

Улавливание и хранение углерода: Обзор технологий

18 мая 2011

Юхо Липпонен
Начальник департамента по вопросам
улавливания и хранения углерода
Международное энергетическое агентство

СОДЕРЖАНИЕ

1. Обзор технологий УХУ
2. Технологии улавливания
3. Транспортировка CO₂
4. Хранение CO₂
5. Текущие и запланированные проекты

УХУ – ЭТО ЦЕПОЧКА

УХУ – это цепочка / группа технологий и процессов, которые позволяют:

1. Улавливание CO_2 на крупных точечных источниках

Электростанции, сталелитейные, цементные, нефте- и газоперерабатывающие заводы



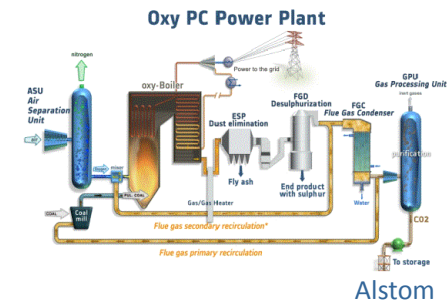
2. Его транспортировку

Грузовики, суда, трубопроводы



3. Хранение CO_2 в геологических формациях

Истощенные нефтяные и газовые месторождения, минерализованные водоносные пласты, повышение нефтеотдачи и извлечения угольного метана и т.д.



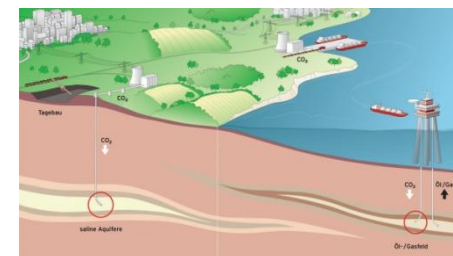
Alstom



Maersk

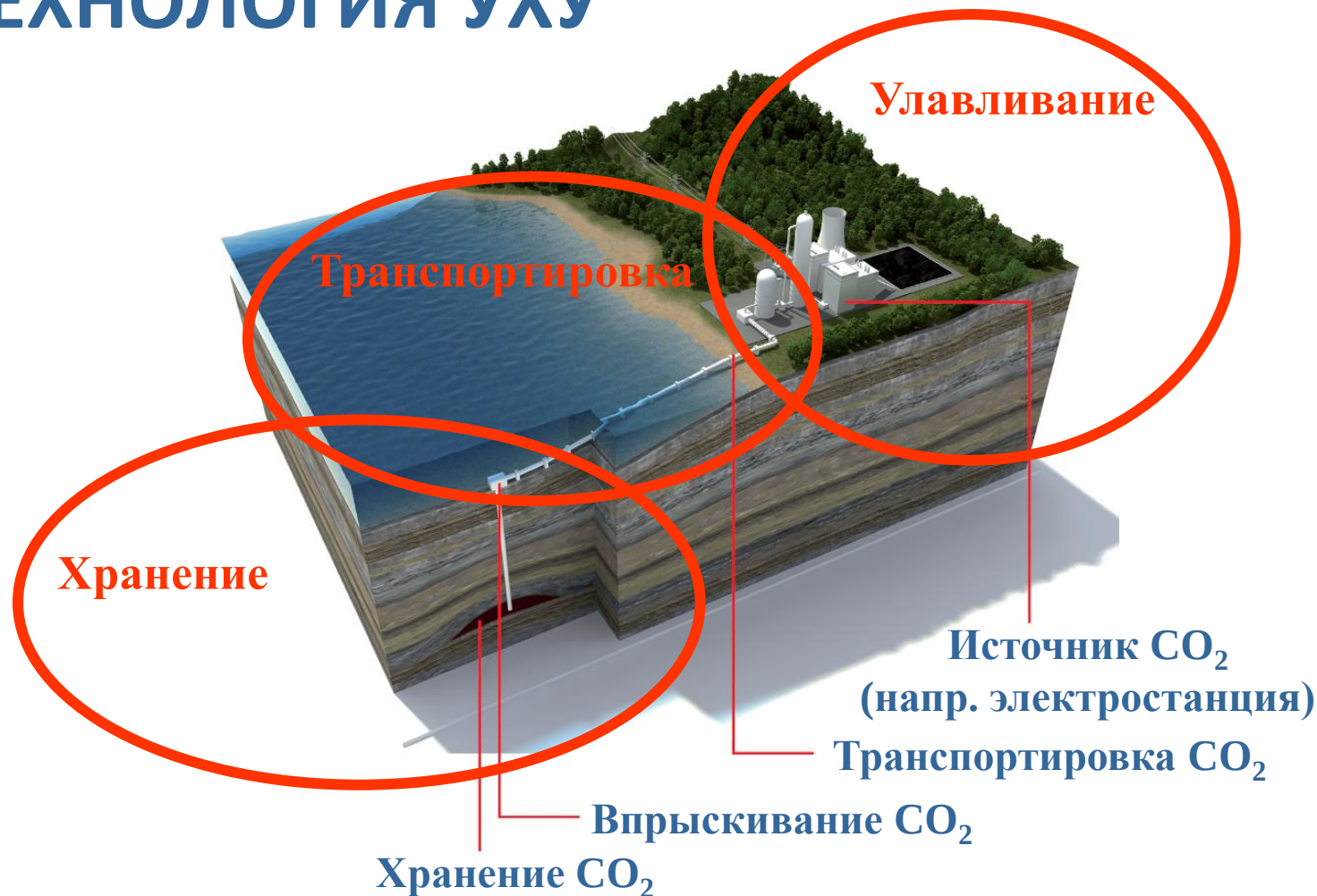


Gassco

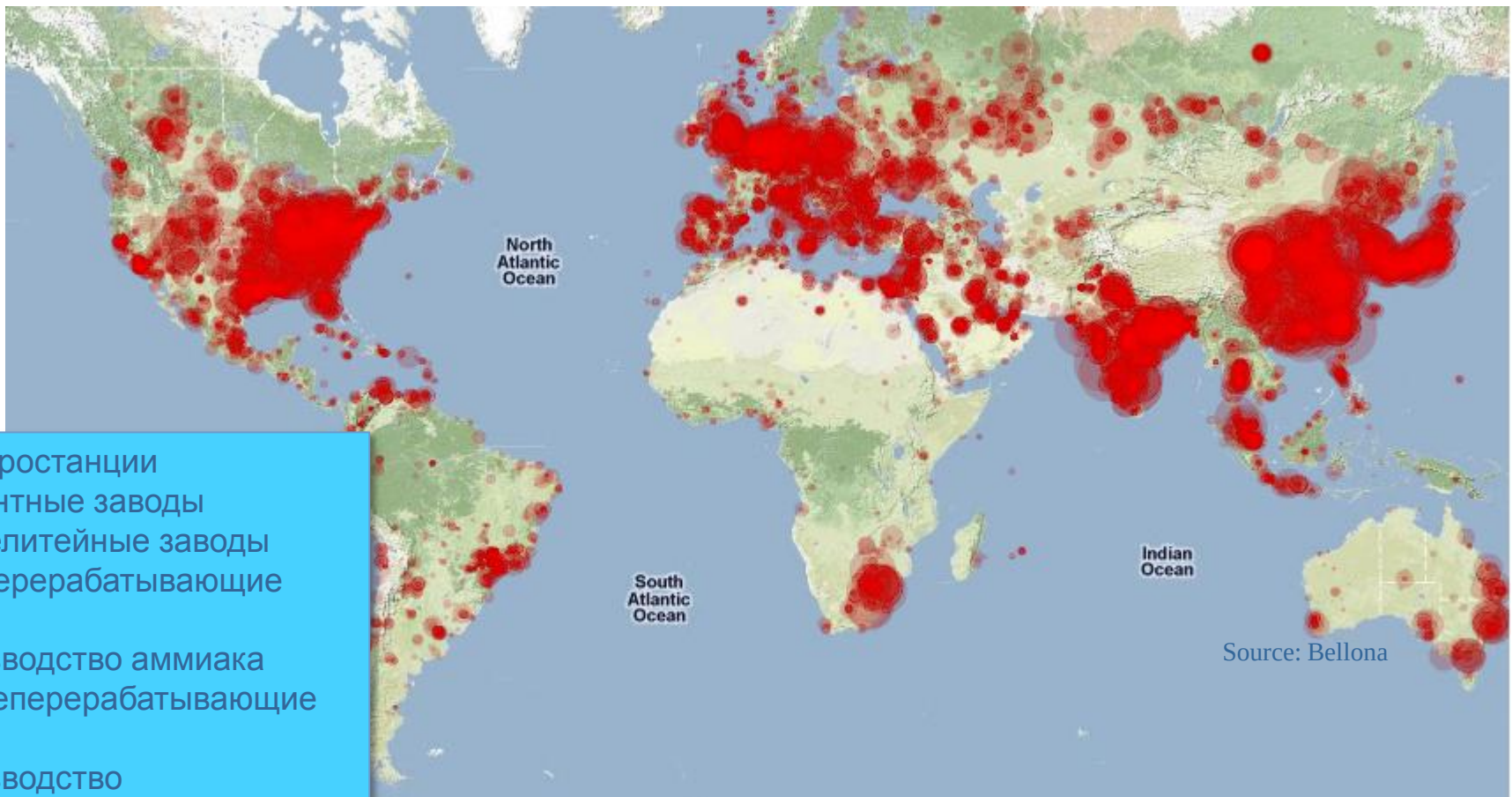


Vattenfall

ТЕХНОЛОГИЯ УХУ



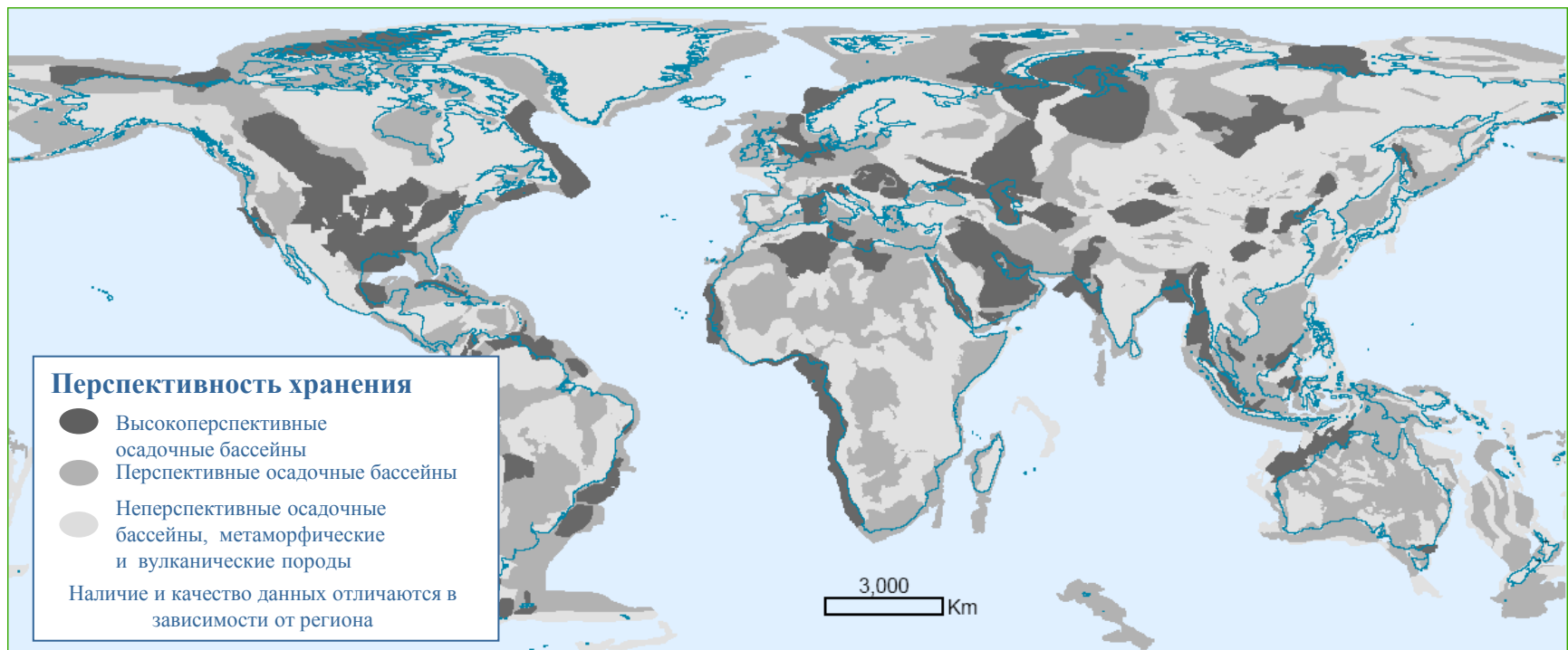
ПОДХОДЯЩИЕ ИСТОЧНИКИ CO₂



Source: Bellona

- Электростанции
- Цементные заводы
- Сталелитейные заводы
- Газоперерабатывающие заводы
- Производство аммиака
- Нефтеперерабатывающие заводы
- Производство H₂/синтетического топлива

ПОДХОДЯЩИЕ ХРАНИЛИЩА

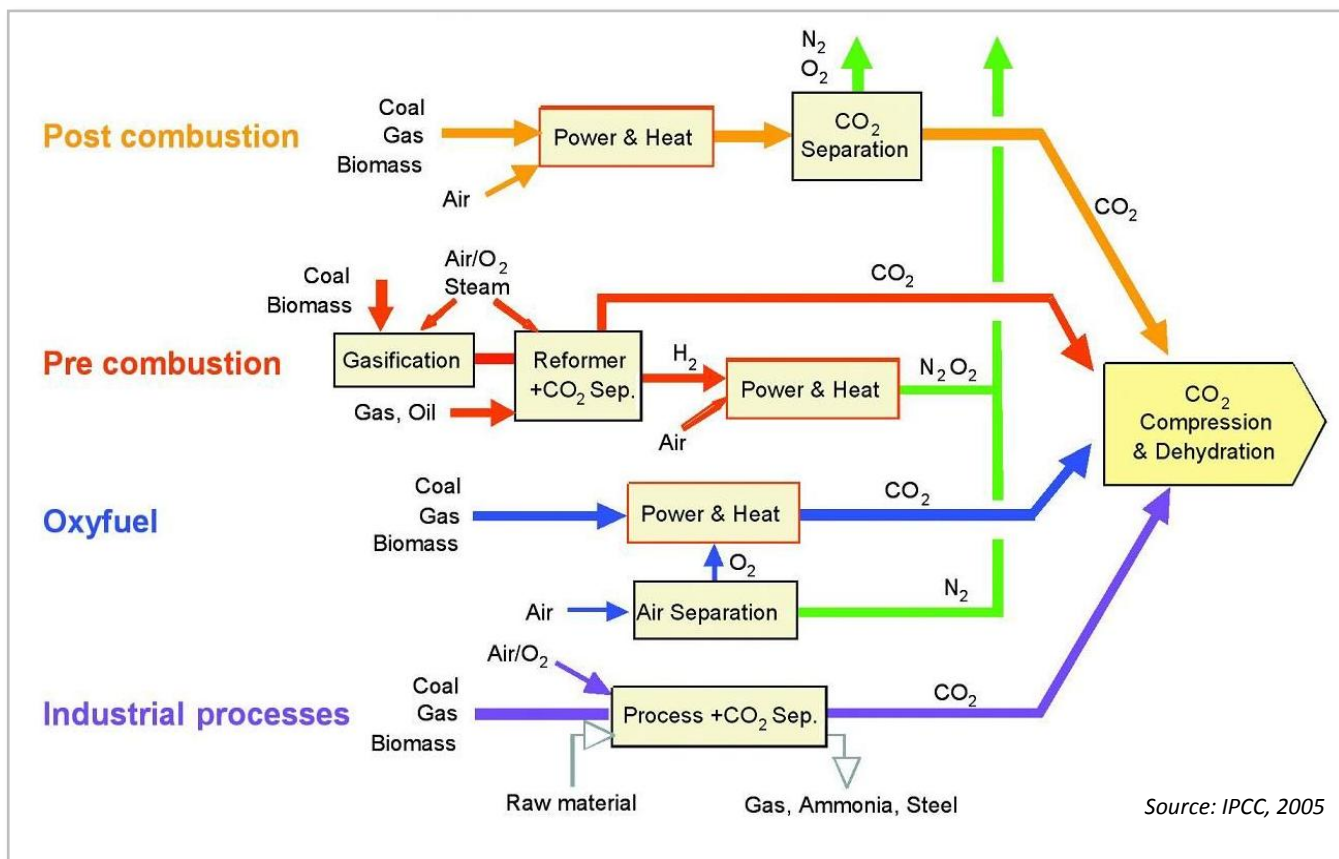


- Истощенные газовые/нефтяные месторождения
- соляные формации
- Повышение нефтеотдачи (EOR)
- Повышенное извлечение угольного метана (ECBM)

СОДЕРЖАНИЕ

1. Обзор технологий УХУ
2. **Технологии улавливания**
3. Транспортировка CO₂
4. Хранение CO₂
5. Текущие и запланированные проекты

Обзор процесса улавливания



Улавливание CO₂ после сжигания

Схема процесса



Демо-заводы



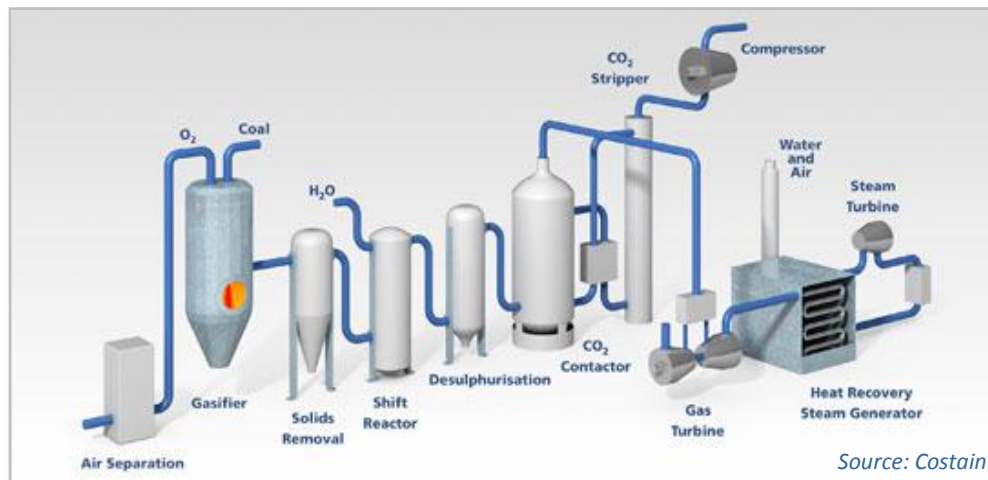
Example: 20 MWe Mountaineer demo project, US

Основные задачи и направления развития

- Увеличение масштабов улавливающего оборудования; доказать коммерческое применение на электростанциях
- Low-cost absorber designs
- Разработать растворители с меньшими потерями энергии и минимальным проникновением в окружающую среду

Улавливание CO₂ до сжигания

Схема процесса



Демо-заводы



Example: Planned pilot site at Buggenum, NL

Основные трудности и направления развития

- Доказать интеграцию комбинированного цикла с внутренней газификацией угля с технологиями улавливания CO₂ в промышленных масштабах
- Оптимизировать проект системы и доступность процессов
- Усовершенствование водородных газовых турбин

Сжигание обогащенного топлива

Схема процесса



Демо-заводы



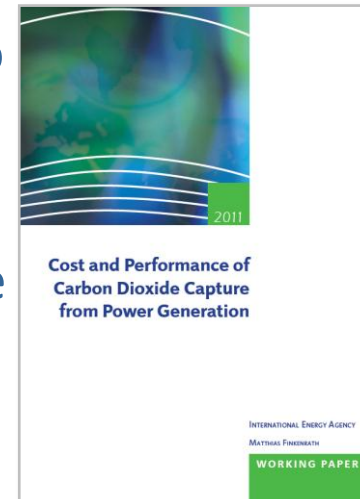
Example: 30 MWth Jämschwalde demo plant, Germany

Основные трудности и направления развития

- Сократить энергопотребление при разделении воздуха
- Долгосрочная устойчивость материалов котлов к остающимся от процесса сжигания веществам
- Оптимизировать систему сжигания обогащенного кислородом топлива

ПОСЛЕДНЕЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЭА

- Справочник по последним данным по стоимости и эффективности улавливания CO₂
- Улавливание CO₂ в электроэнергетике
- Всесторонний анализ на основе крупных проектно-конструкторских исследований



В свободном доступе на сайте

Ключевые результаты

Топливо (Вариант улавливания)	Уголь (до-, после-, окси-сжигание)	Газ (после сжигания)
Потеря эффективности (%)	10 (до сжигания vs. комбиниров. цикл: 8)	8
Рост кап. затрат по сравнению с отсутствием УХУ	74% (по сравнению с пылеугольными)	82%

Примечание: Средние значения для стран ОЭСР (затраты в Китае опочти во всех случаях меньше наполовину), капитальные затраты -единовременные

- Затраты в регионах сильно отличаются в зависимости от топлива и типа электростанции

УЛАВЛИВАНИЕ: РЕЗЮМЕ

- Разрабатывается ряд возможных вариантов улавливания:
 - После сжигания
 - До сжигания
 - Сжигание обогащенного кислородом топлива
- Для угольной электрогенерации нет более предпочтительного варианта
- Рост капитальных затрат примерно на 70-80% по сравнению с капитальными затратами электростанции без УХУ (отражает необходимость дополнительного оборудования)
- Затраты в регионах сильно отличаются в зависимости от топлива и типа электростанции

СОДЕРЖАНИЕ

1. Обзор технологий УХУ
2. Технологии улавливания
- 3. Транспортировка CO₂**
4. Хранение CO₂
5. Текущие и запланированные проекты

ТРАНСПОРТИРОВКА CO₂ (1): ТРУБОПРОВОДЫ

- CO₂ может транспортироваться в жидкой или газообразной форме, но основной вариант – сжатый газ, давление 10-80МПа
- Существует около 5600км трубопровода для CO₂ (в основном в США)
- На сегодня транспортируется около 50млн т CO₂ в год
- Существующая традиционная технология
- Основные вопросы: рентабельность трубопровода, получение разрешений, планирование
- Риски: возможность скопления в низменностях в случае прорыва; однако на сегодня отличные показатели по технике безопасности



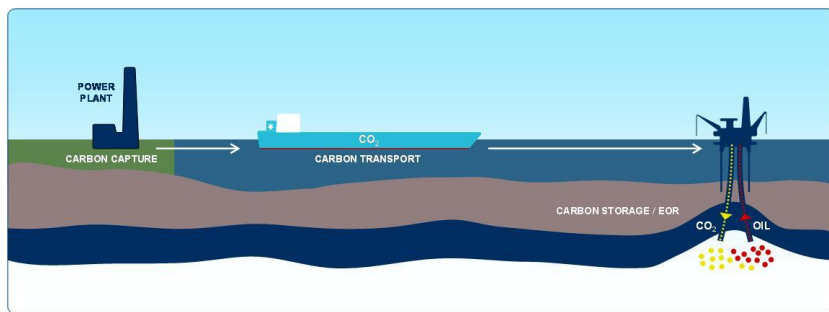
Gassco



Duke University

ТРАНСПОРТИРОВКА CO₂ (2): МОРСКИЕ ПЕРЕВОЗКИ

- CO₂ в жидкой или газообразной форме, основной вариант – в жидкой
- Текущий опыт: несколько судов для перевозки пищевых продуктов, нет крупного флота судов для перевозки CO₂
- Жидкий CO₂ только 1) при низких температурах и 2) под давлением значительно выше атмосферного → закрытые или полу-изотермические танкеры (-54°C, 6-7 бар)
- Технология похожа на перевозку СПГ
- Риски: как и с любыми морскими перевозками; удушающее действие в случае прорыва



Maersk



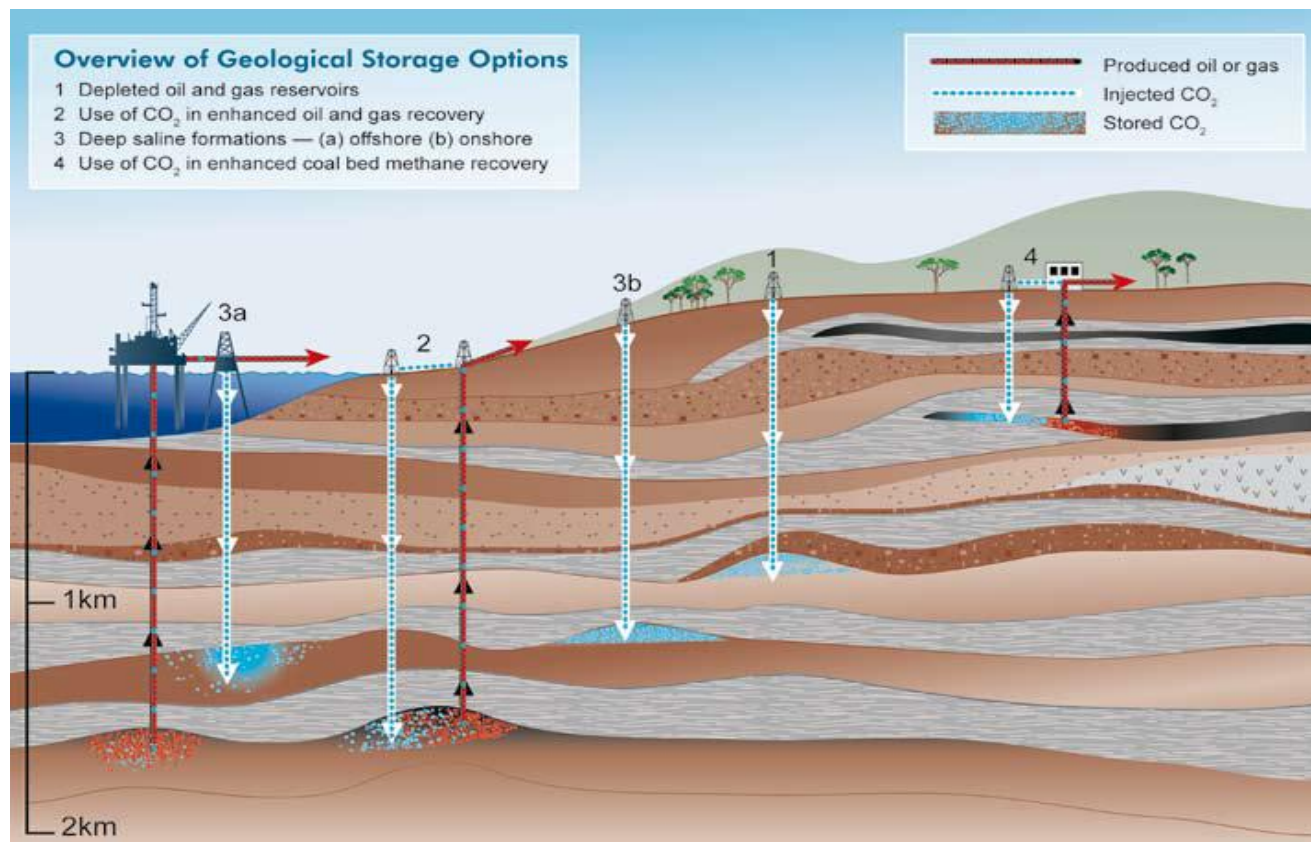
Arabian Oil & Gas

СОДЕРЖАНИЕ

1. Обзор технологий УХУ
2. Технологии улавливания
3. Транспортировка CO₂
4. **Хранение CO₂**
5. Текущие и запланированные проекты

Хранение CO₂ (1)

Варианты хранения CO₂ (Источник: IPCC)



- Множество вариантов хранения
- Повышенная нефтеотдача, глубокие соленосные формации, на истощенных нефтяных и газовых месторождениях

Хранение CO₂ (2)

Оценка ёмкости (млрд т CO₂) (Источник:GHG)

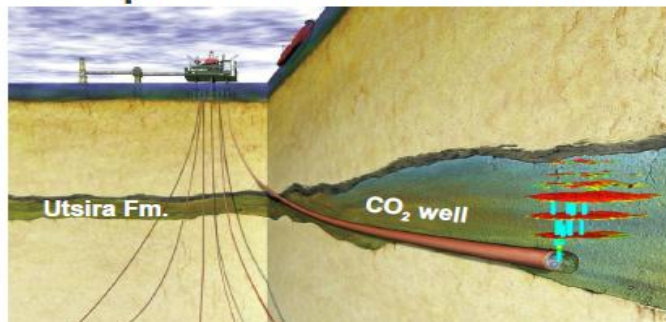
Тип хранилища	Мир (IPCC 2005)	Мир (IEA GHG)	США	Европа	Россия (IEA2008)
Глубокие соляные формации	1,000 – 10,000		3,300 – 13,000	90 – 330	2000
Истощенные газовые месторожд.	680 – 900	160	140	20 - 32	150-200
Повышение нефтеотдачи		65			

- Значительная неопределенность и разные методы оценки
- Стандадтизация оценки ёмкости хранилищ CO₂

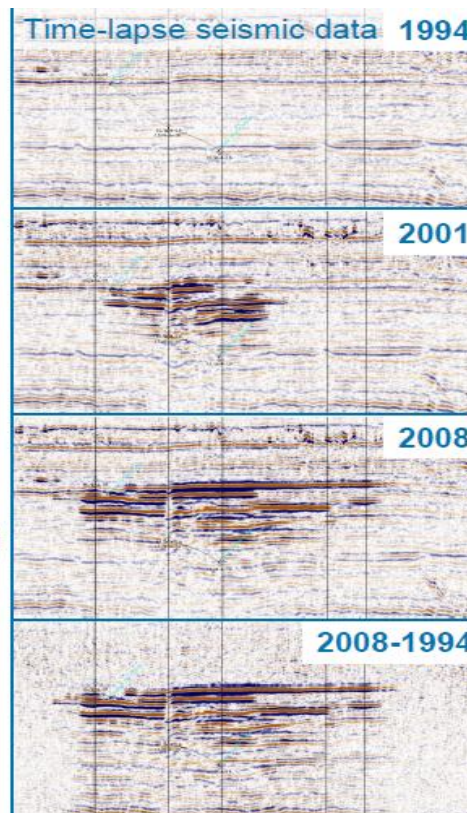
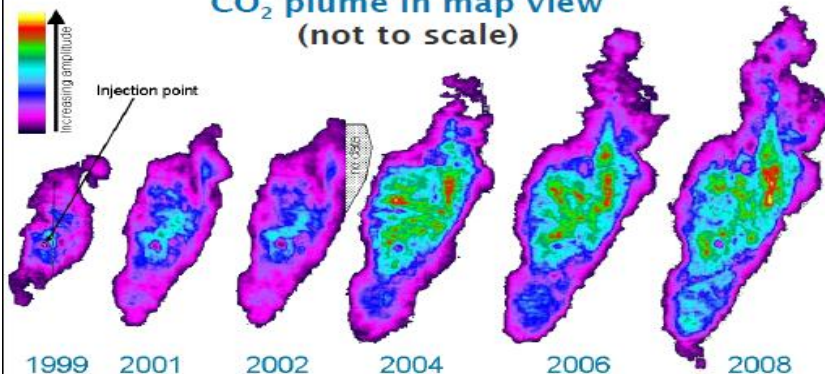
Хранение CO₂ (3)

Мониторинг: Сейсморазведка (Источник: STATOIL)

Sleipner: An Overview



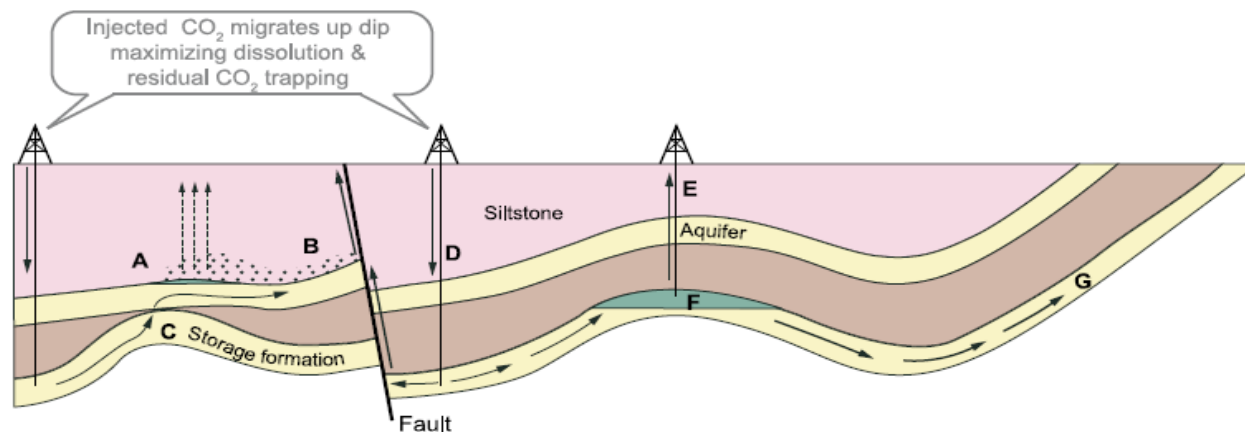
CO₂ plume in map view (not to scale)



- Различные методы мониторинга
- Руководство по мониторингу хранилищ на основе передового опыта

Хранение CO₂ (4)

Возможный механизм утечек (Источник: IPCC)



Potential Escape Mechanisms

A. CO ₂ gas pressure exceeds capillary pressure & passes through siltstone	B. Free CO ₂ leaks from A into upper aquifer up fault	C. CO ₂ escapes through 'gap' in cap rock into higher aquifer	D. Injected CO ₂ migrates up dip, increases reservoir pressure & permeability of fault	E. CO ₂ escapes via poorly plugged old abandoned well	F. Natural flow dissolves CO ₂ at CO ₂ / water interface & transports it out of closure	G. Dissolved CO ₂ escapes to atmosphere or ocean
--	---	---	--	---	--	--

Remedial Measures

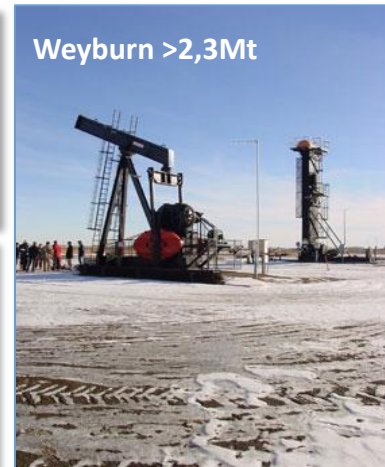
A. Extract & purify ground-water	B. Extract & purify ground-water	C. Remove CO ₂ & reinject elsewhere	D. Lower injection rates or pressures	E. Re-plug well with cement	F. Intercept & reinject CO ₂	G. Intercept & reinject CO ₂
---	---	---	--	------------------------------------	--	--

- Различные механизмы утечек
- Разработка норм безопасности и критериев

СОДЕРЖАНИЕ

1. Обзор технологий УХУ
2. Технологии улавливания
3. Транспортировка CO₂
4. Хранение CO₂
5. Текущие и запланированные проекты

ТЕКУЩИЕ И ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ ПРОЕКТЫ (1)

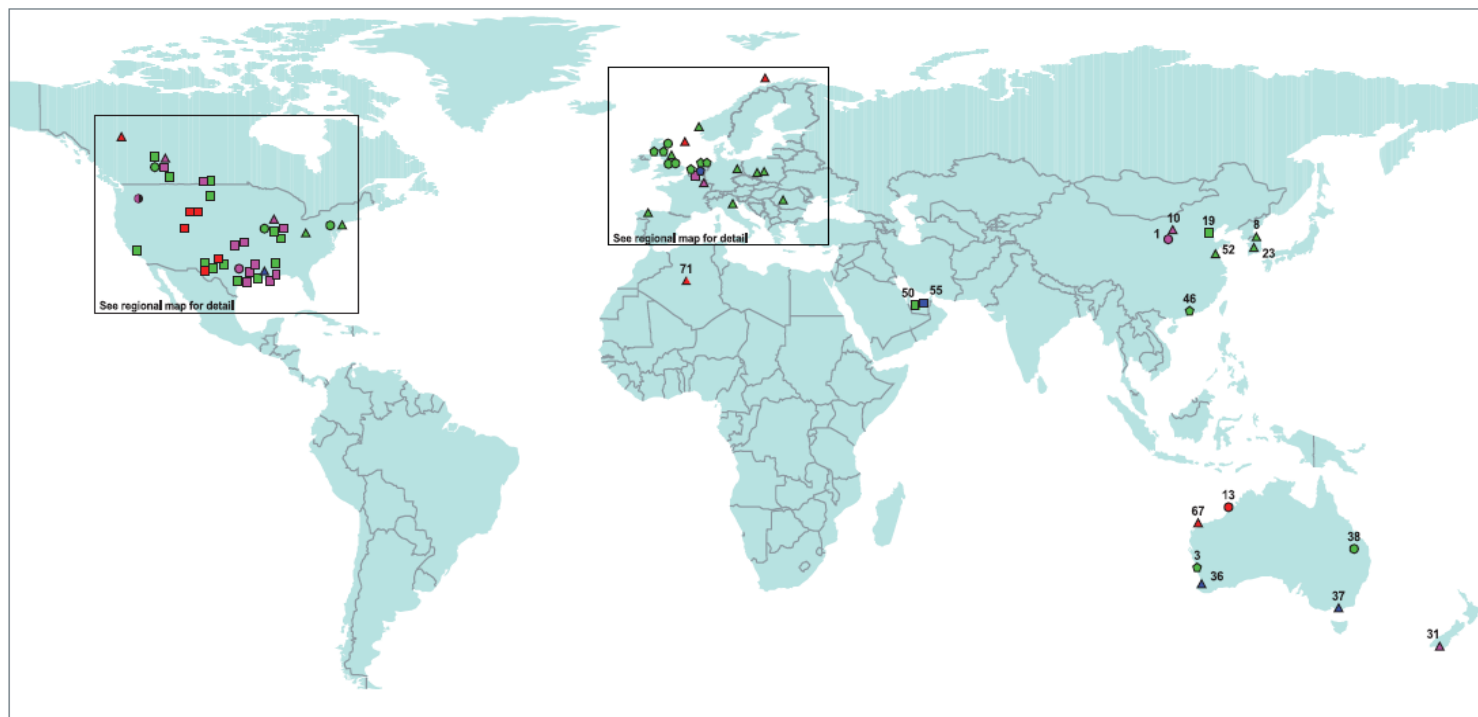


*На пяти крупномасштабных
проектах сегодня захоранивается
>5млн тонн CO₂ в год*

ТЕКУЩИЕ И ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ ПРОЕКТЫ (1)

Еще 72 интегрированных крупномасштабных проекта на разных стадиях развития

CARBON CAPTURE AND STORAGE



LSIPs: Global

Industry sector

- Power generation
- Gas processing
- Multiple capture facilities
- Other industry

Storage type

- EOR (Enhanced oil recovery)
- ▲ Deep saline formations
- Depleted oil and gas reservoirs
- Deep basalt formations
- Various/not specified

Источник: