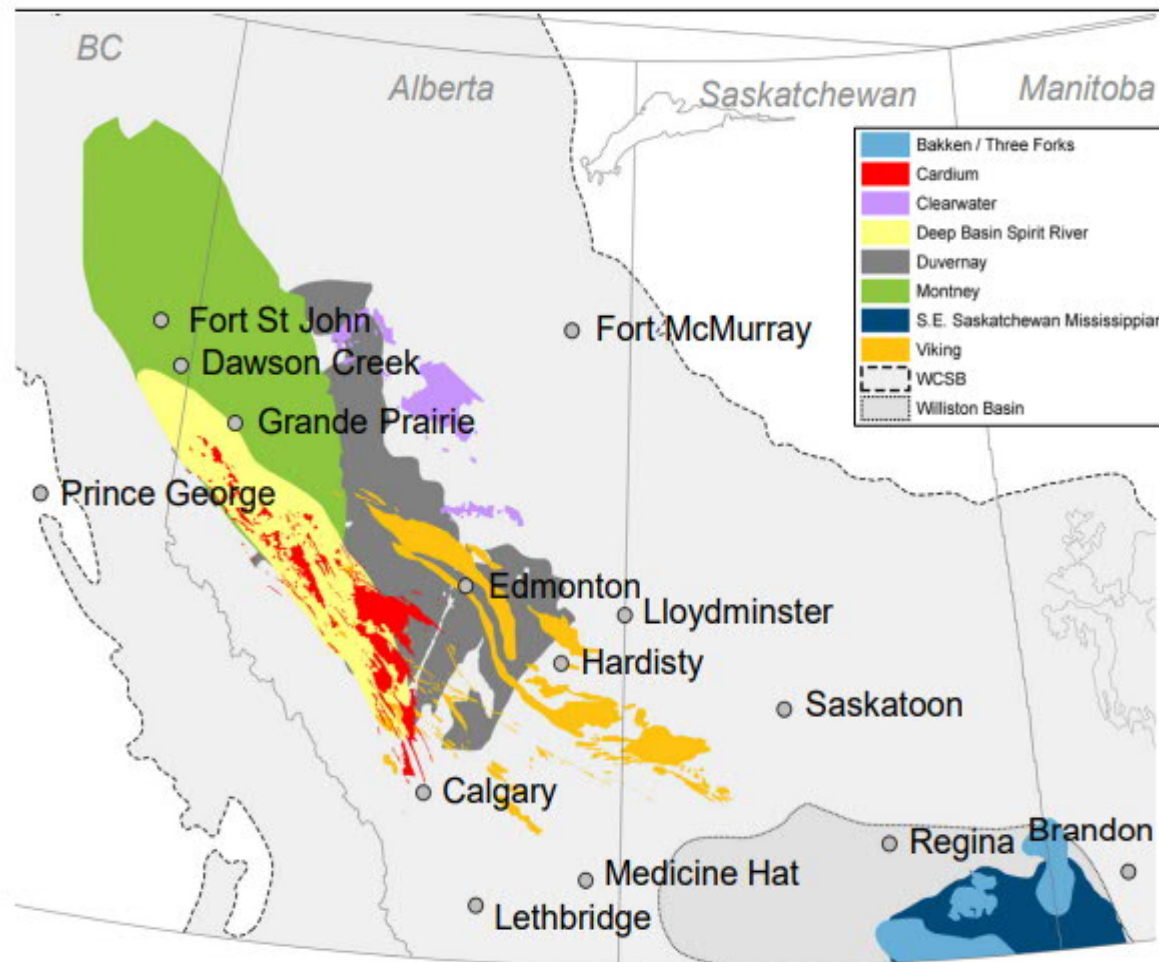
Основные нефтегазоносные территории

Отложения плотных коллекторов

LOCATOR MAP

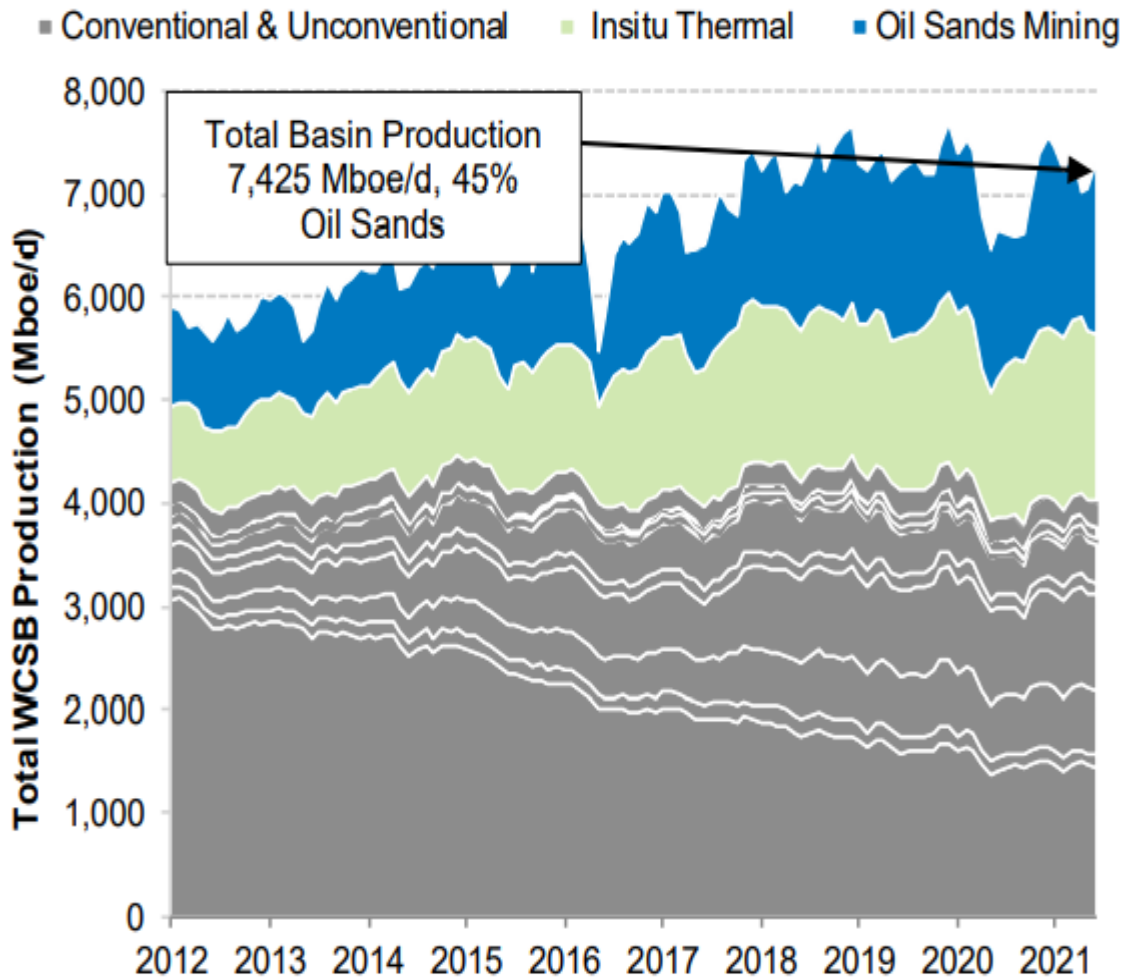


LOCATOR MAP



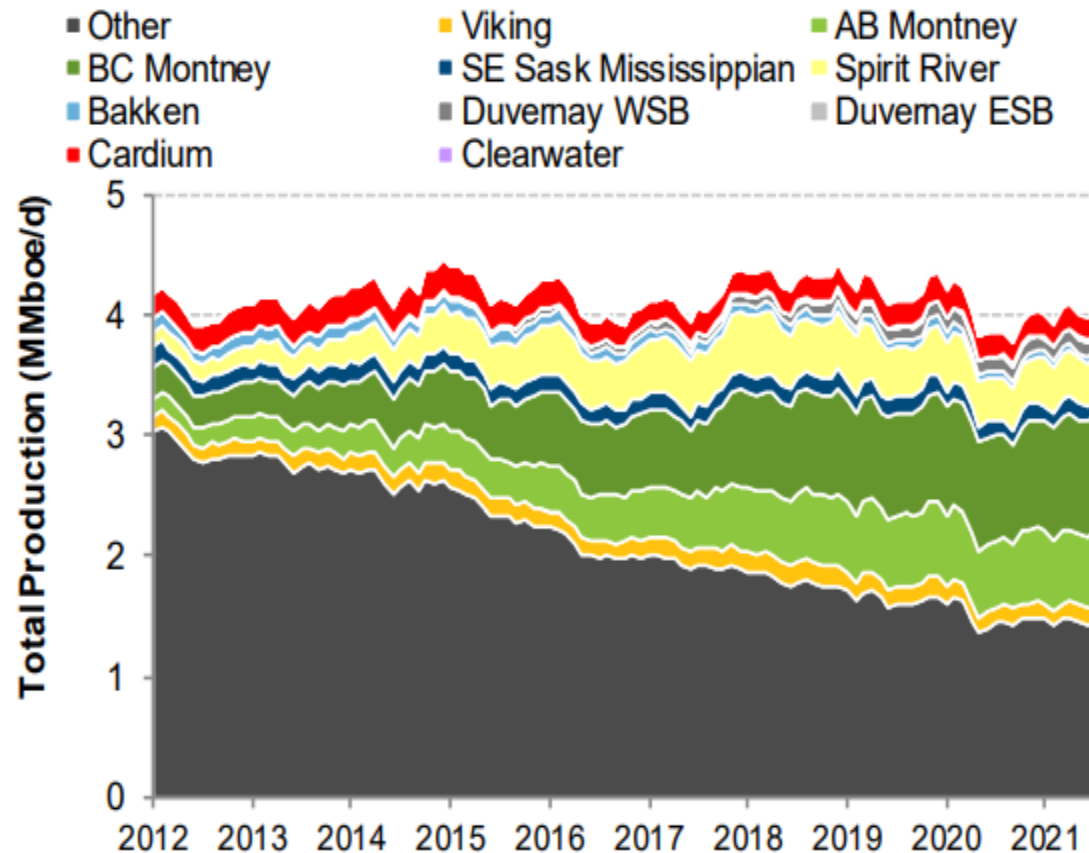
Добыча нефти в Канаде по основным продуктивным ОТЛОЖЕНИЯМ

Добыча термальная - скважинная и карьерная, а также остальная



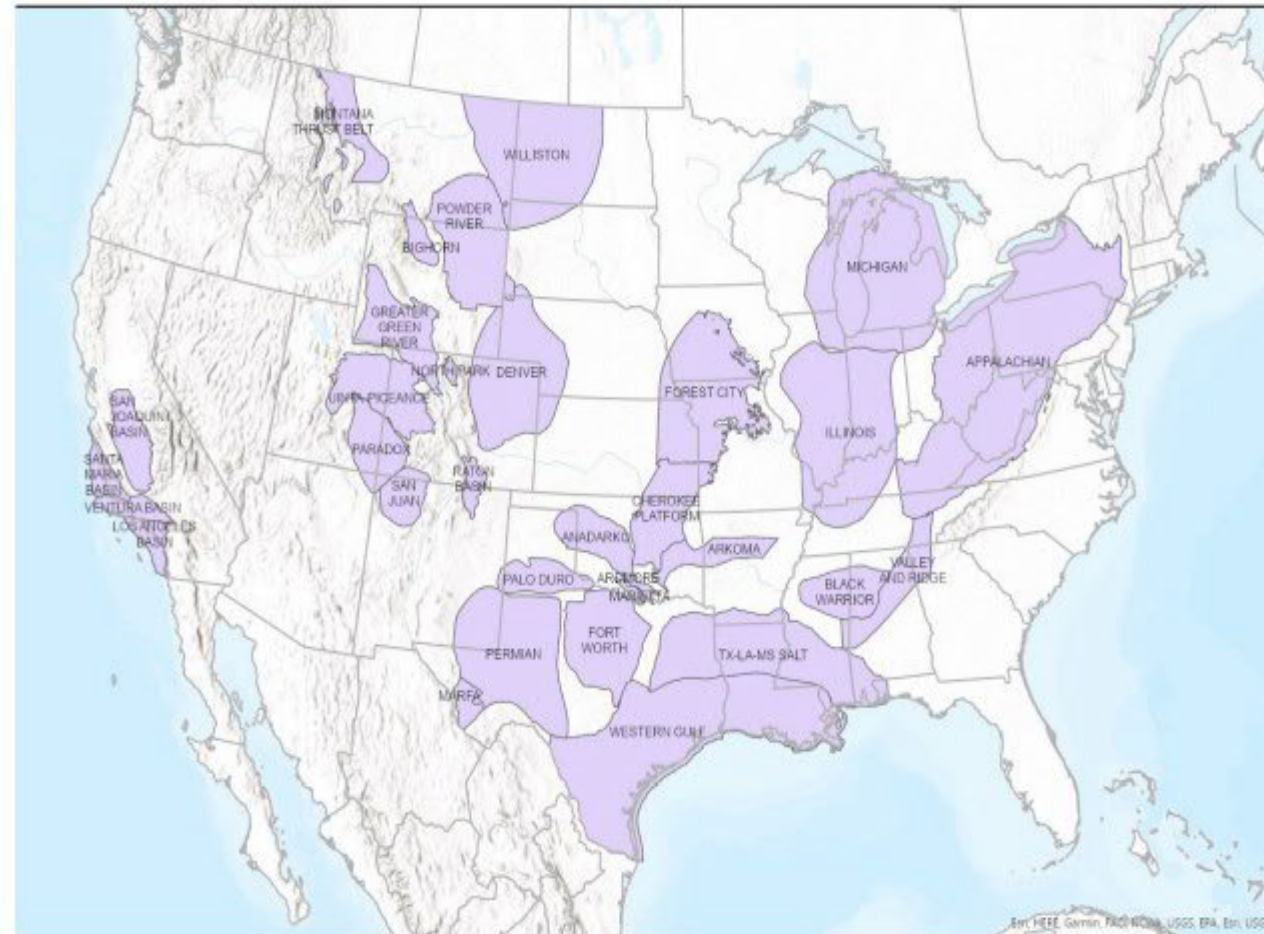
Добыча из плотных коллекторов по отложениям

PRODUCTION BY PLAY

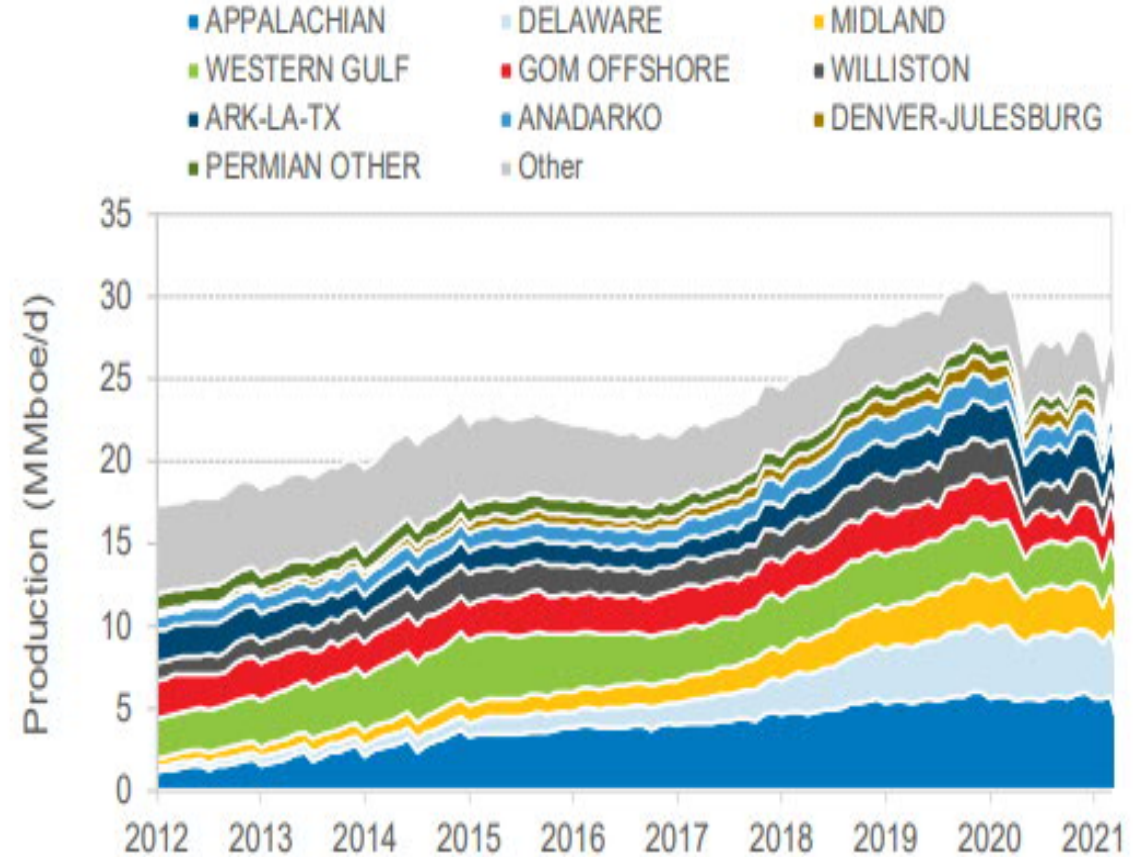


Нефтегазоносные бассейны и добыча углеводородов в США

U.S. Basins LOCATOR MAP

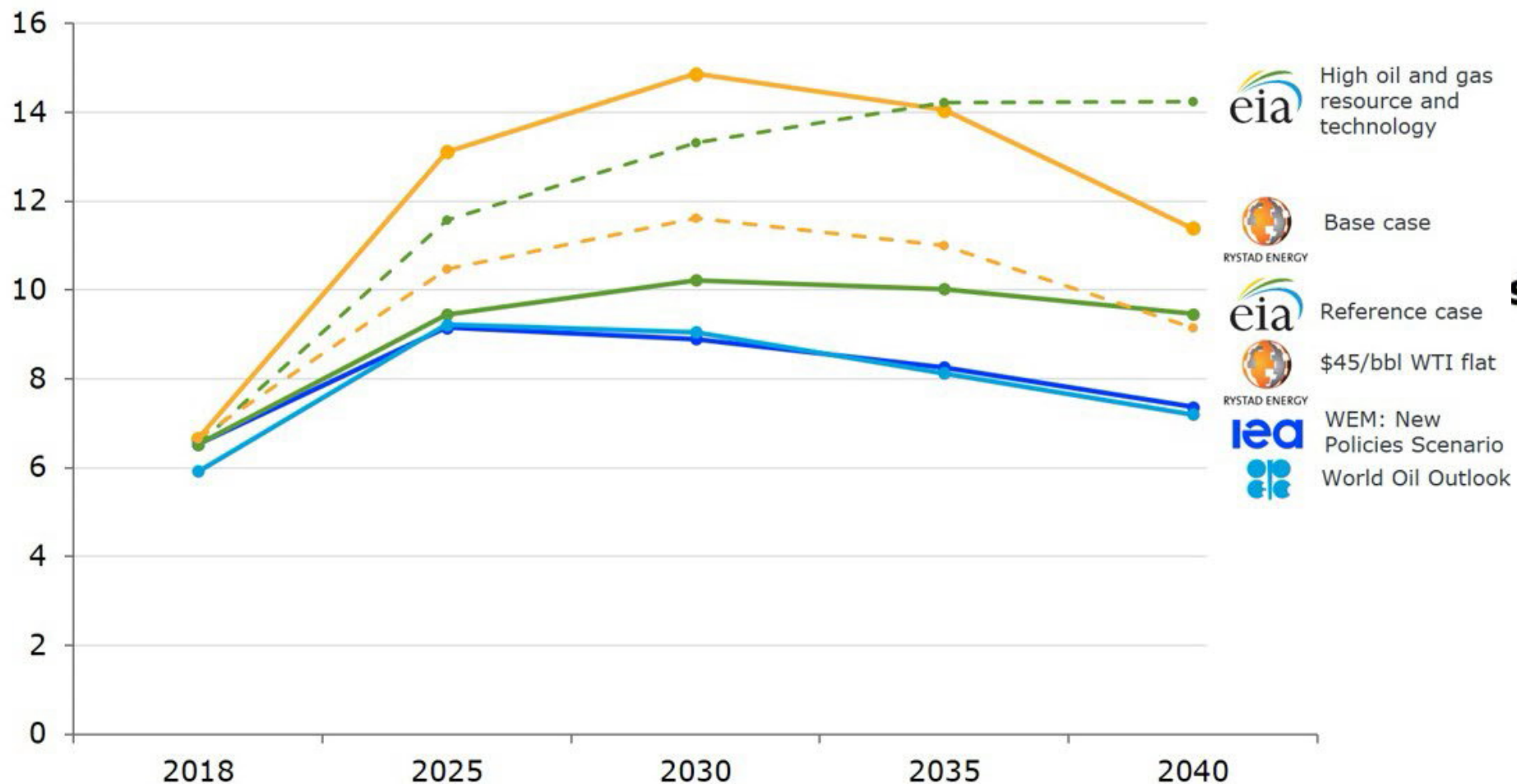


TOP TEN BASIN PRODUCTION



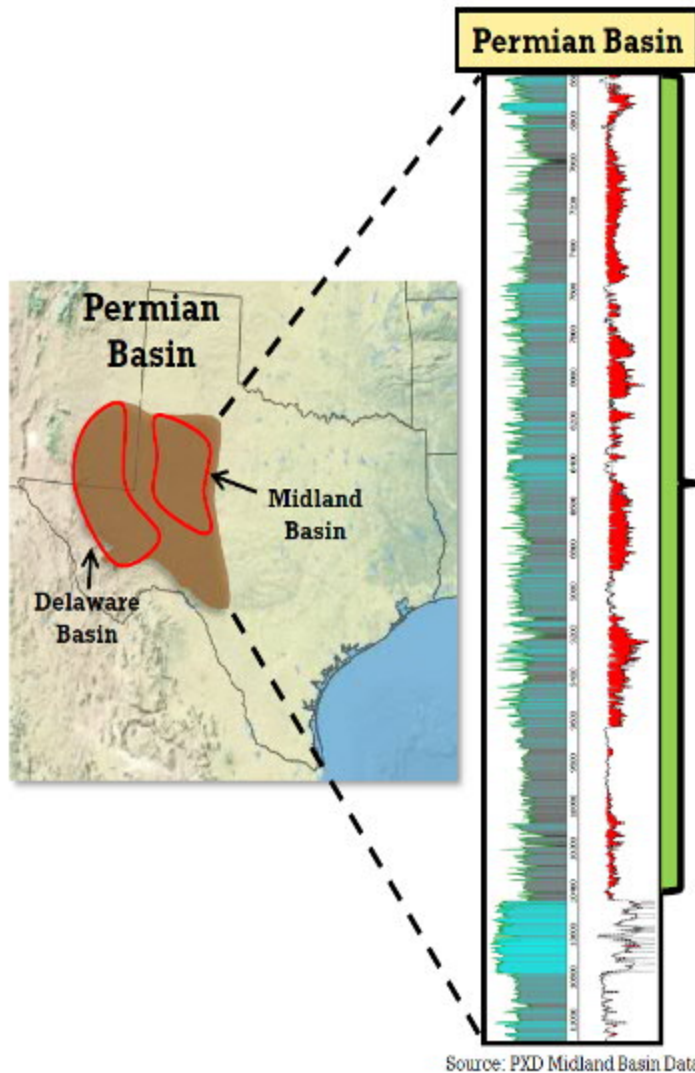
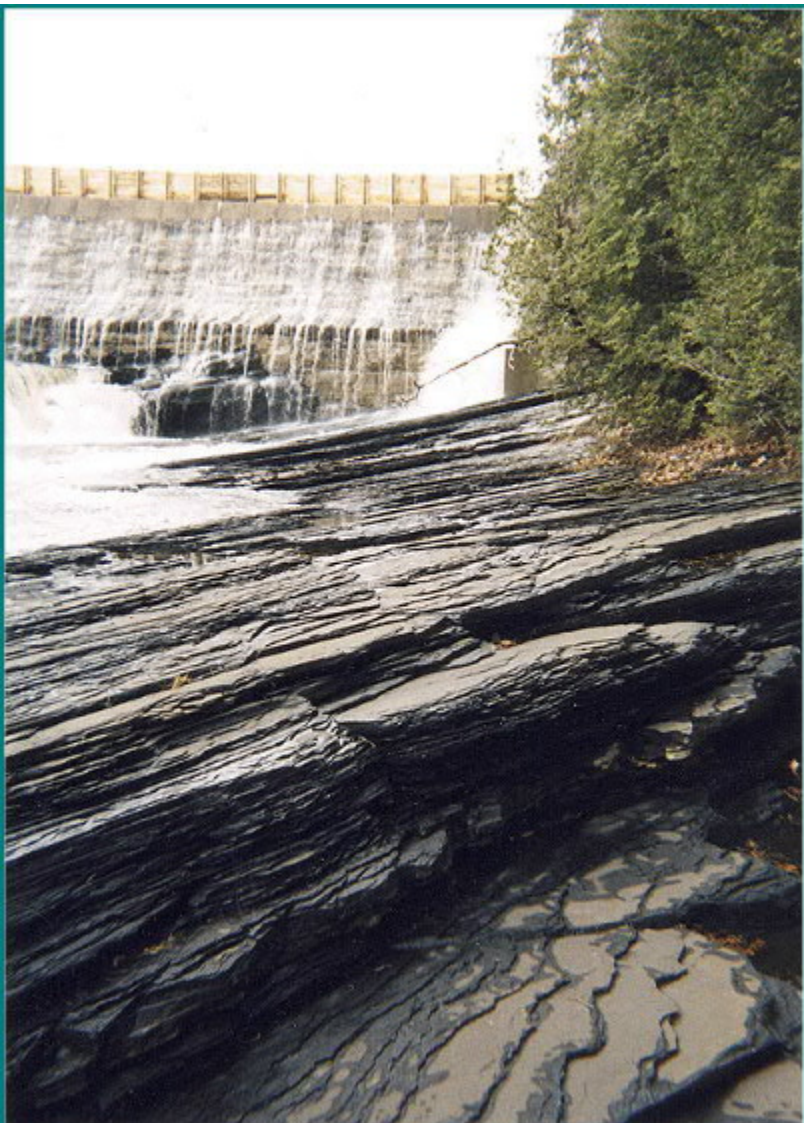
ПРОГНОЗ ДОБЫЧИ НЕФТИ ПО ПЛОТНЫМ КОЛЛЕКТОРАМ В США

Figure 1: Production forecast for US tight crude oil and condensate
Million barrels per day (bpd)



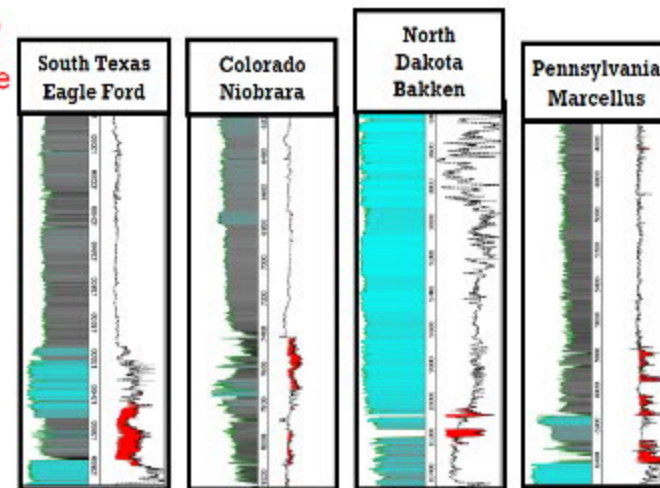
*Projections of IEA and OPEC exclude condensate
Source: Rystad Energy research and analysis

Пермский бассейн, Permian Basin (США)



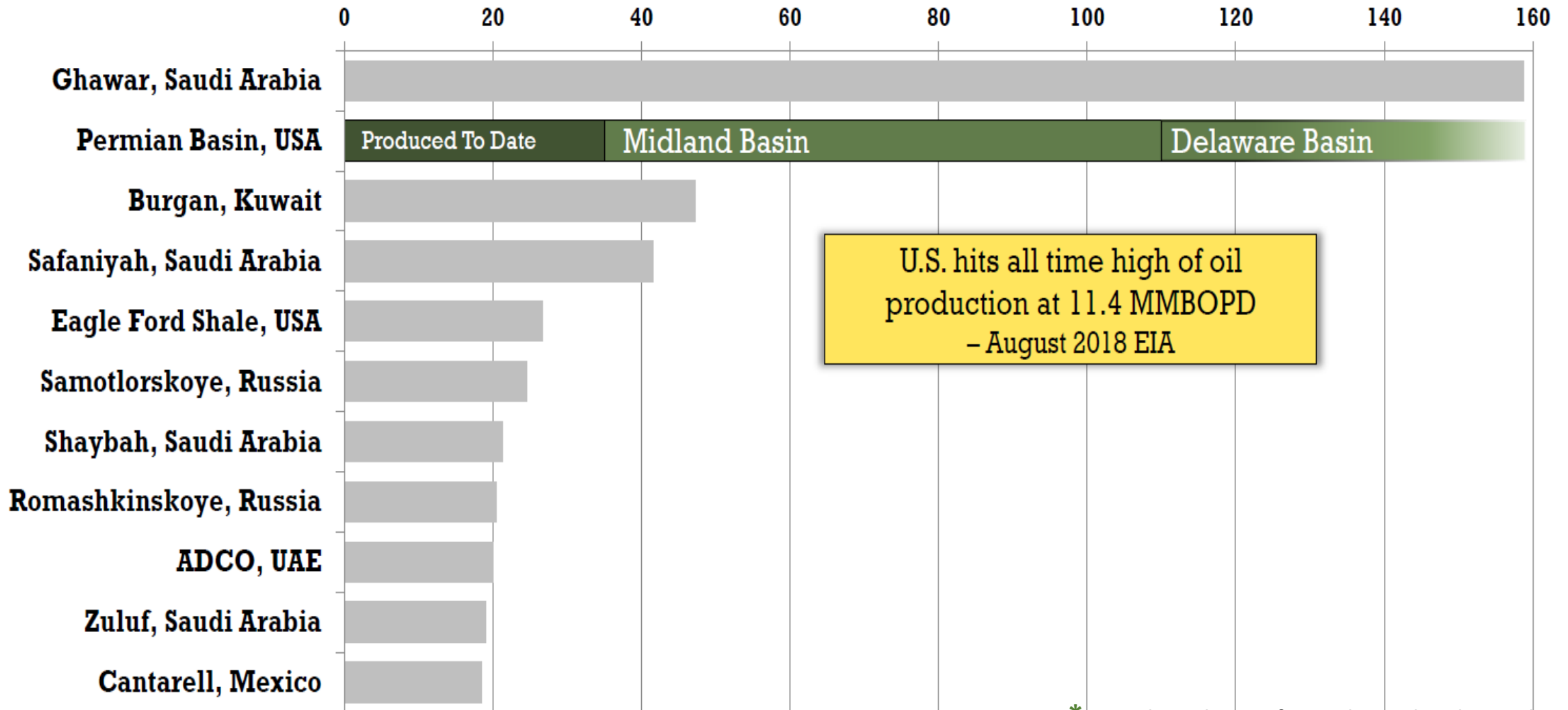
- Petrophysical analysis indicates significantly more oil in place in the Wolfcamp and Spraberry Shale intervals in the Midland Basin compared to other major U.S. shale oil plays

~3,000'
of Shale



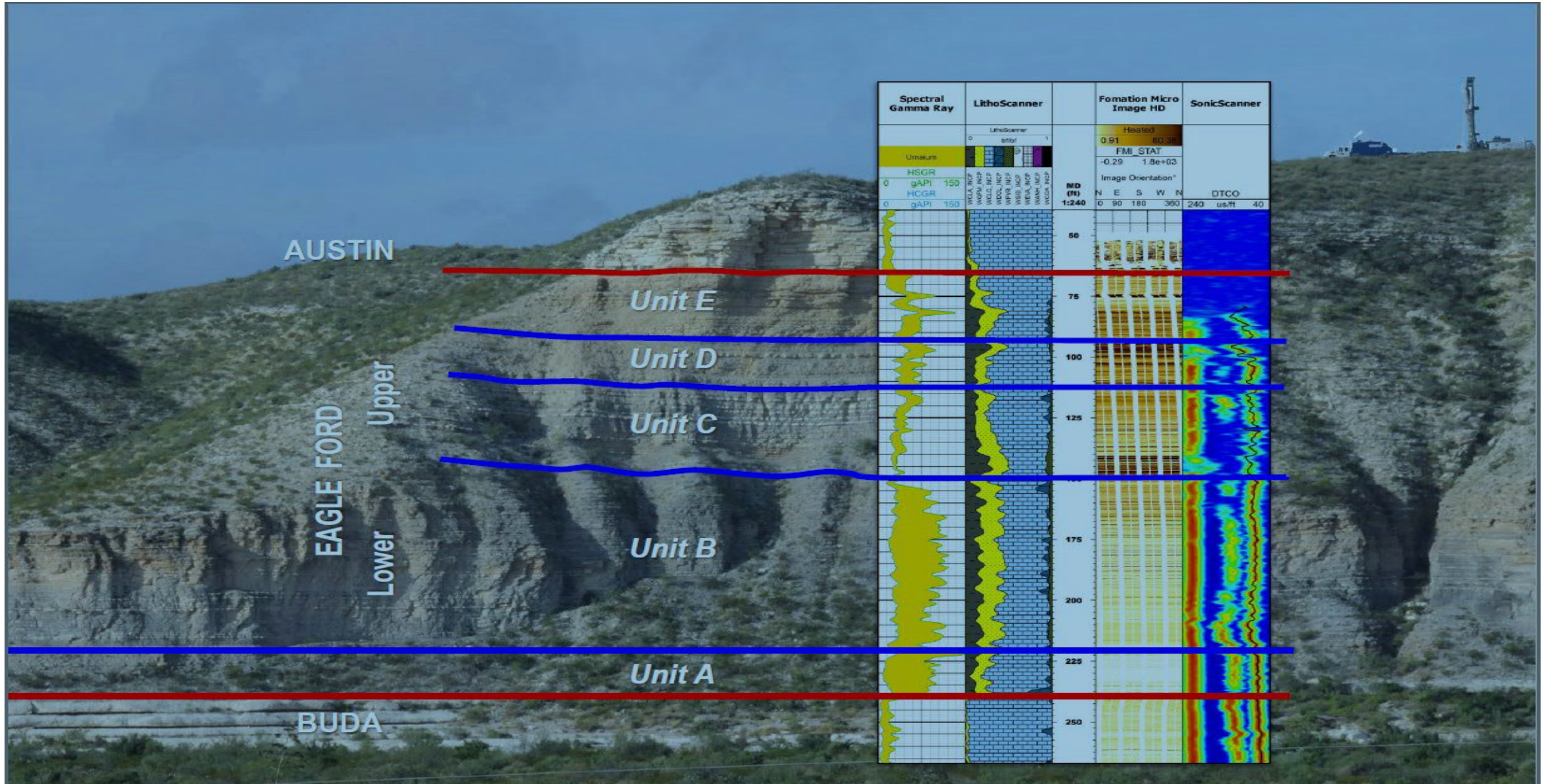
**Red Indicates
Shale Oil**

Суммарные извлекаемые запасы крупнейших месторождений мира в млрд.барр. нефтяного эквивалента (Вбое)*



* Wood Mackenzie for Eagle Ford and outside US fields; Permian Basin from Pioneer Natural Resources estimate

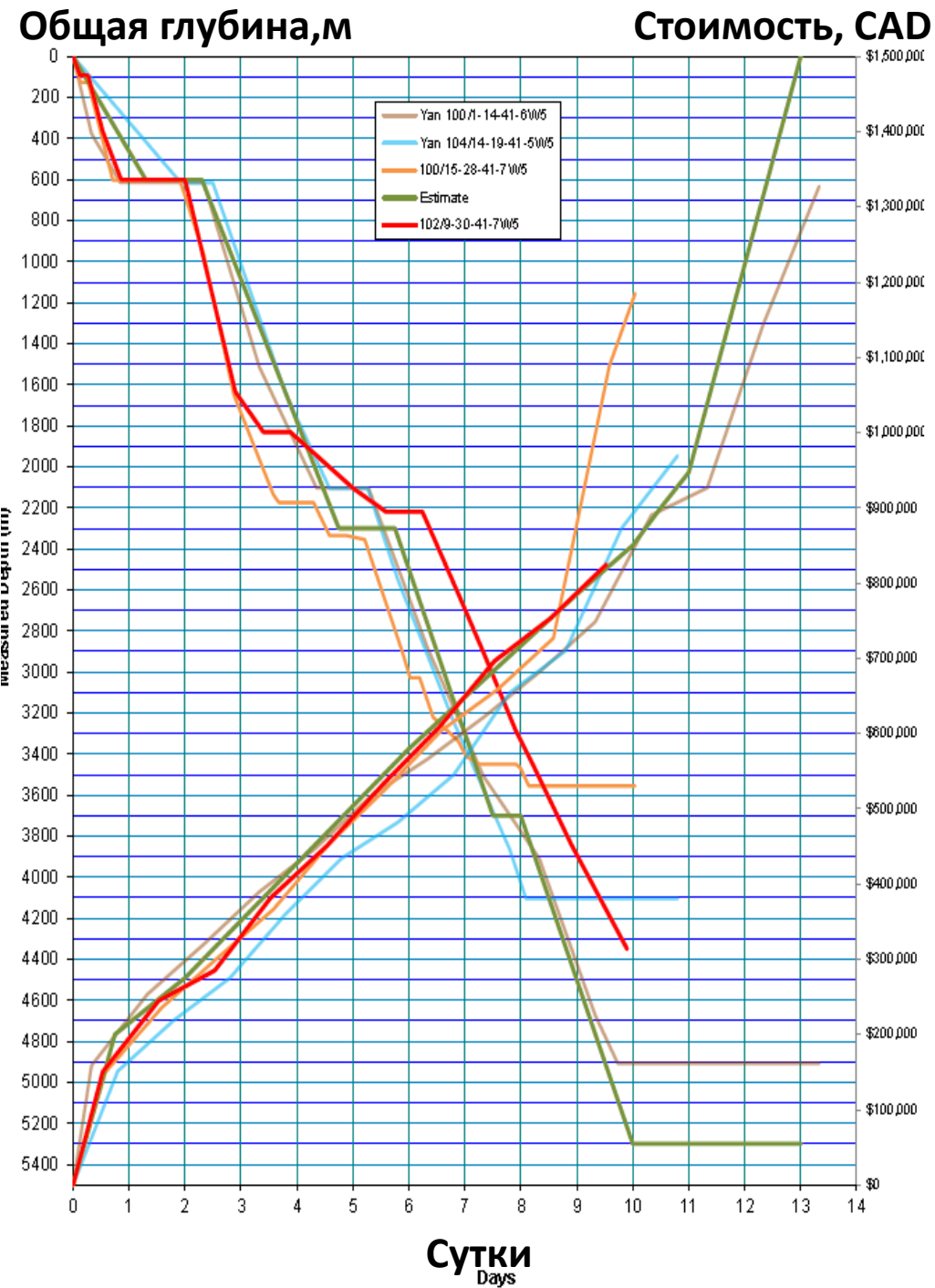
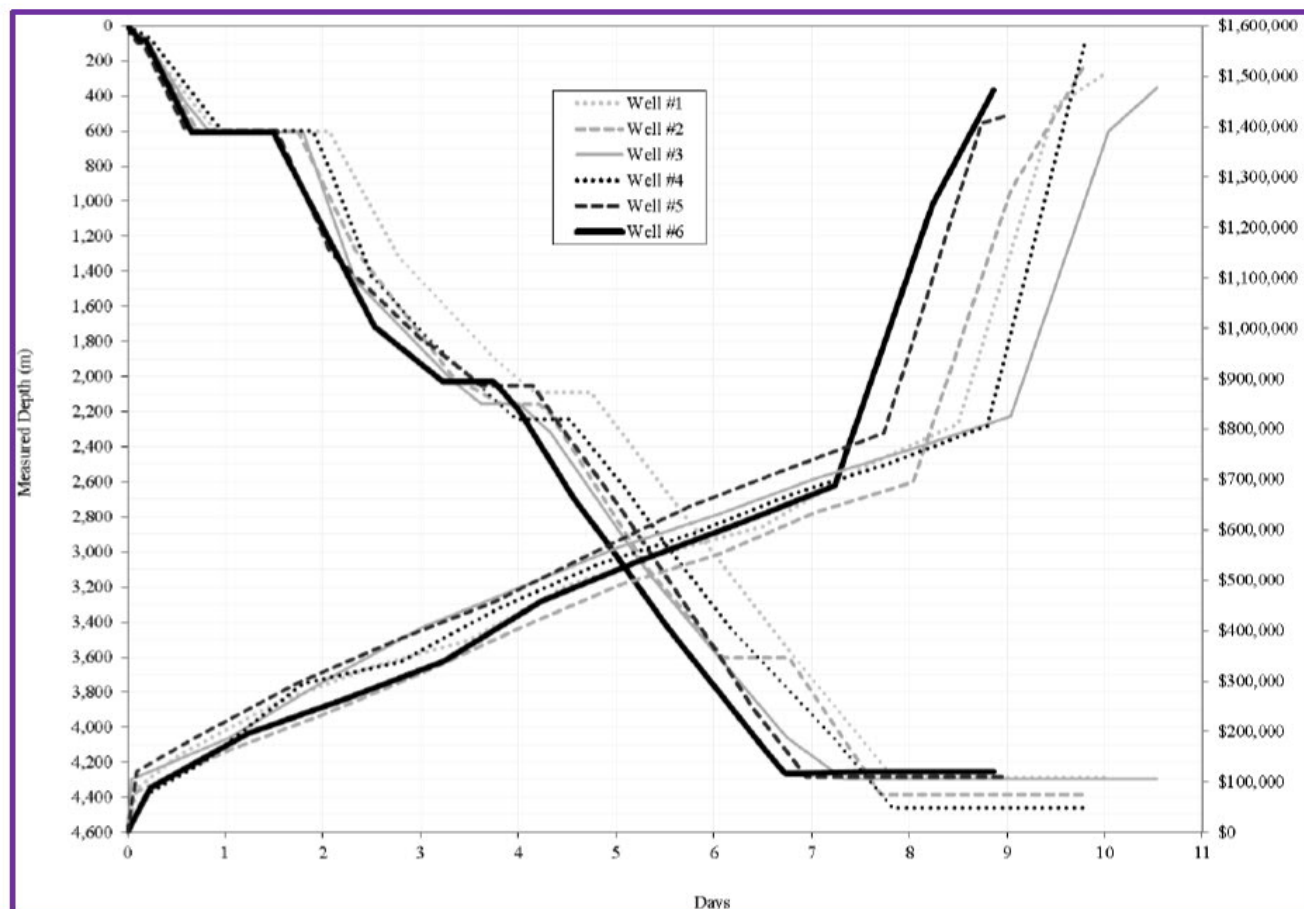
Разрез по продуктивным отложениям Eagle Ford



Анализ динамики бурения типовых скважин (отложения пл. песчаника Cardium)

Стоимостные показатели по ходу процесса бурения ГС с гориз. участком 2400м)

1.5-Mile Hz Drill Curves



НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ГРП (ОТКЛОНИТЕЛИ И ГЕЛИРОВАННЫЙ ПРОППАНТ)

1. DIVERTORS - ОТКЛОНЯЮЩИЕ АГЕНТЫ

Технология закачки в трещины временных блокаторов (безопасно очищается), и перераспределения направления трещин, в результате чего трещины распространяются в других направлениях в пределах продуктивного пласта, что в конечном итоге значительно повышает **Кохв** (коэффициент охвата) и дебиты скважины.

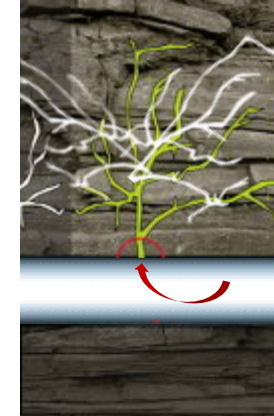
1 этап
создание трещины



2 этап
временная блокировка





3 этап
мультипликация трещин






2. ТЕХНОЛОГИЯ ДОСТАВКИ ПРОППАНТА

Технология Propel SSP включает в себя полимерное покрытие, нанесенное на проппант. Может исключать добавки, включая гуар, сшиватели и понизители трения для повышения эффективности ГРП, используя упрощенную систему жидкости для различной минерализации воды

PRODUCT NAME	TDS (PPM)	HARDNESS (PPM)	FRESH	BRACKISH	SEA	ERINE	KCl	PRODUCED
 PROPEL SSP® Propellant Transport Technology VIEW	1,000	500	●	○	○	○	○	○
 PROPEL SSP® 350 Propellant Transport Technology VIEW	350,000	40,000	●	●	●	●	●	●

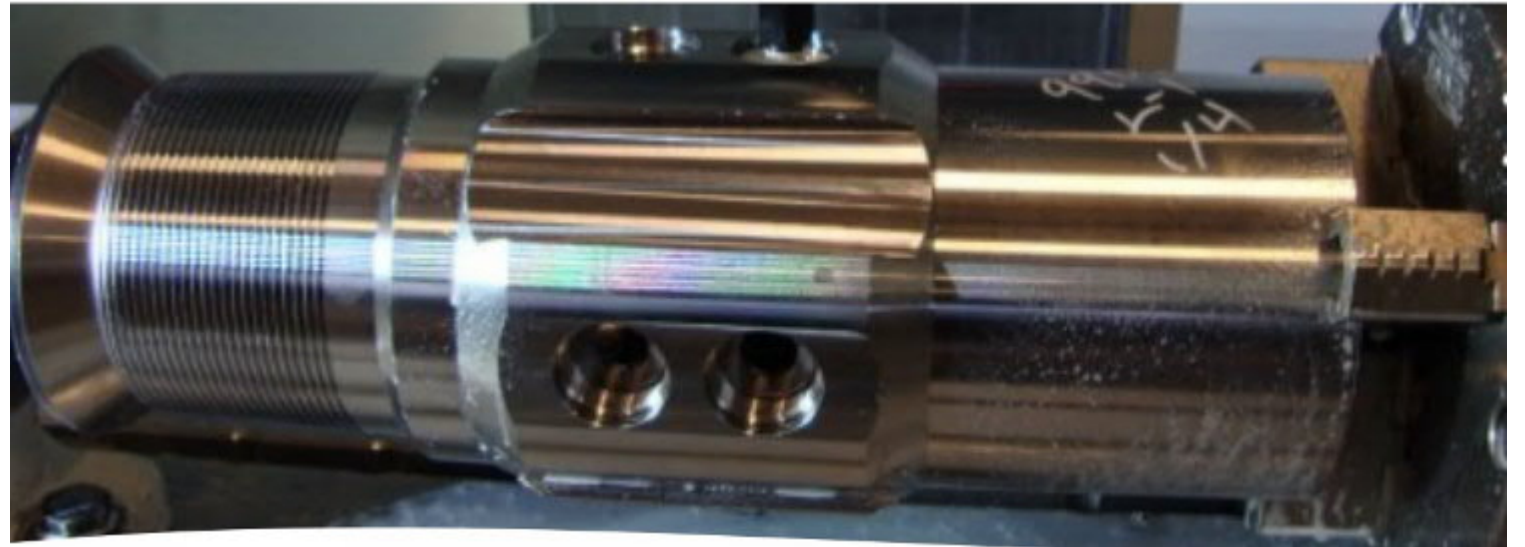
3. DIVERTORS - ОТКЛОНЯЮЩИЕ АГЕНТЫ

Водорастворимые шариковые герметики BioBalls™ используются в качестве отклоняющих агентов для зональной изоляции с целью эффективной доставки жидкостей. Это позволяет контролировать эффективное время герметизации, отклонения и зональной изоляции.

PRODUCT NAME	TEMPERATURE °F	µm RANGE	Mechanical Strength per Wet Screen	SPECIFIC GRAVITY
 BIOBALLS™ L Water Soluble Ball Sealers VIEW	75-200°	0-12	> 12,000	1.18
 BIOBALLS™ H Water Soluble Ball Sealers VIEW	175-300°	6-12	> 12,000	1.18
 BIOBALLS™ X Water Soluble Ball Sealers VIEW	200-300°	0-5.5	> 9,000	1.18

Типы скважинного оборудования для МСГРП

Разрывные муфты (Burst ports)





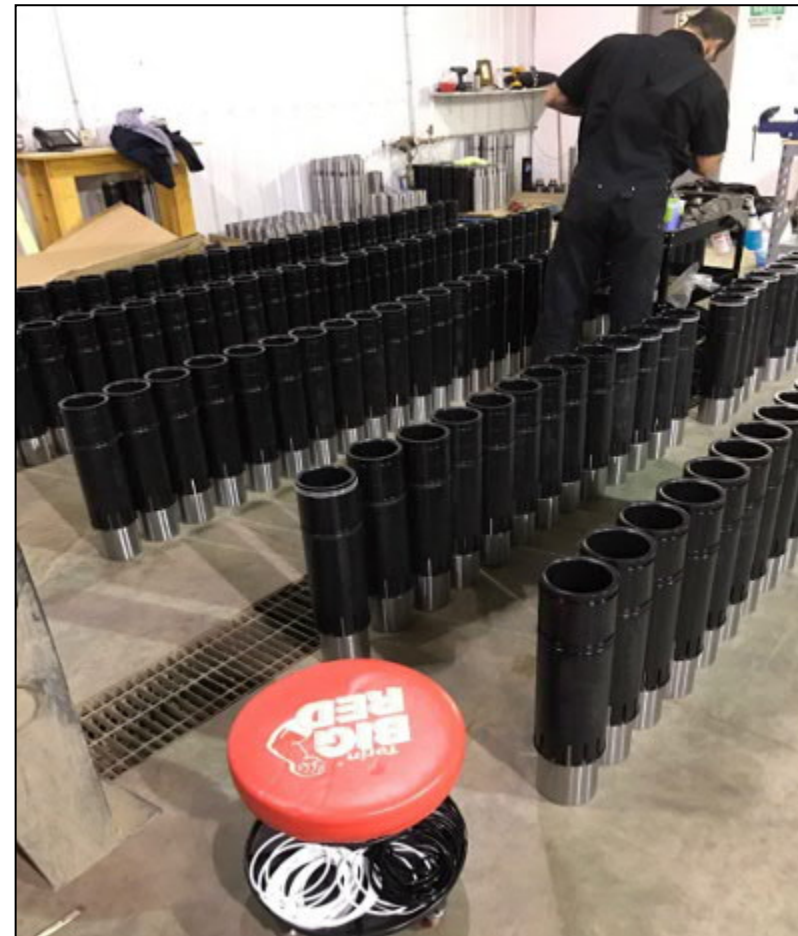
Равнопроходные муфты Stages и ключи (collets) для шаров для их открытия

Collet Profiles



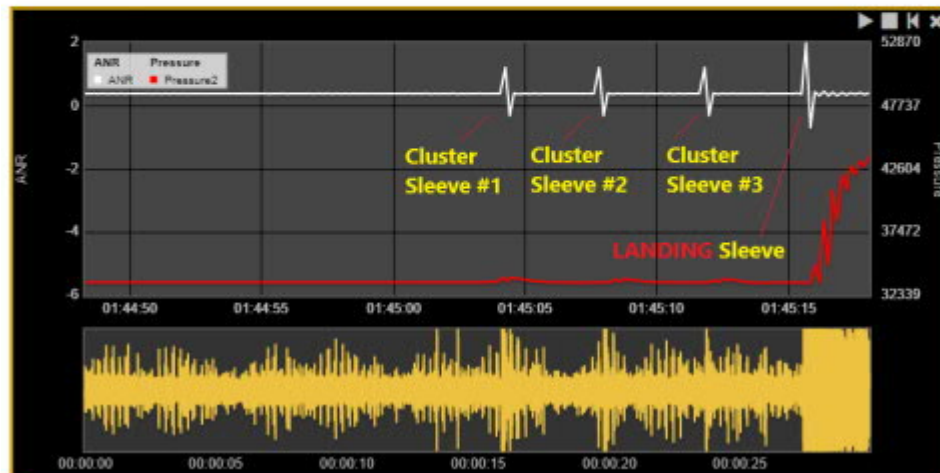
Муфты Stages

Unlimited Stage Count



Муфты с управляемым ключом компании Advanced Upstream

The **Acoustic Signal** (white) and **Pressure** (kPa) (red)
Chart below shows the Limitless™ Dart open 3 Cluster
Sleeves and 1 Landing Sleeve



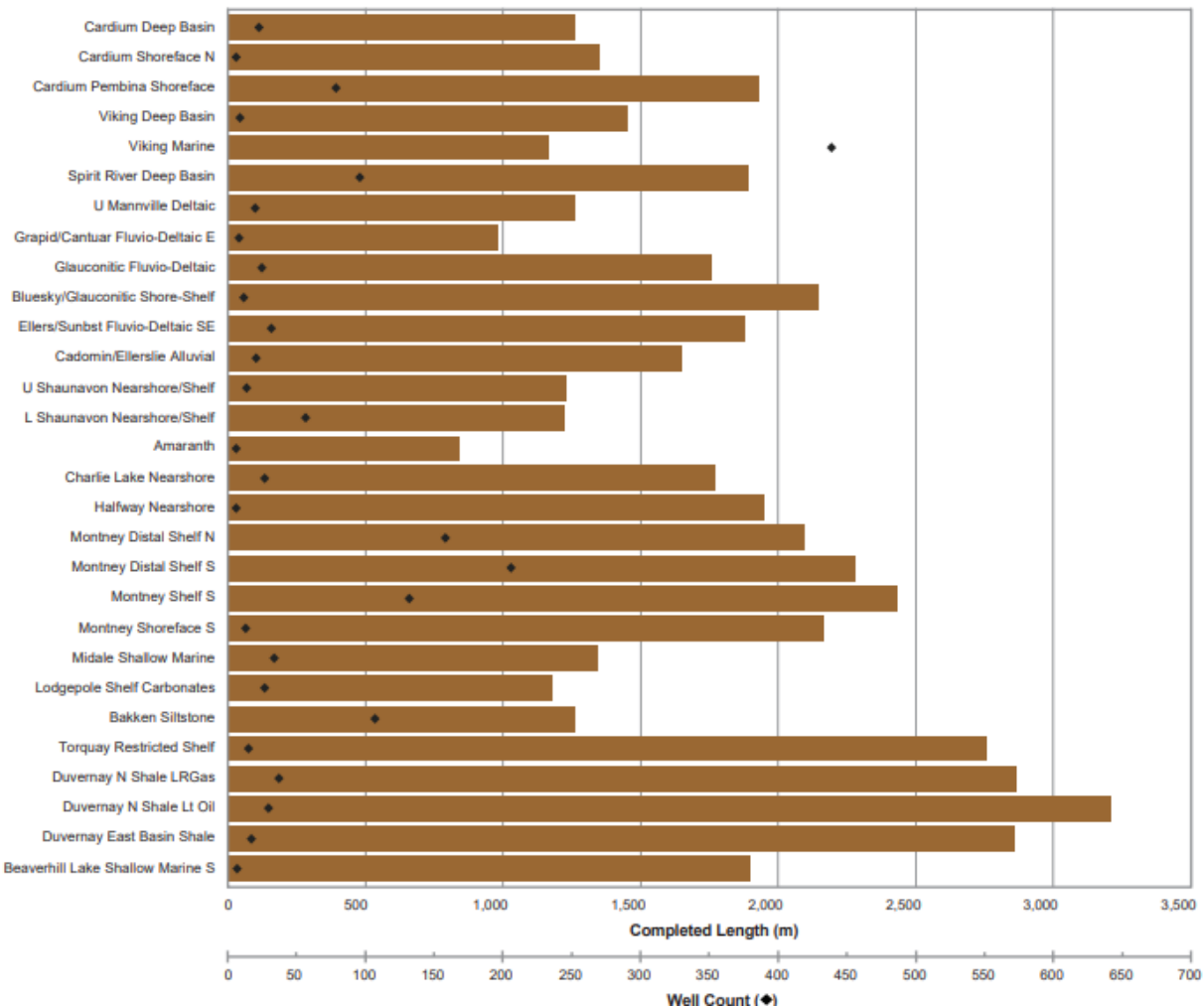
Механический перфоратор - «Дырокол»



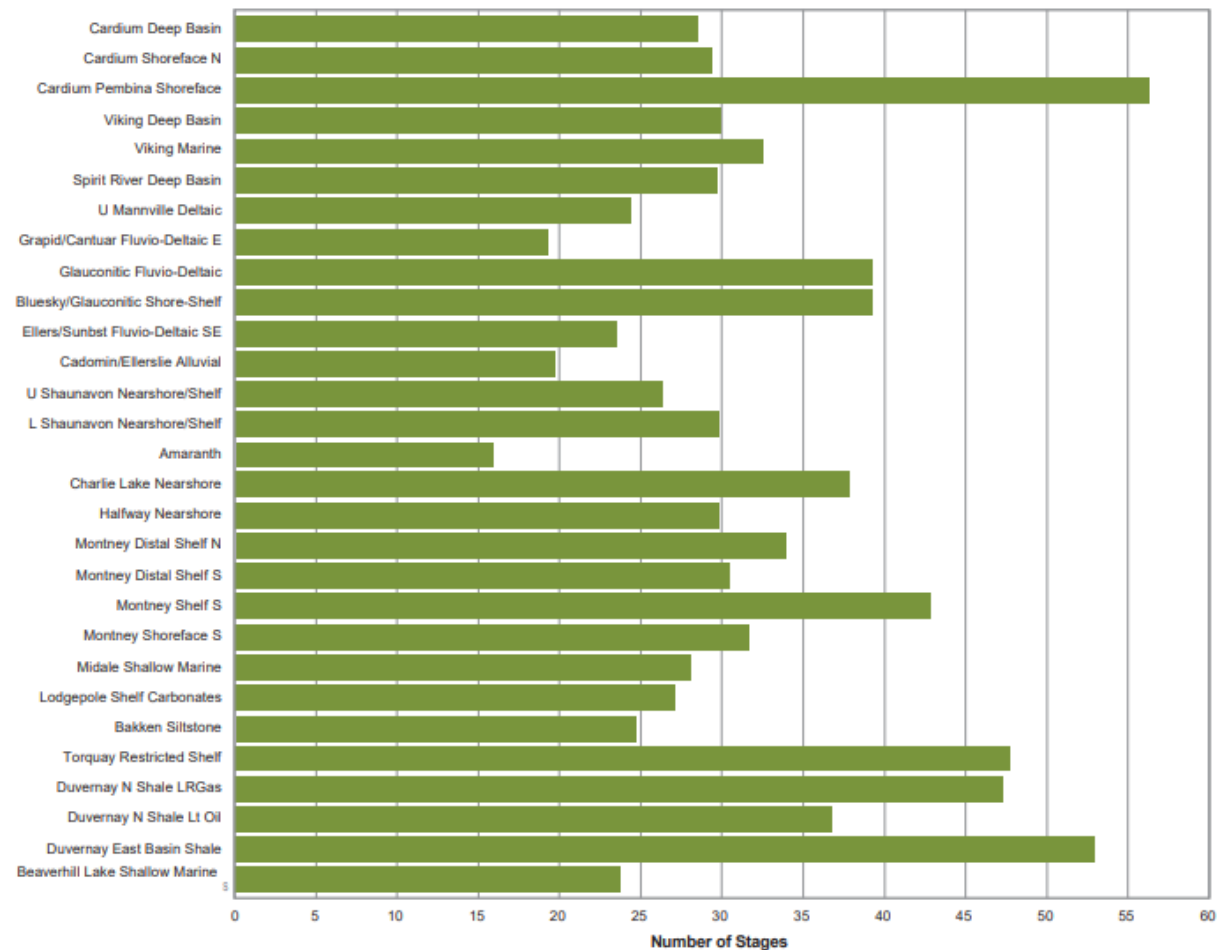
Анализ ГС с МСГРП по Канаде (средние длина горизонтального участка и число ступеней ГРП, 2020г.)

Completion Date: January to December 2020

Average Completed Length



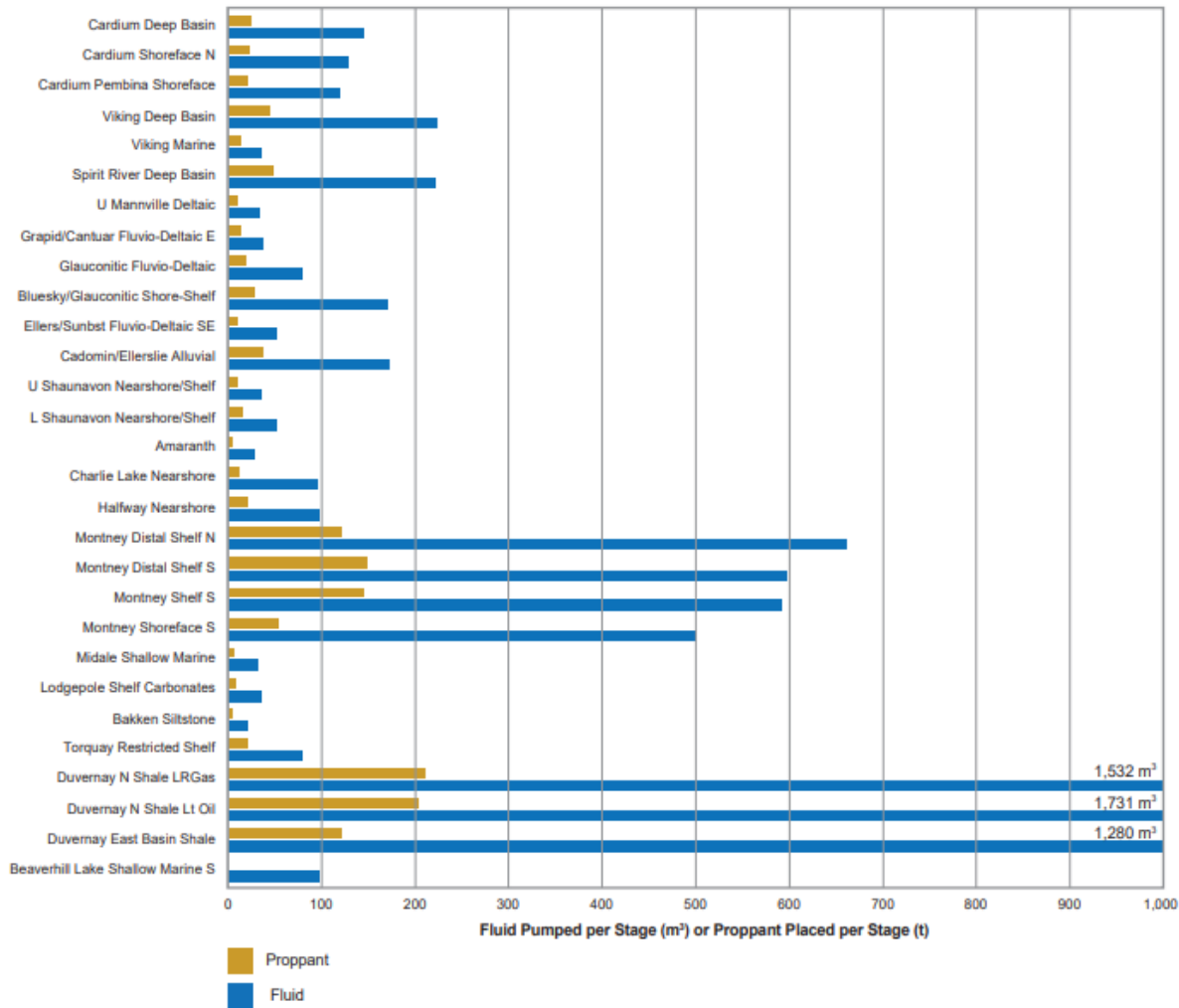
Average Number of Stages



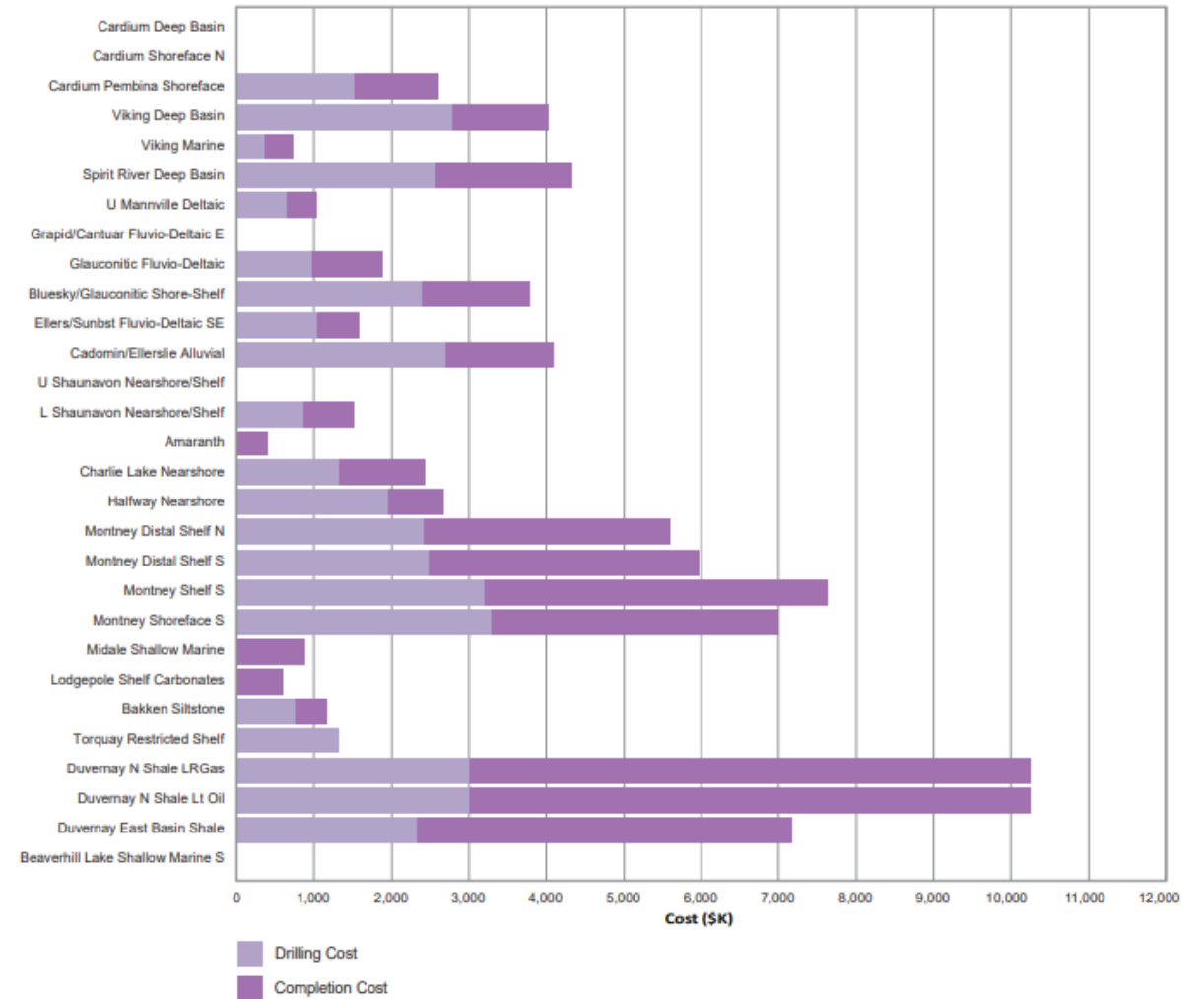
Courtesy Canadian Discovery

Анализ ГС с МСГРП по Канаде (средние объем жидкости и масса проппанта и стоимости бурения и ГРП, 2020г.)

Average Proppant and Fluid Pumped per Stage



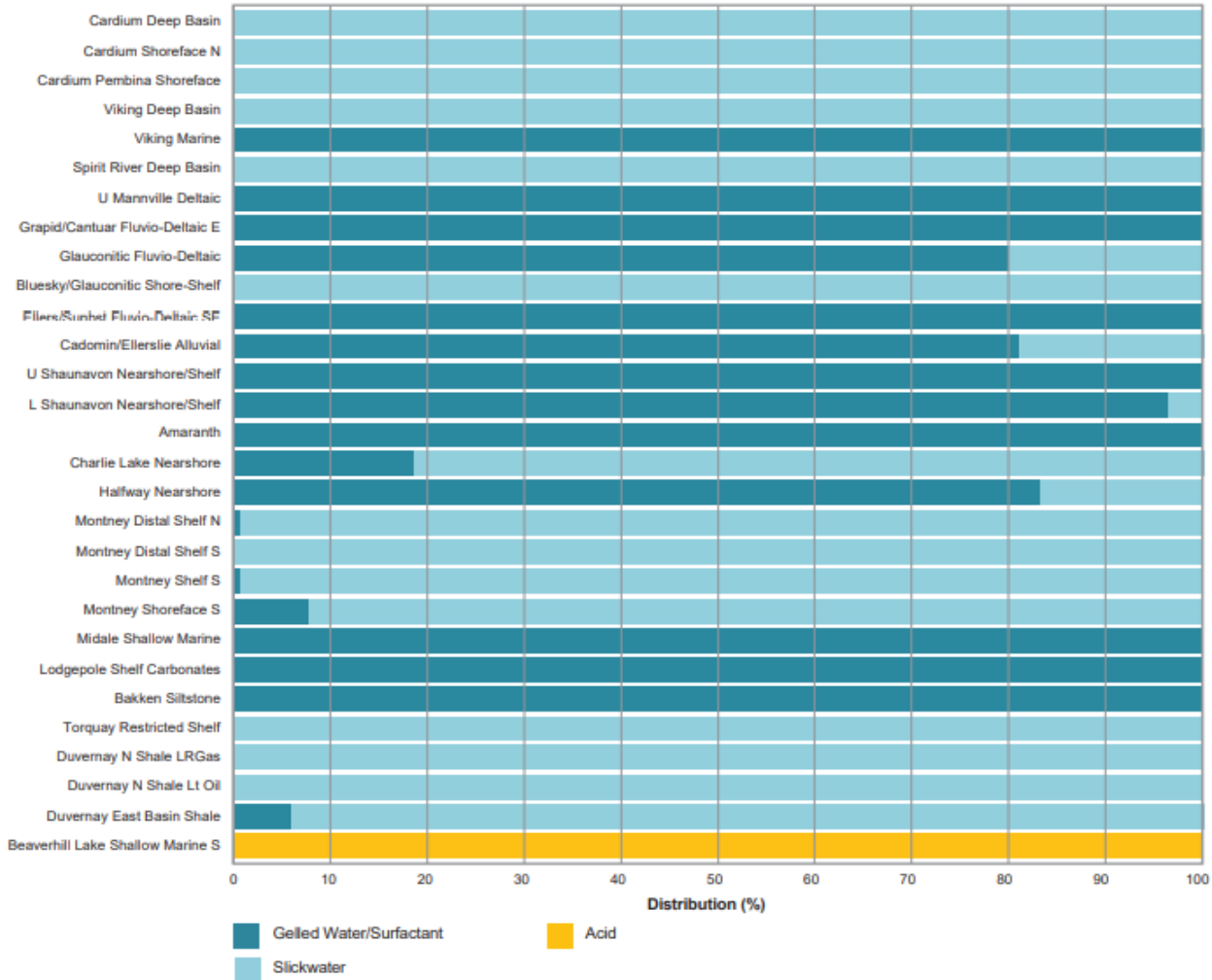
Average Drilling and Completion Costs *



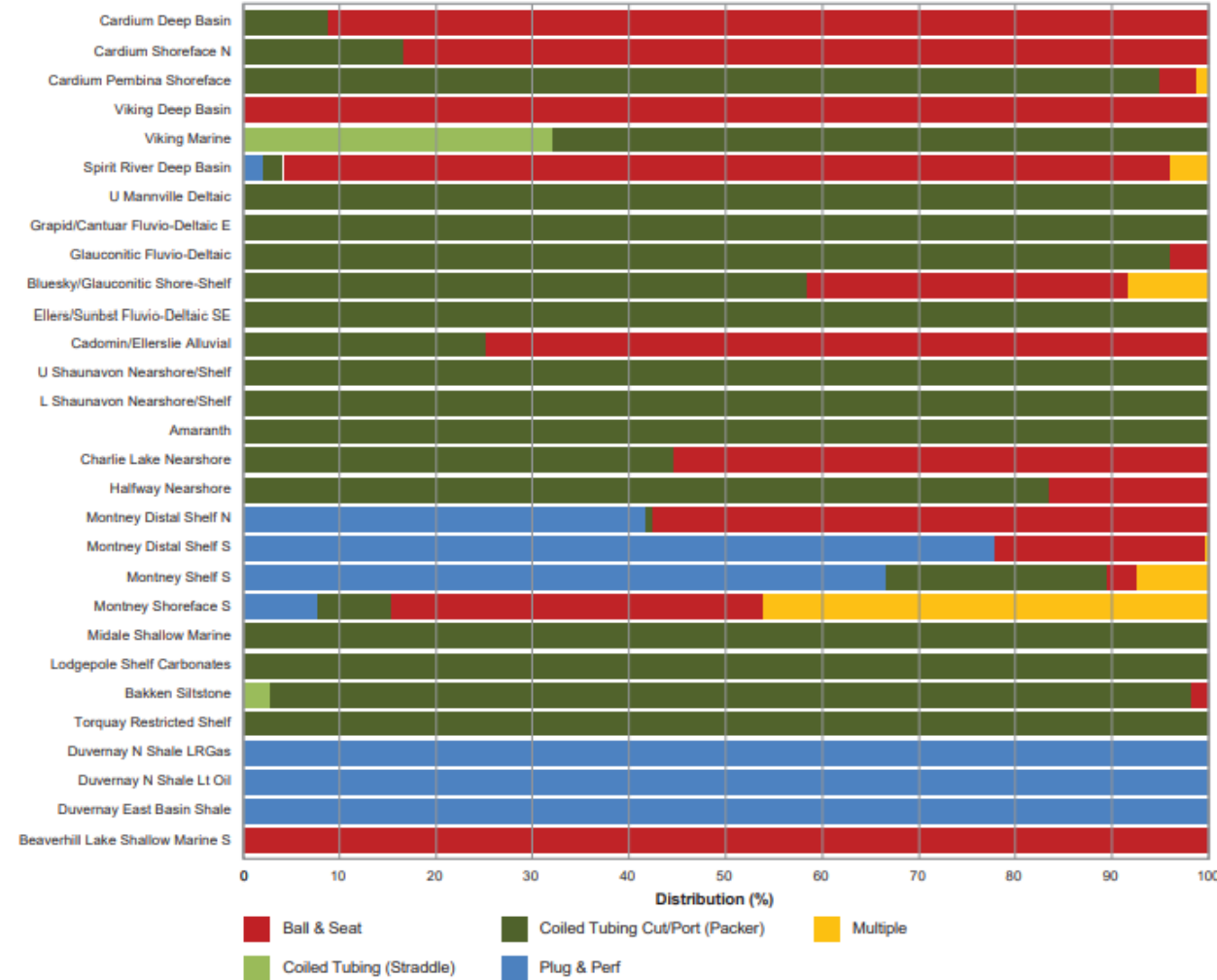
Courtesy Canadian Discovery

Анализ ГС с МСГРП по Канаде (виды жидкости ГРП и типы оборудования ГРП, 2020г.)

Base Fluid Group Distribution

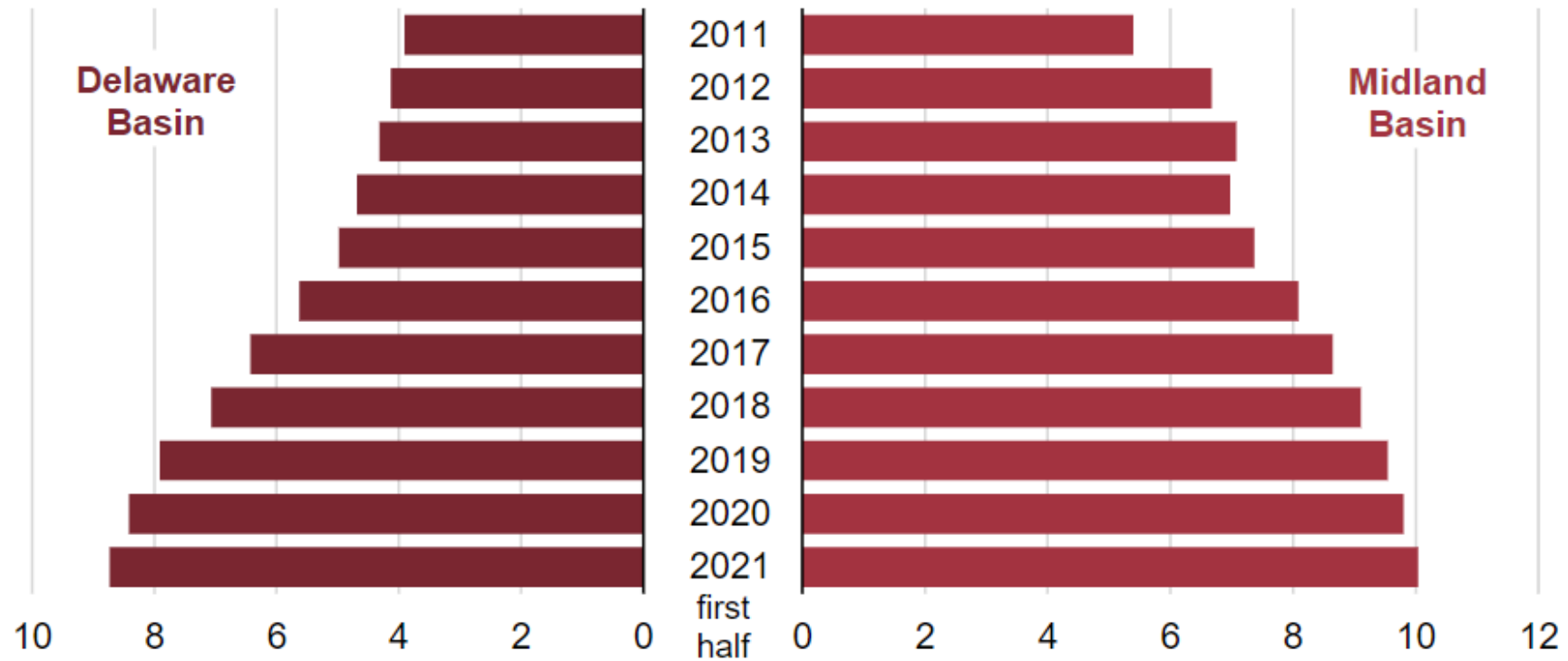


Isolation Technology Group Distribution



Динамика средней длины горизонтального участка ГС на объектах Delaware и Midland, США (тыс. футов)

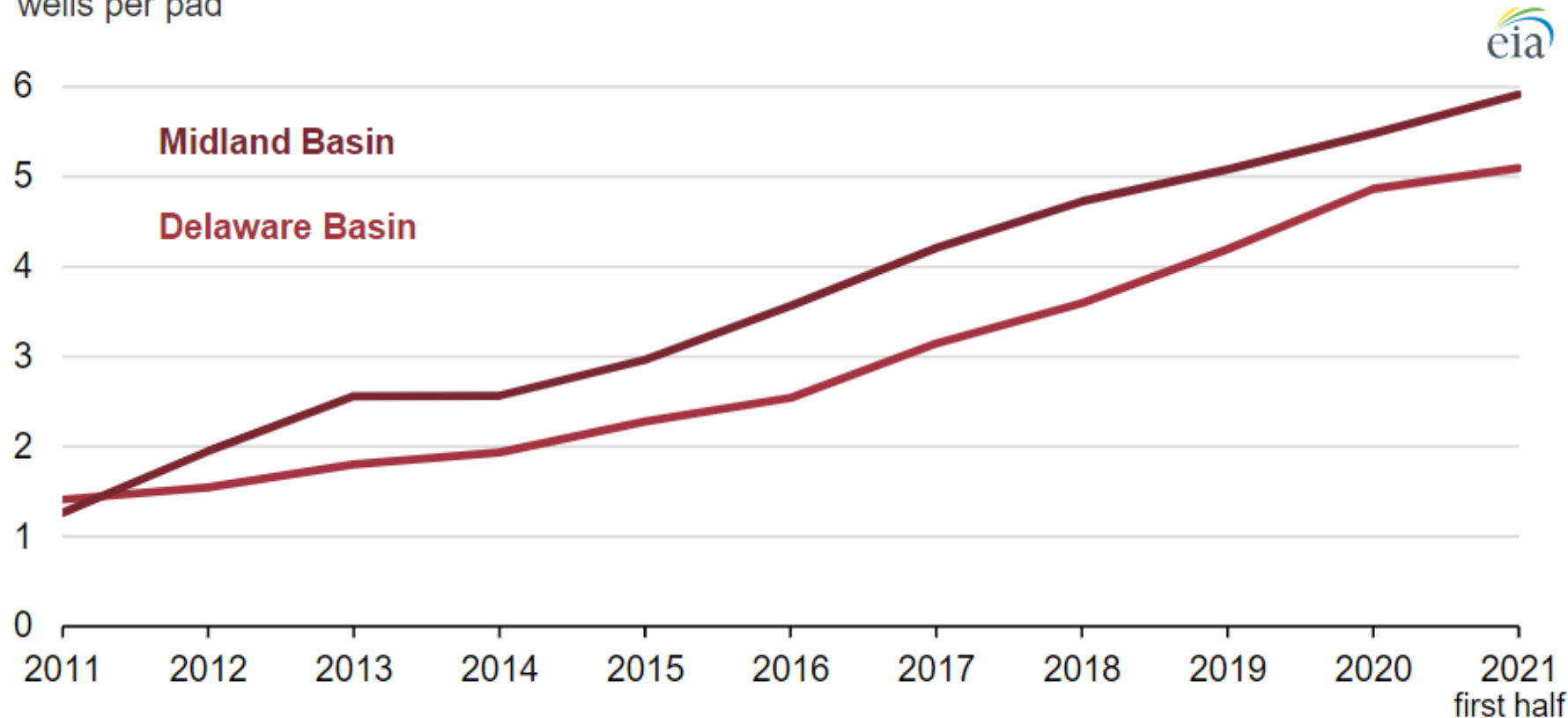
Average lateral length per well in the Delaware and Midland Basins (2011–first half 2021)
thousand feet



Source: Created by the U.S. Energy Information Administration, based on data from Enverus

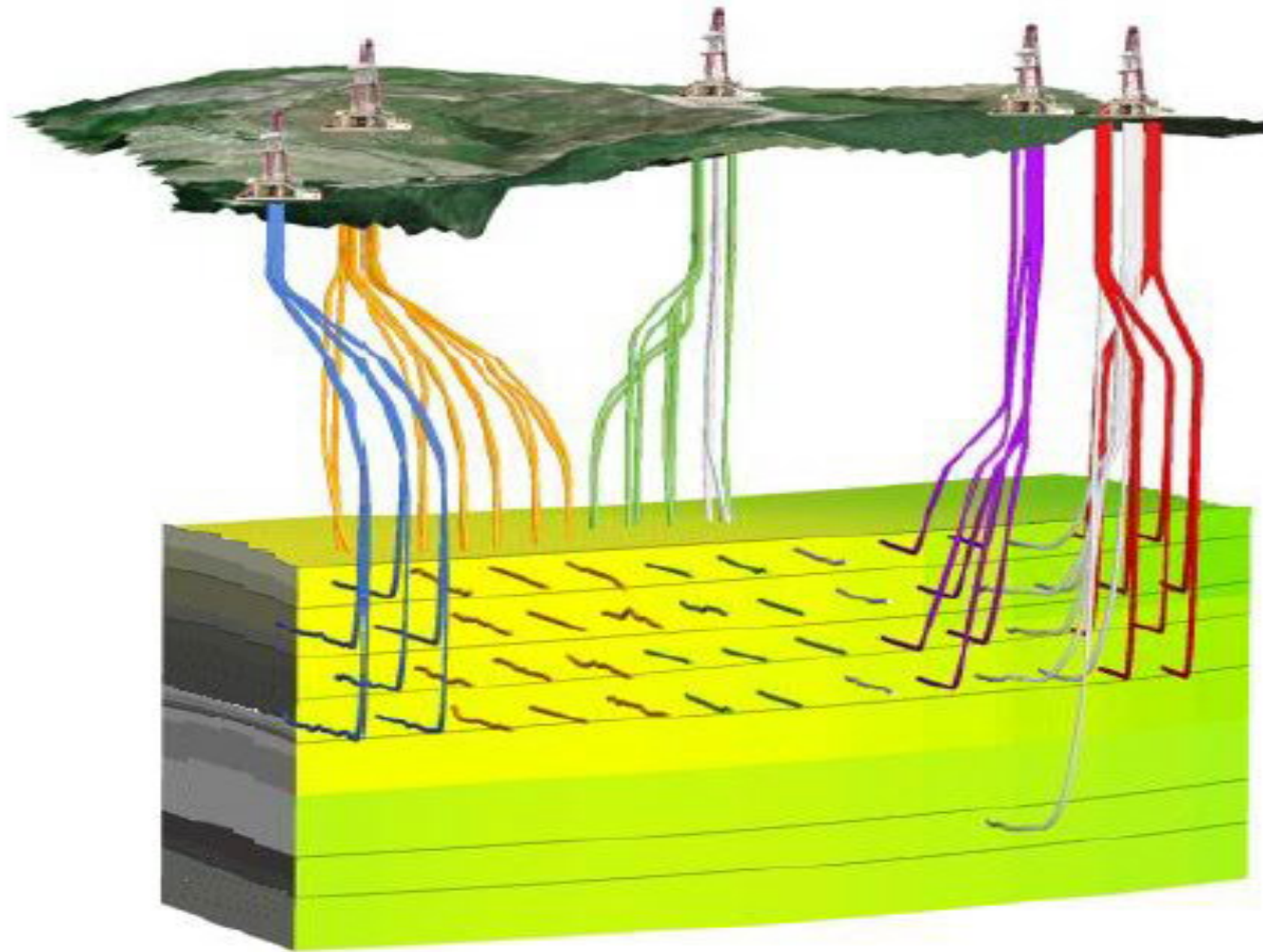
Среднее число ГС на кусте на объектах Delaware и Midland, США (скв.)

Average well count per drilling pad in the Delaware and Midland Basins (2011–first half 2021)
wells per pad



Source: Created by the U.S. Energy Information Administration, *U.S. Shale Oil and Natural Gas Maps, Permian Basin*, based on data from Enverusa

Пример расстановки скважин и их траекторий по технологии Cube Development компании Encana

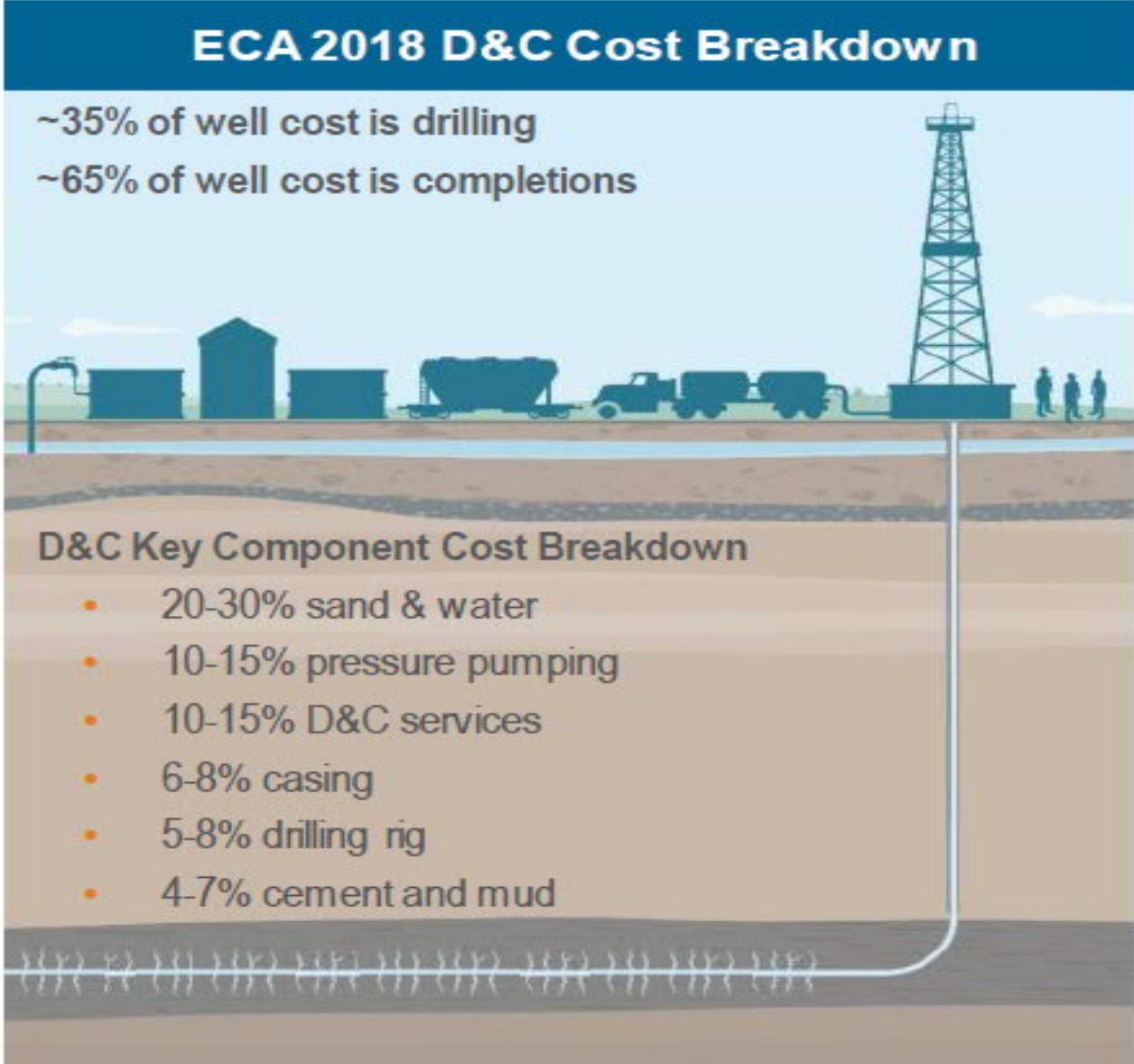


Индустриальные методы бурения и ГРП на кустах



Экономические показатели и налоговые стимулы при добыче нефти из плотных коллекторов и сланцевых отложений в Канаде

Стоимость бурения ГС и МС ГРП в сланцевых коллекторах США по компании Encana



Основные налоги, платежи и налоговые стимулы в канадской нефтегазовой промышленности (для обычных нефтей)

- Налог на прибыль: 15% федеральная часть + 10% провинция Альберта
- Роялти на государственной территории – в зависимости от дебита скважины и цены мирового рынка (предельная ставка для высоких дебитов и самой высокой цены - до 40%)

Налоговые стимулы:

- Пониженные ставки роялти на методы нефтеотдачи, ГС и МСГРП до достижения определенных объемов добычи или на срок эксплуатации скважины до 2-х лет.
- В нефтяной промышленности ставка амортизации на основное оборудование 25%, на затраты по приобретению прав на активы (скважины, территории) 10%.
- 100% списание на себестоимость затрат на бурение и заканчивание скважины-первооткрывательности залежи.

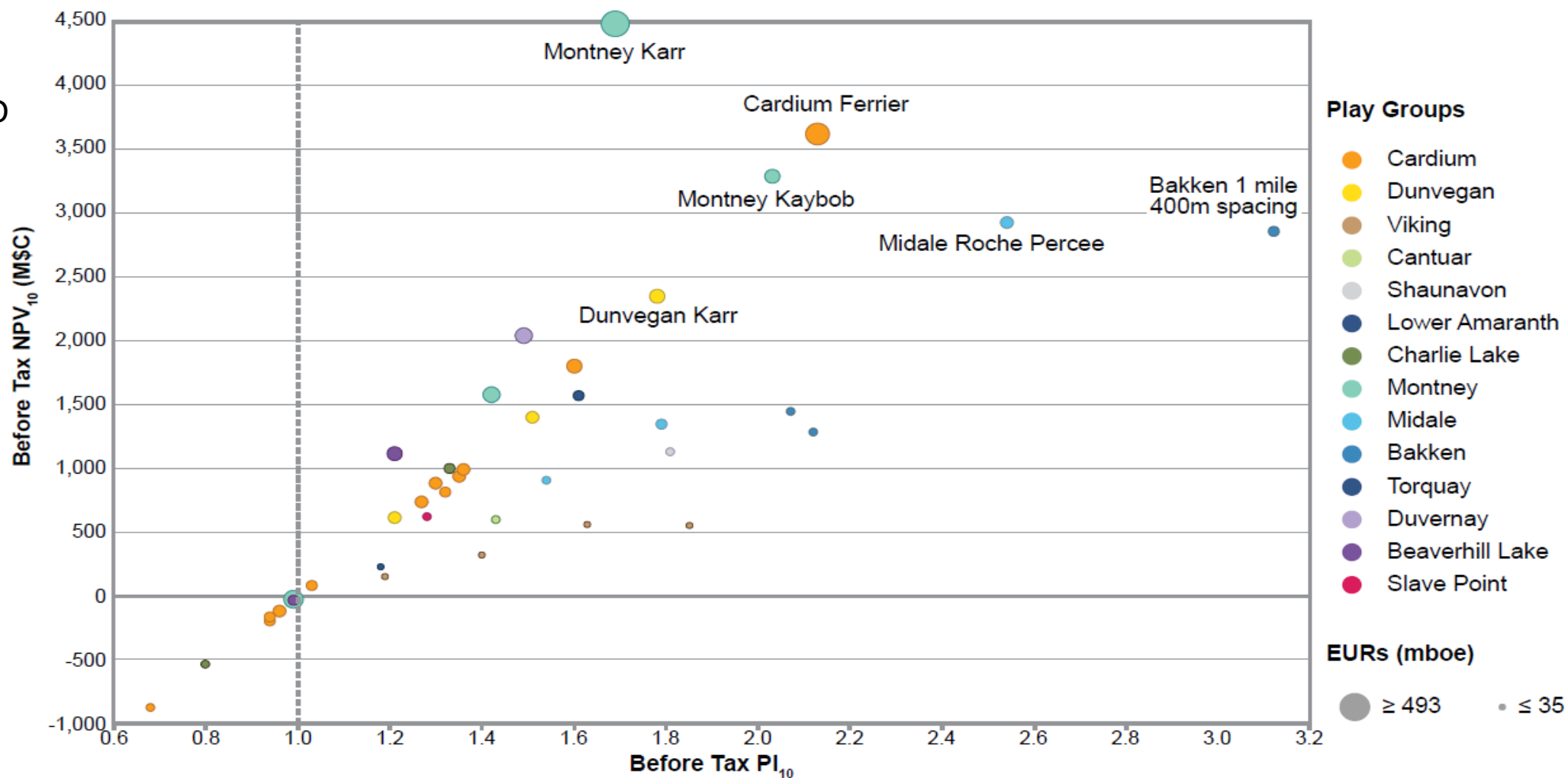
Предельная величина накопленной выручки C^* (\$) для применения льготной ставки роялти (5%) – пример для скважины с глубиной пласта до 2 км

$$C^* (\$) = ACCI * ((1170 * (TVD_{MAX} - 249)) + (Y * 800 * TLL) + (0.6 * TVD_{AVG} * TPP))$$

- **ACCI** - Alberta Capital Cost Index, индекс стоимости, ежегодно определяемый правительством Альберты для поддержания конкурентоспособности инвестиций и роста эффективности бурения ГС и ГРП (в 2017г. = 1,0 , далее снижение примерно на 3% в год – в 2020г. = 0,9);
- **TVD_{MAX}** – максимальная глубина скважины, м;
- **TVD_{AVG}** - средняя глубина для всех стволов при расчете для многоствольных скважин, м;
- **TLL** – общая длина горизонтального участка (участков для многоствольных скважин), м;
- **TPP** - масса закачанного проппанта, тонны;
- **TMD** - общая пробуренная длина скважины (все стволы для многоствольной), м;
- **Y** - коэффициент для настройки затрат для многоствольной скважины: $Y = 1$ при $TMD/TVD_{AVG} < 10$, или Y равен большой величине из 0,24 или $[1.39 - 0.04 * (TMD/TVD_{AVG})]$

Доходность разработки по объектам Западной Канады

NPV, тыс. CAD
10% дисконт.



Индекс доходности до налогов, 10% дисконт.

Окупаемость проектов разработки по объектам нетрадиционных запасов в Канаде

Принятые скидки по сортам нефти к цене WTI

WCS (20.5 ⁰ API)	MSW (39.5 ⁰ API)	SCO (35 ⁰ API)	Condensate (50 ⁰ API)	Обменный курс
-----------------------------	-----------------------------	---------------------------	----------------------------------	---------------

\$80

\$70

\$60

\$50

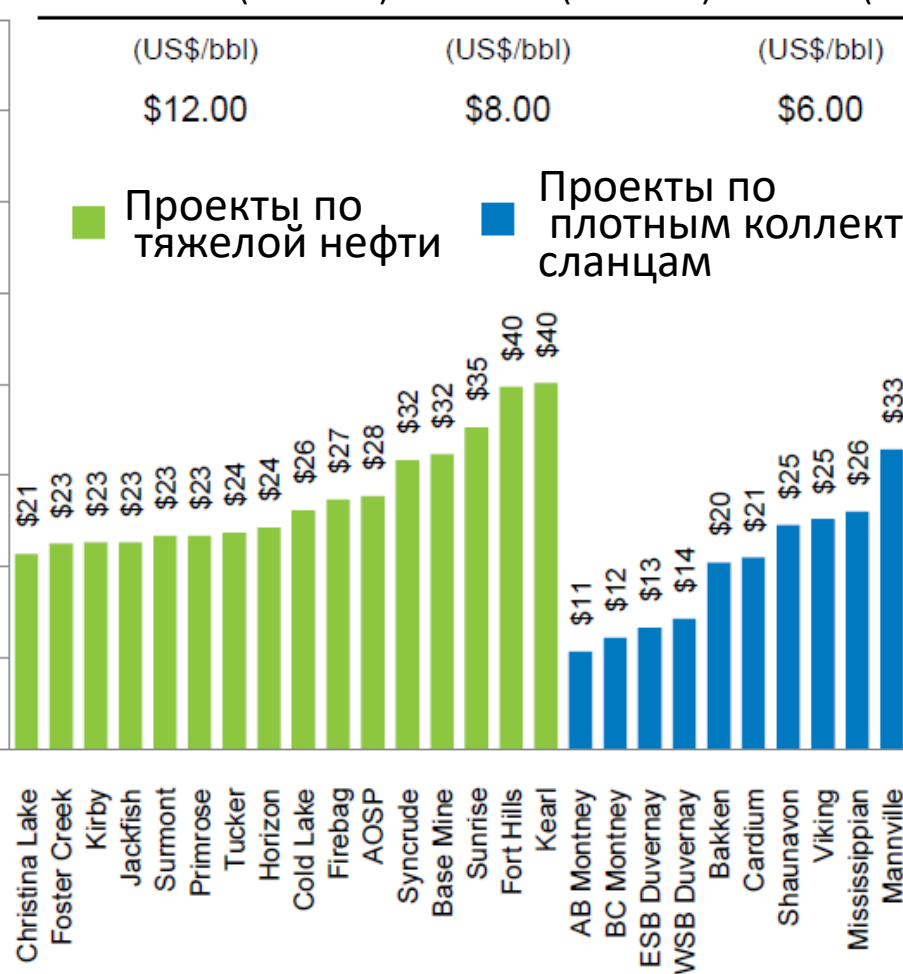
\$40

\$30

\$20

\$10

0



Окупаемость проектов при цене WTI, USD/bbl

■ Проекты по тяжелой нефти

■ Проекты по плотным коллекторам и сланцам

Окупаемость проектов по **тяжелой нефти** при цене WTI **21-40 USD/bbl**

Окупаемость проектов по **плотным коллекторам и сланцам** при цене WTI **11-33 USD/bbl**

ВЫВОДЫ

- 1. Произошел активный переход нетрадиционных ресурсов в рентабельные извлекаемые запасы в Северной Америке на основе новых технологий с применением горизонтальных скважин, МСГРП и значительного снижения затрат по известным технологиям
- 2. Высокая экономическая эффективность современных технологий разработки нетрадиционных запасов наряду с экономическими стимулами позволяет придавать устойчивость процессам разработки таких запасов даже в условиях низких цен на углеводороды.
- 3. Политическое давление по декарбонизации экономики ведет к волатильности стоимости нефтегазовых компаний/активов, медленным восстановлением добычи, даже в условиях роста цен на нефть.

Благодарю за внимание.