



# Повышенное извлечение угольного метана при помощи УХУ: ограничения и возможности

*Франк ван Берген*



# TNO: Организация прикладных научных исследований Нидерландов

- › Основана в 1932 г. постановлением парламента (Закон о *TNO*)
- › Оборот средств: US\$ 800 млн (600 млн евро); 4 600 сотрудников
- › Организация *прикладных* исследований
  - › разработка технологий
  - › научные исследования по контракту
  - › консультирование по специфическим вопросам
  - › Специальные задачи (*Геологическая служба Нидерландов*)
- › Независимая, прозрачная, некоммерческая
- › Фокусируется на понимании принципов и передаче знаний
- › Сравнима с *Французским институтом нефти (IFP)*, институтом *SINTEF*, *Организацией по научным и производственным исследованиям Австралии (CSIRO)*, *Научно-исследовательским кувейтским институтом (KISR)*

Niveau 1

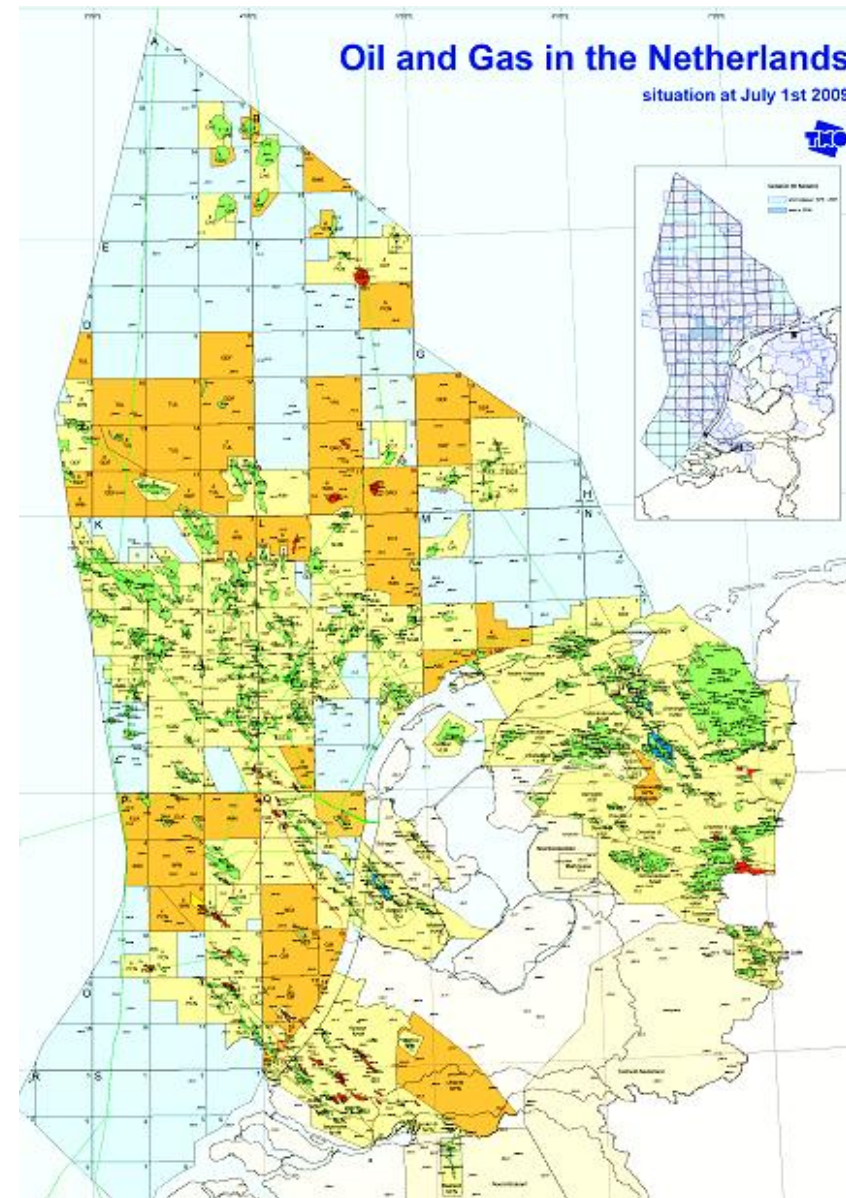
Niveau 2

Niveau 3



# УХУ в Нидерландах

- › Наличие (кластеров) крупных точечных источников CO<sub>2</sub>
- › Большая емкость хранилищ (1500 млн т на газовых месторождениях, кроме Слохтерен и водоносных горизонтов)
- › Relatively short transport distances
- › Обширные знания в газовой сфере и УХУ (технологии, инфраструктура, и т.д.)
- › Долгая история добычи газа (1959 - )
- › Долгая история научных исследований УХУ (1990 - )
- › Серьезный интерес бизнеса и обязательства соответствующих участников



## Обзор CATO-2

- Прикладные и фундаментальные исследования
- Законченная цепочка УХУ
- Движимая спросом и гибкая программа
- 60 млн евро (50% государственное финансирование)
- Координация: TNO
- 2009-2014
- Партнеры из промышленности, малого и среднего и бизнеса, университетов, неправительственных организаций



# Улавливание CO<sub>2</sub>: от лаборатории к пилотным проектам



## Тестирование в лаборатории: Подбор растворителей

- Термодинамика
- Кинетика
- Устойчивость



## Микро-завод

- Разработка процессов
- Тестирование модели
- Увеличение масштабов



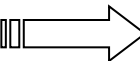
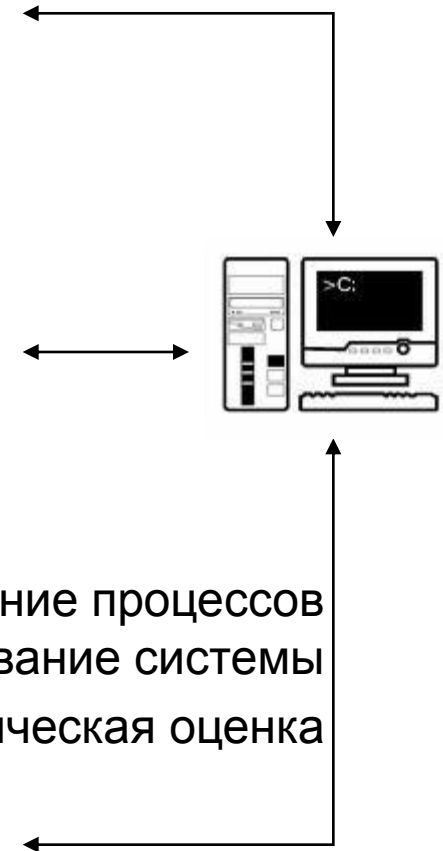
## Пилотный проект

- Промышленные условия
- Тестирование модели
- Долгосрочное влияние

Моделирование процессов

Проектирование системы

Экономическая оценка





# Транспорт CO<sub>2</sub>: CO<sub>2</sub>Евротрубопровод

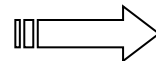
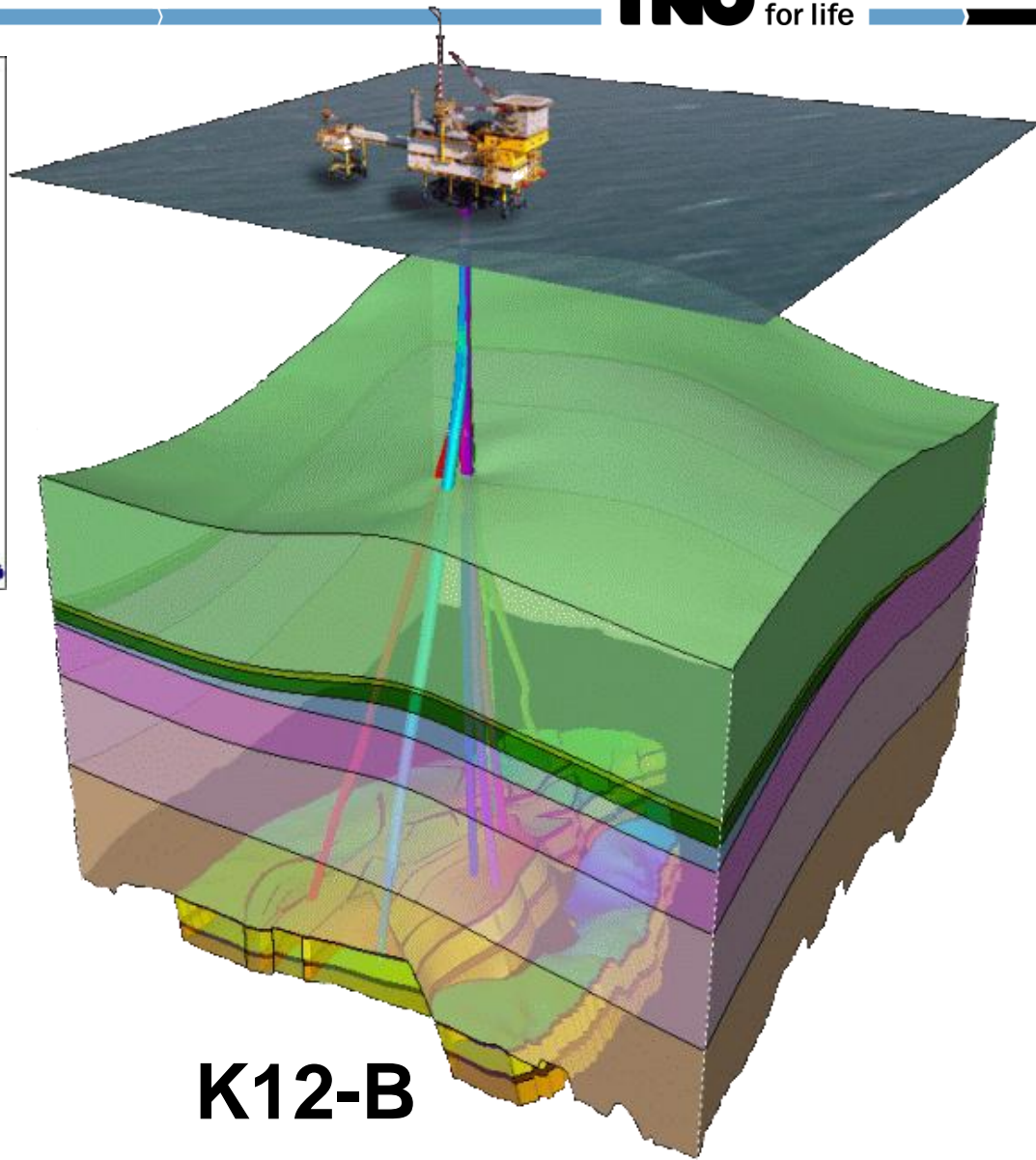
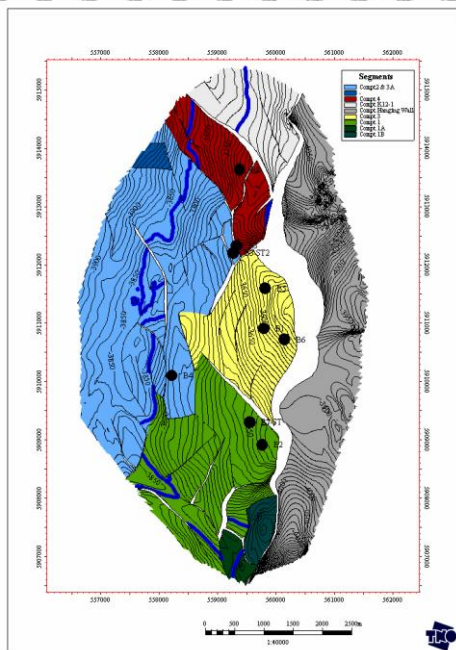
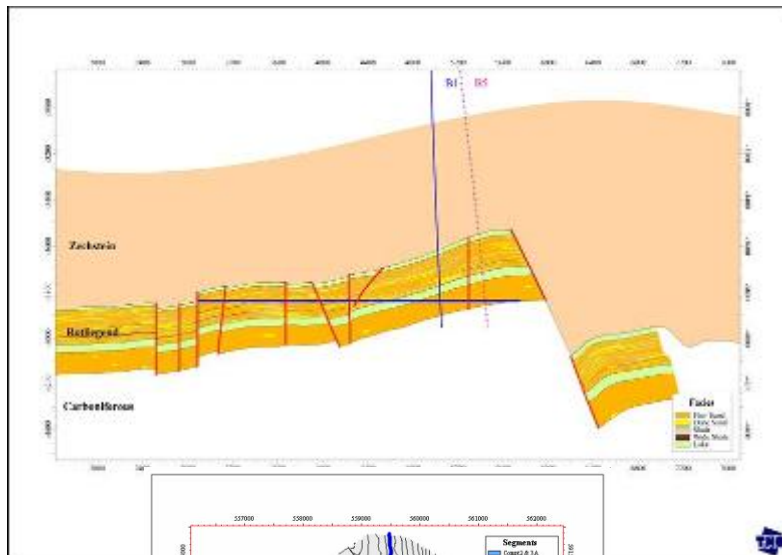
**TNO** innovation  
for life

- › Цель
  - › Определить требования к разработке широкомасштабной транспортной сети для УХУ в будущем в Европе
    - › ЕС, национальные инициативы / регулирование
    - › Необходимо реализовать временные графики для политики / регулирующие механизмы
  
- › Метод
  - › Определить транспортные требования для масштабной транспортировки УХУ в будущем
    - › Объемы CO<sub>2</sub>: что, где, когда?
    - › План сети ((между)национальной, простой или сложной)
    - › Управление CO<sub>2</sub> (трансграничные вопросы)
    - › Регулирование (CO<sub>2</sub> как отходы?)
  
- › Сроки
  - › Апрель 2009 – октябрь 2011



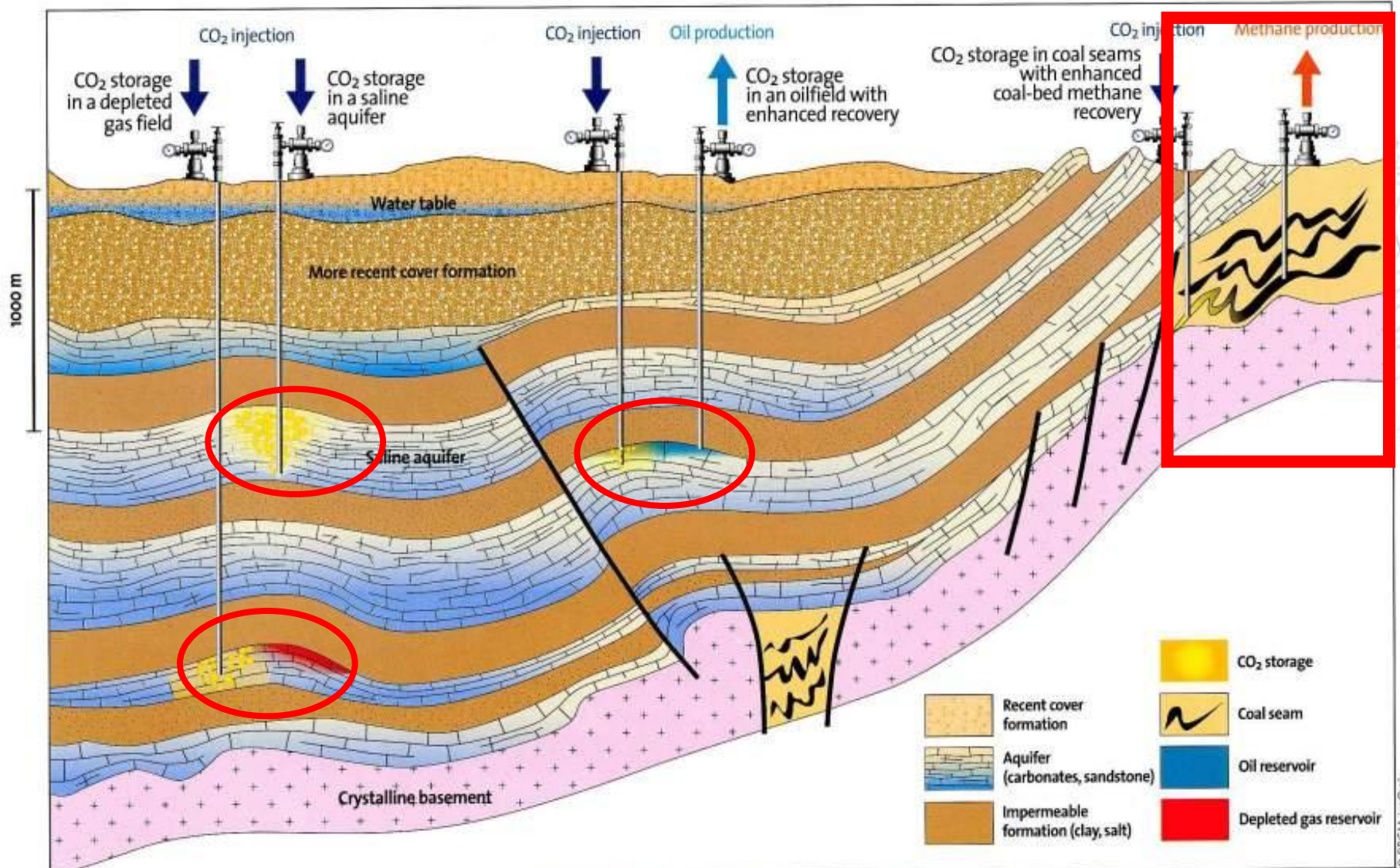


# Хранение CO<sub>2</sub>: первые хранилища





# Исследования и участие во всех возможных вариантах хранения CO<sub>2</sub>







# **Повышение добычи метана угольных пластов при помощи CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>-ЕСВМ)**



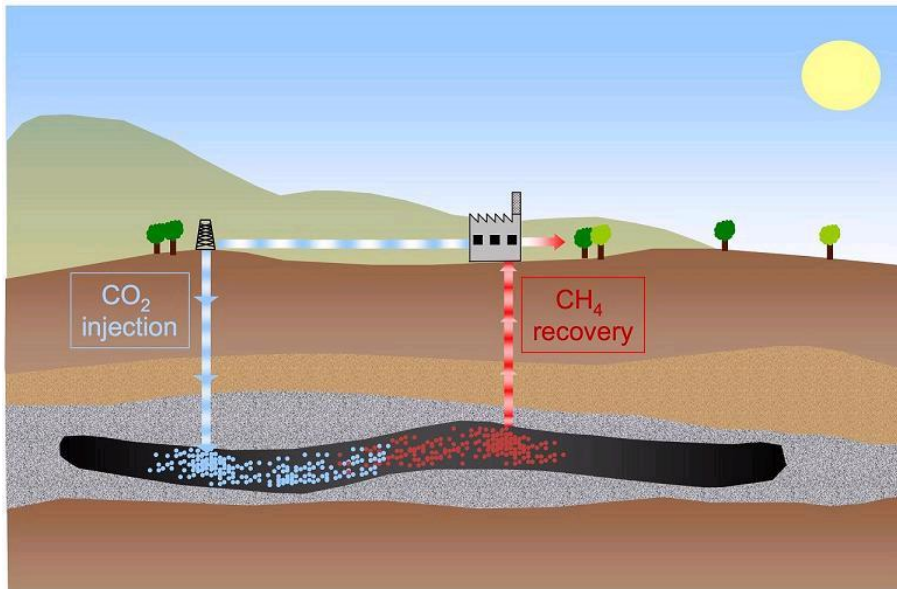
# Метан угольных пластов в Европе

- › Сопоставительные исследования показали, Европа богата метаном угольных пластов
- › По сравнению с бассейном Black Warrior, 5 бассейнами герцинской впадины в Германии и Великобритании показали наличие более широких комплексов угленосных пластов с более многочисленными пластами, и большую эффективную толщину пластов (Fails, 1996). Также подтверждена газоносность пластов.
- › Тем не менее добыча угольного метана оказалась нерентабельной в ходе тестирования
- › Другие факторы помимо толщины и газоносности играют роль
  - › Возможность дренировать пласты, литология, распределение угля, тектонические и структурные условия, сорт углей и потенциал газообразования, проницаемость, газоносность (Scott, 2002)
- › Многие надеялись, что ЕСВМ изменит сложившуюся ситуацию



# Повышение добычи метана

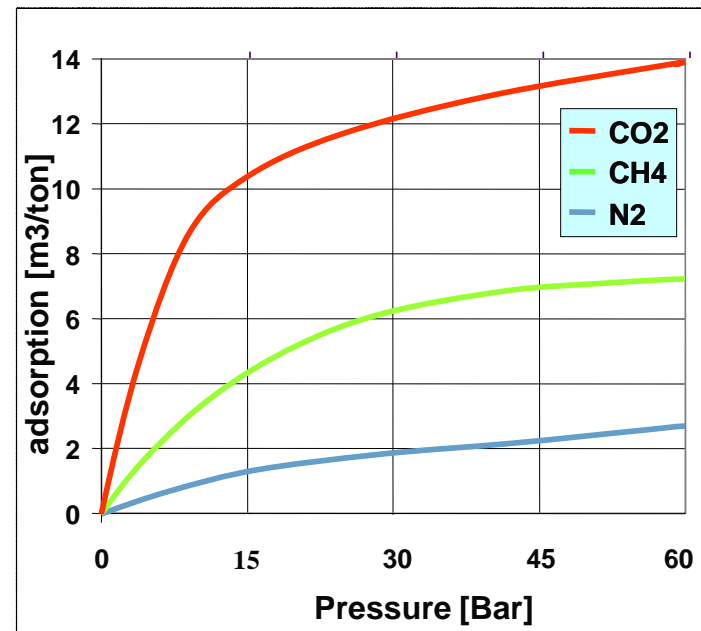
- › Базовый принцип:
  - › Закачивание  $\text{CO}_2$  в подземный угольный пласт
  - ›  $\text{CO}_2$  замещает абсорбированный метан на поверхности угля
  - › Высвобожденный метан можно добывать
  - › Абсорбированный  $\text{CO}_2$  хранится в угле





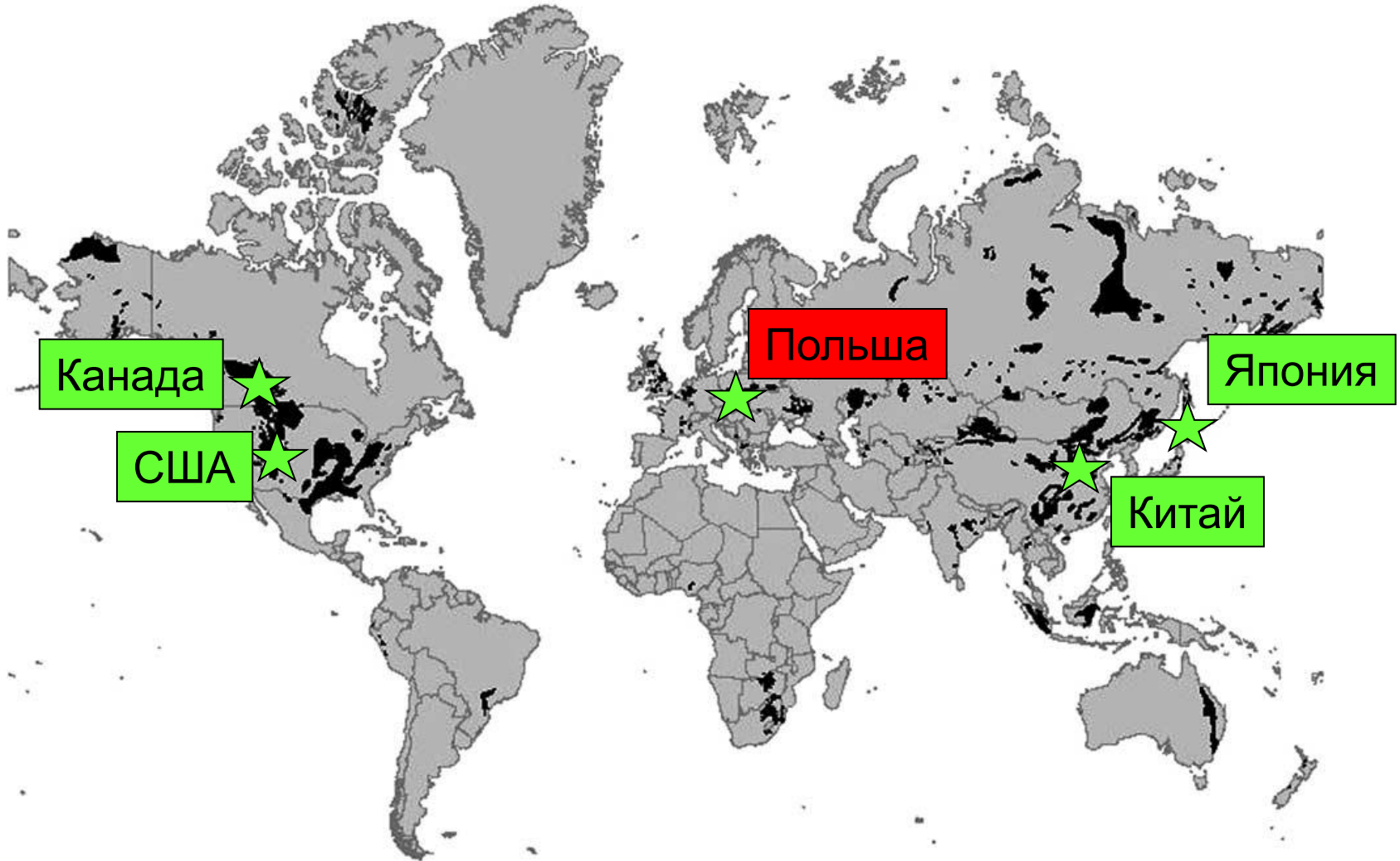
# Повышенная добыча угольного метана

- › Предложена в начале 1990-х после лабораторных экспериментов
  - › Как  $N_2$  так и  $CO_2$
- › Испытания на практике (установки Allison и Tiffany) in Бассейне Сан Хуан (США) во второй половине 1990-х
  - › Считаются успешными, но слишком дорогостоящими
    - › Закаченный  $CO_2$  – потери
- › Идея хранения  $CO_2$  с целью сокращения выбросов заинтересовала исследователей в Канаде, Европе и Японии
  - › ЕСВМ как вариант для УХУ





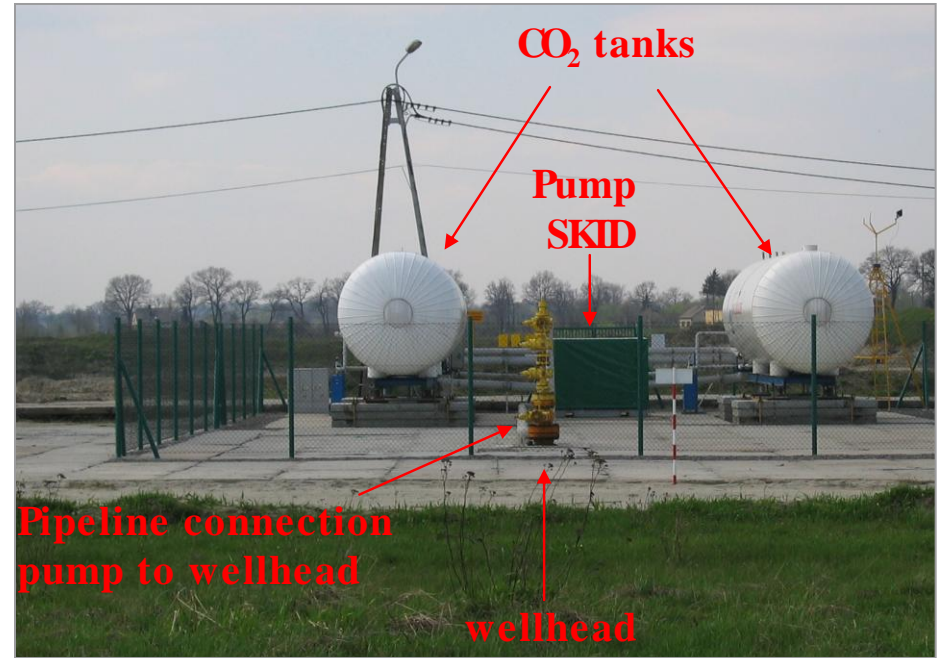
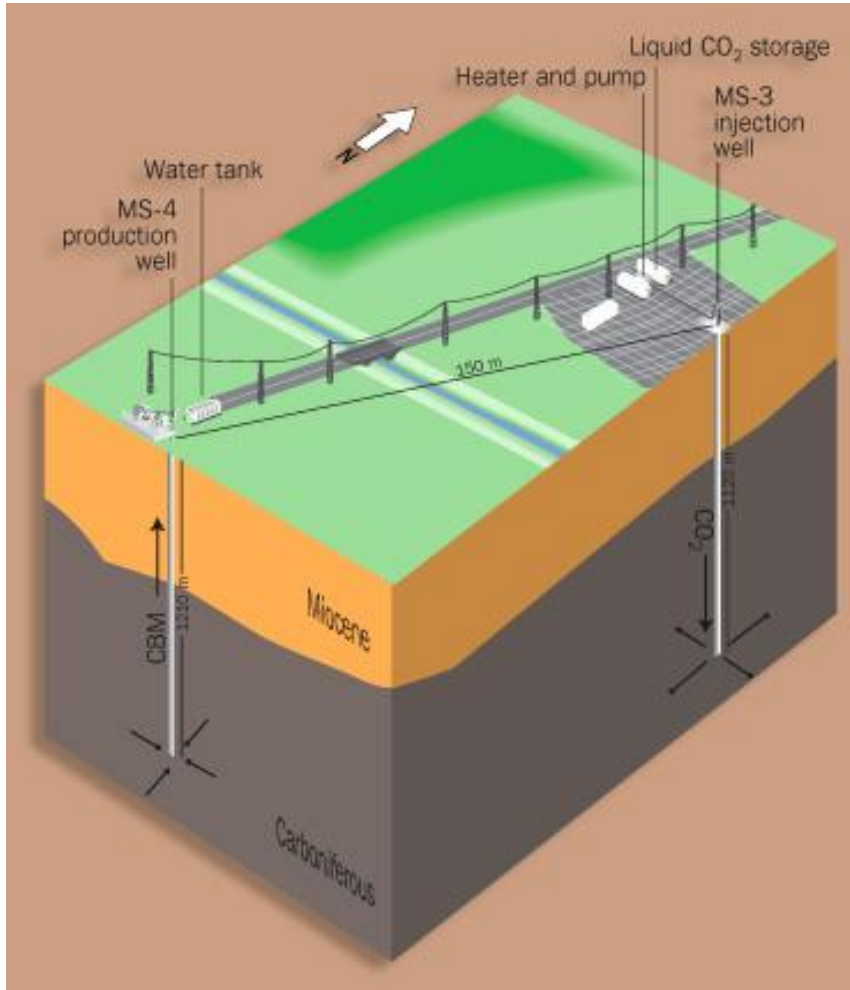
# Пилотные проекты на практике 2005





# Промышленное испытание по закачиванию CO<sub>2</sub> в Польше (RECOROL)

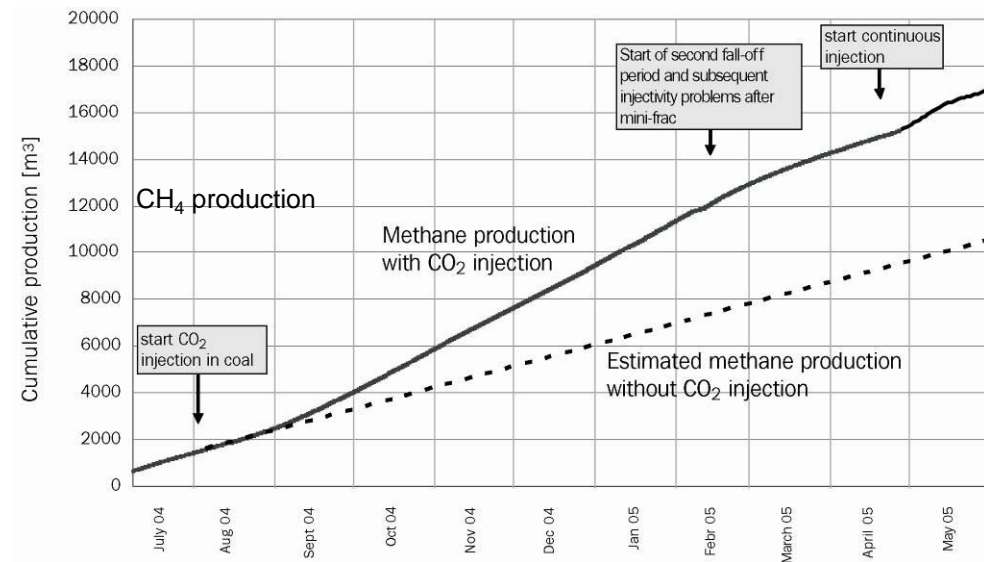
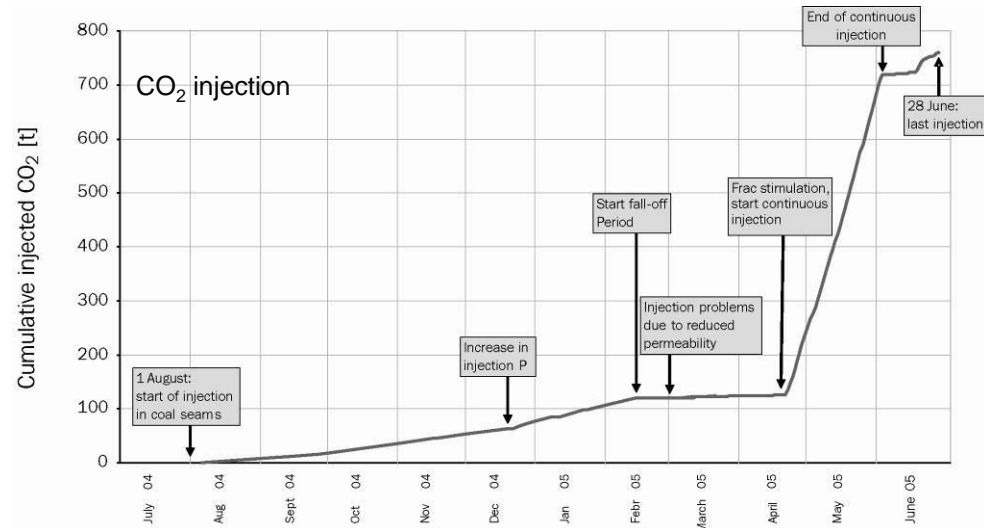
**TNO** innovation for life





# RECOPOL: результаты

- › **Закачивание у угольные пласты – непростая задача!**
- › **Уголь набухает и уменьшается его проницаемость**
- › **Хотя добыча газа увеличивается, дебит газа ниже, чем ожидаемый (возможно в связи с диффузией в органической составляющей пласта)**





- › **Ограниченное продолжение «испытаний первого поколения» после 2005**
  - › **Департамент энергетики финансировал испытания в США**
  - › **Программа бурения в Бразилии, в планах испытания по закачиванию**
  - › **Испытания по закачиванию в Китае 2010**
  - › **Другие?**
  
- › **Все проекты относительно небольшие, без тестирования новых идей и концепций**
  
- › **Однако теоретические/лабораторные исследования продолжились**

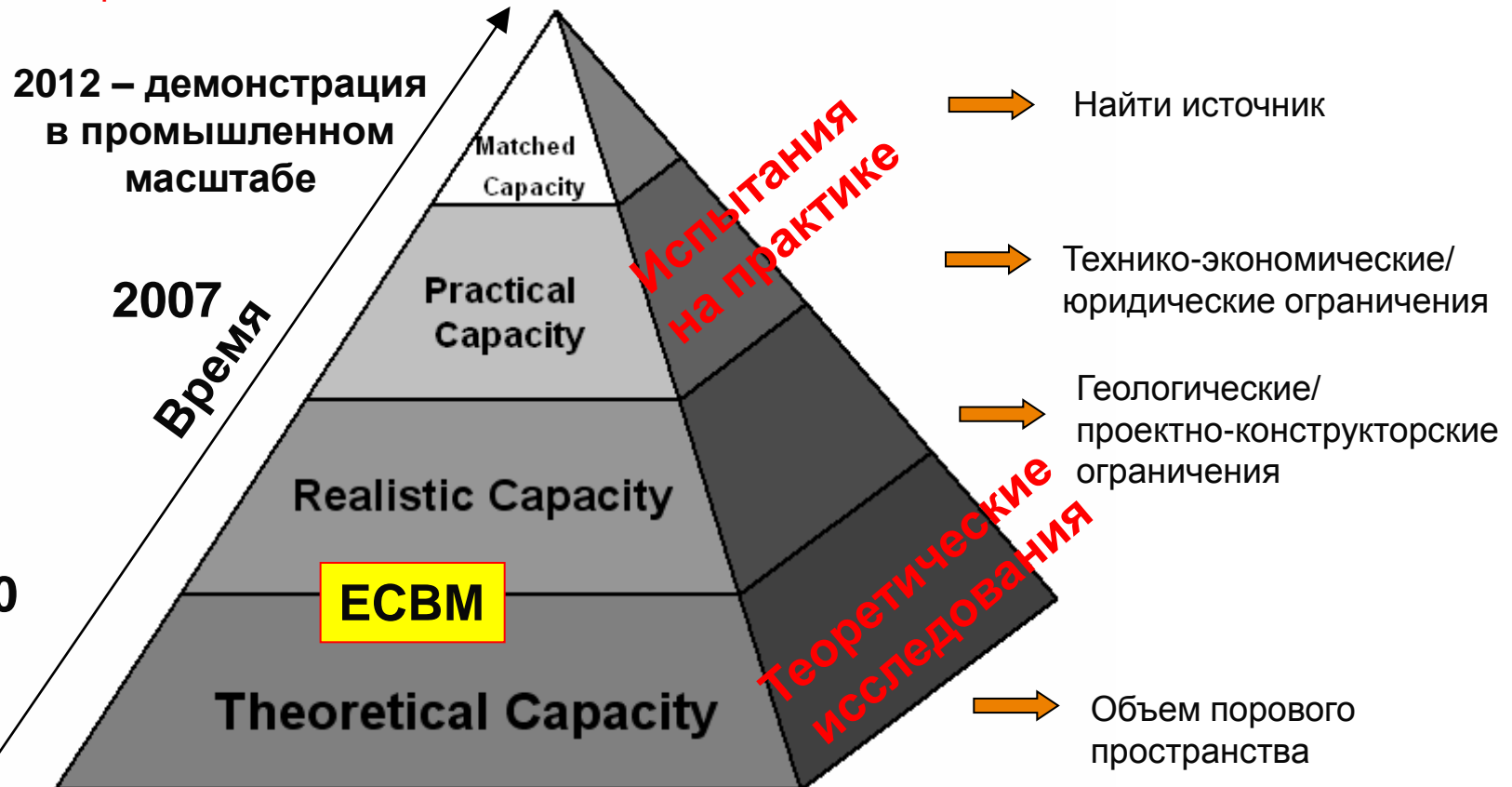




# ЕСВМ с точки зрения УХУ

- › Технология недостаточно установилась, чтобы контролировать факторы неопределенности
- › Несоответствие с целевыми сроками для внедрения УХУ (20/2020)

## Пирамида мощностей УХУ



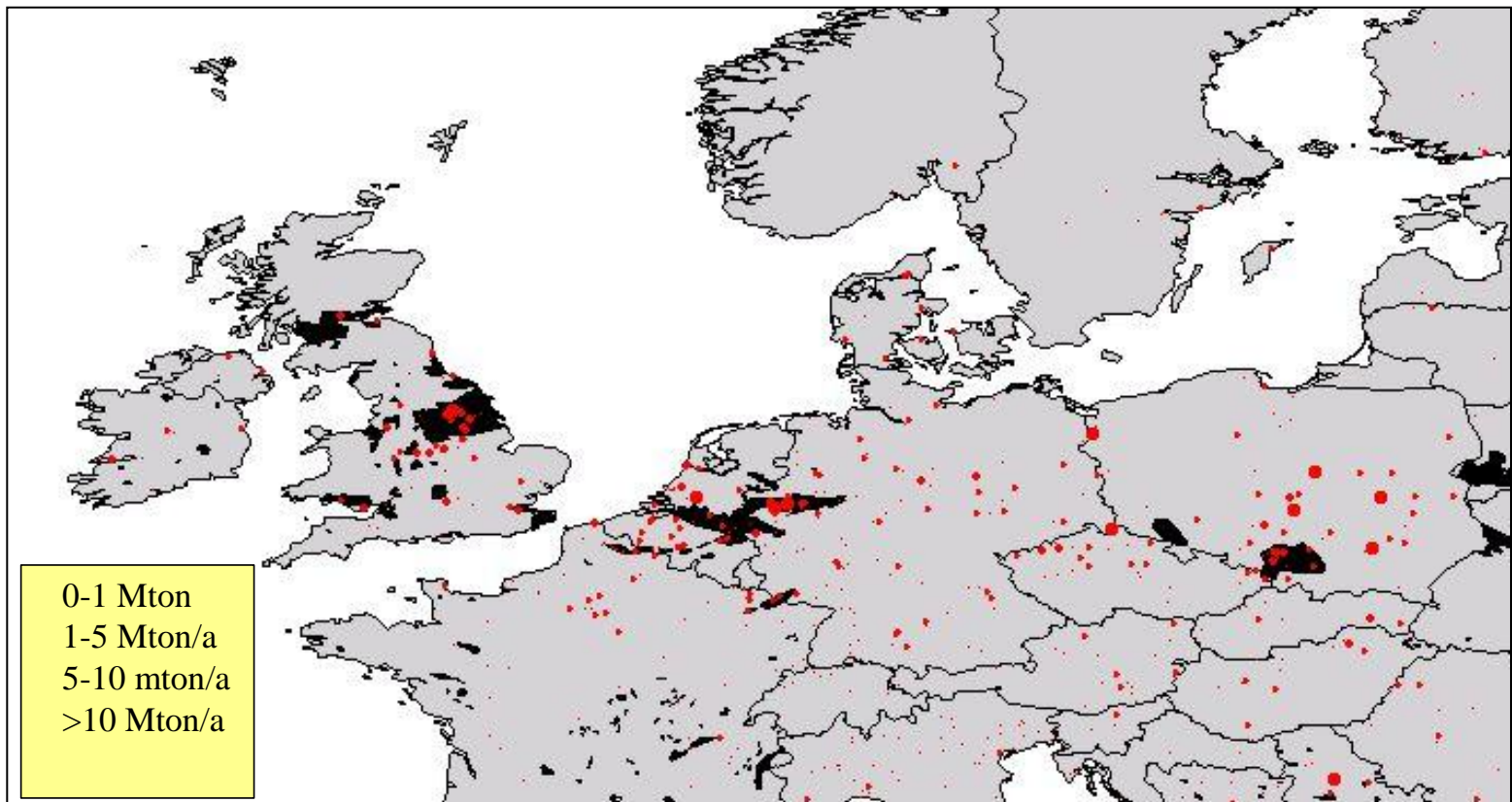


- › Общая емкость хранилищ будет ограничена в сравнении с другими вариантами
- › Сравнительно низкая проницаемости ограничивает возможности закачивания
  - › Возможно < 100 т/день на вертикальной скважине
  - › Необходимо относительно большое количество скважин
- › Определение для не подлежащего отработке угля – все еще предмет споров
  - › В общем не подлежащими отработке считаются пласты на глубине >1000 м, но это зависит от местонахождения



... но...

- › 1. **Существует необходимость в хранении CO<sub>2</sub> в угольных бассейнах с тяжелой промышленностью**
  - › Наличие крупных точечных источников CO<sub>2</sub> в угольных бассейнах при недостатке альтернативных вариантов хранения все еще привлекательно
  - › Альтернативы транспортировки на большие расстояния

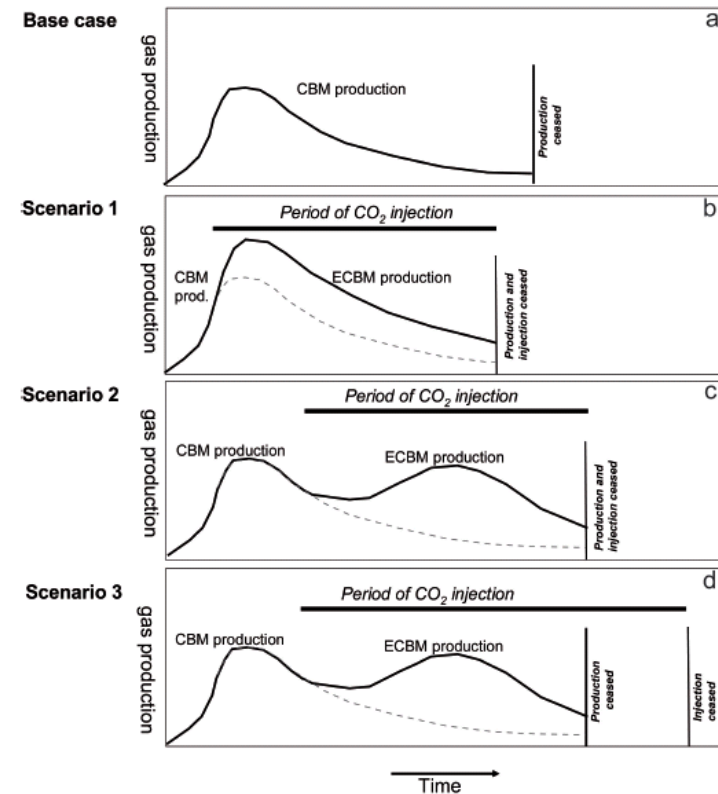




... NO...

## 2. Месторождения угольного метана быстро разрабатываются

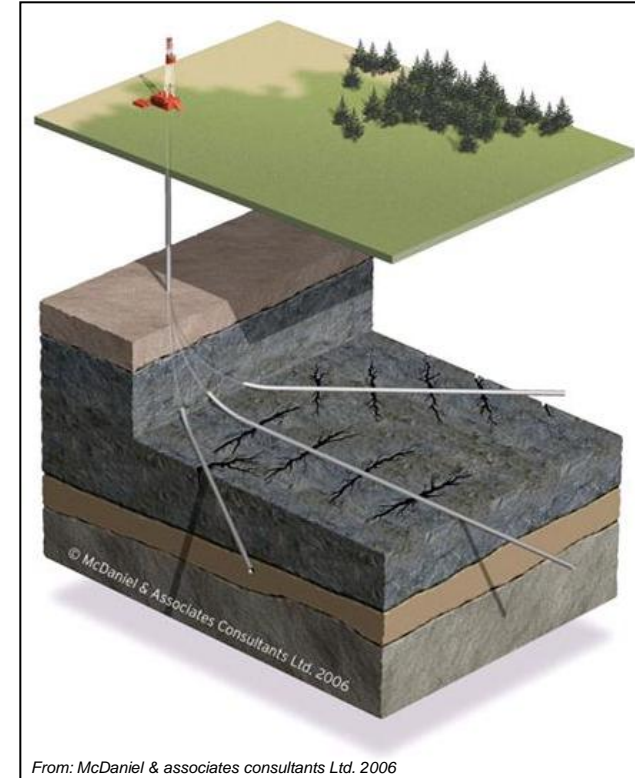
- ESBM как вторичная добыча
  - При существующих технологиях после добычи в пластах останется газ, являющийся ресурсом
  - Технологии ESBM могут применяться для добычи ресурсов с применением вторичных методов разработки месторождений





... НО...

- › 2. **Технологии стремительно развиваются**
  - › Горизонтальное бурение, также для впрыскивания



- › 4. **Продолжаются исследования, чтобы получить больше информации о том, как происходит процесс**



Вопросы?

[frank.vanbergen@tno.nl](mailto:frank.vanbergen@tno.nl)