



EUROPEAN CARBON DIOXIDE NETWORK ЕВРОПЕЙСКАЯ СЕТЬ ПО ДИОКСИДУ УГЛЕРОДА

Для поддержки безопасной, защищенной, устойчивой, благоприятной для климата энергии в Европе

«Возвращение в недра Земли» – решение проблемы изменения климата

Нефть, уголь и газ извлекаются из Земли для того, чтобы обеспечить нас энергией. При сжигании этого ископаемого топлива и высвобождении его энергии вырабатывается нежелательная двуокись углерода, которая влияет на глобальный климат. Эту двуокись углерода можно улавливать, доставлять ее в земную кору и удерживать там, что существенно уменьшит выход парниковых газов, поможет замедлить изменение климата и что является ключевым элементом в переходе к обеспечению устойчивой энергии.

Зачем улавливать и хранить CO₂ ?

Влияние деятельности людей на климат становится все очевиднее. Выбросы двуокиси углерода (CO₂) в атмосферу, в результате постоянно увеличивающегося использования ископаемого топлива, наблюдается во всем мире. Большинство ученых считают, что выбросы CO₂ должны быть снижены повсеместно более чем на 50% для того, чтобы стабилизировать содержание CO₂ в атмосфере и тем самым смягчить воздействия на изменение климата. Как первый шаг в этом направлении в 1997 году был принят Киотский протокол для снижения выбросов к 2012 году до уровня ниже 1990 года. Необходимые снижения могут быть реализованы с помощью следующих мер:

- улучшения эффективности энергии и снижения ее потребления;
- использования возобновляемых энергетических источников (таких, как энергия ветра и солнечная энергия);
- улавливания и хранения производимого сейчас CO₂.

Становится понятно, что объединенный эффект энергопроизводительности увеличивается, однако возобновляемые источники энергии не могут пока обеспечить необходимого уменьшения выбросов. Третья же мера, улавливание и хранение CO₂ (УХУ), может помочь в ограничении глобального изменения климата. Идея возвращения CO₂ в недра Земли не нова. Во многих странах естественные хранилища CO₂ существовали в геологических образованиях миллионы лет. Мир зависит от ископаемого топлива, а изменения в нашей энергетической системе потребуют годы и не смогут произойти мгновенно. УХУ поддержит постепенный переход от источников энергии, основанных на ископаемом топливе, в сторону разнообразной системы, которая минимизирует воздействие на глобальное изменение климата. В этот переходный период наша нынешняя система снабжения энергией, по большей части, останется прежней, однако новые инфраструктуры, такие, как электростанции и большие промышленные предприятия, будут оборудованы улавливающим оборудованием и трубопроводом к местам хранения.

Что такое улавливание и хранение CO₂ (УХУ)?

Все ископаемое топливо содержит углерод. При сжигании топлива этот углерод реагирует с кислородом в воздухе, образуя CO₂. Удаляя углерод до или после процесса сжигания, например на электростанциях, предотвращается выброс CO₂ в атмосферу. Результат – запас углекислого газа, который в последствии может быть транспортирован в подходящий подземный резервуар для хранения. Резервуаром может служить „пустое“ (выработанное) нефтяное или газовое месторождение, угольная шахта или водоносный горизонт.

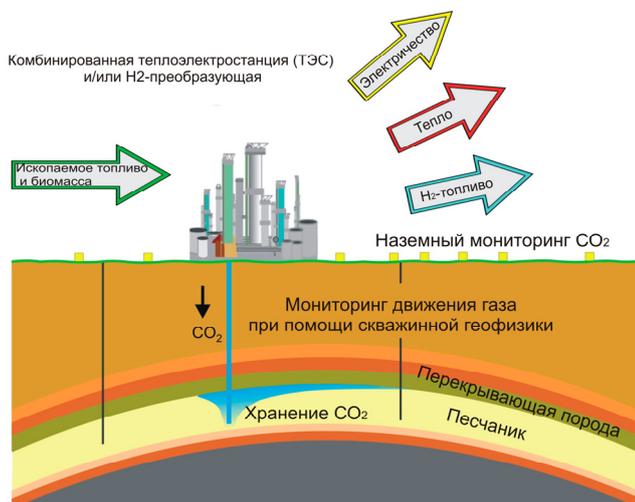
Как и где мы можем улавливать CO₂ ?

Приблизительно 60% эмиссий CO₂ происходит из крупных стационарных источников, таких, как электростанции, очистительные заводы, заводы по обработке газа и промышленные предприятия. В большинстве этих процессов дымовые газы содержат разбавленный CO₂ (5–15%). Можно отделить CO₂, содержащийся в дымовых газах, от других газов, получая при этом пар, который содержит более 90% CO₂. Другой способ – удалить углерод до сжигания, как в случае, когда водород и CO₂ производятся из природного газа (CH₄). Улавливание CO₂ – хорошо известная технология в разных промышленных секторах, где CO₂ уже отделяют от других газов. В настоящее время получаемый CO₂ либо сразу продается, либо производится его дополнительная очистка для получения высокочистого CO₂ для соответствующих рыночных потребностей, таких, как индустрия напитков. Хотя некоторые подходящие



Установка по улавливанию CO₂ (АББ Луммус Крест)

технологии уже существуют, улавливание CO₂ еще не оптимизировано для крупномасштабного применения на электростанциях. Во многих странах мира проводятся широкие исследования для изучения новых, многообещающих концепций и для улучшения существующих технологий с целью уменьшения стоимости и энергетических затрат при улавливании. Одновременно планируются и испытания на электростанциях для подтверждения этих новых технологий на коммерческой основе.



Концепция комбинированной теплоэлектростанции, производящей электричество, тепло, водород и улавливающей CO₂ с последующим его хранением в недрах Земли (проект CO₂СИНК, GFZ, Потсдам, 2004)

Где нам его хранить?

После улавливания CO₂ можно либо хранить, либо использовать вновь (например, как ресурс для производства прохладительных напитков или в парниках, помогая росту растений). Поскольку рынок повторного использования CO₂ на данный момент ограничен, большинство выделенного CO₂ требует хранения. CO₂ может храниться в геологических образованиях (включая выработанные нефтяные и газовые резервуары, глубокие соленые водоносные горизонты и непромышленные угольные шахты). CO₂ может быть также зафиксирован в форме минералов. Геологические образования предоставляют прекрасные возможности для хранения (см. таблицу ниже). Несмотря на широкий спектр вместимости для захоронения, можно прийти к выводу, что вместимости достаточно, чтобы хранить произведенные во всем мире человеком эмиссии CO₂ еще десятки, а то и сотни тысяч лет.

Нефтяные и газовые резервуары, которые в целом были хорошо изучены, считаются безопасными резервуарами для хранения CO₂, поскольку они содержали нефть, газ и зачастую CO₂ миллионы лет. Закачивание CO₂ в некоторые из этих резервуаров позволяет возобновить дальнейшее производство нефти/газа, оставшегося в резервуарах. Прибыль от дополнительной нефти/газа может быть использована для покрытия стоимости хранения CO₂. В США уже на протяжении нескольких лет использовали этот процесс не с целью хранения CO₂, но для увеличения добычи нефти (повышенное извлечение нефти/газа (ПИН/ПИГ)). В Канаде закачивание кислотного газа

МИРОВАЯ ЕМКОСТЬ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ХРАНЕНИЯ CO₂

(Гт – гигатонны)*

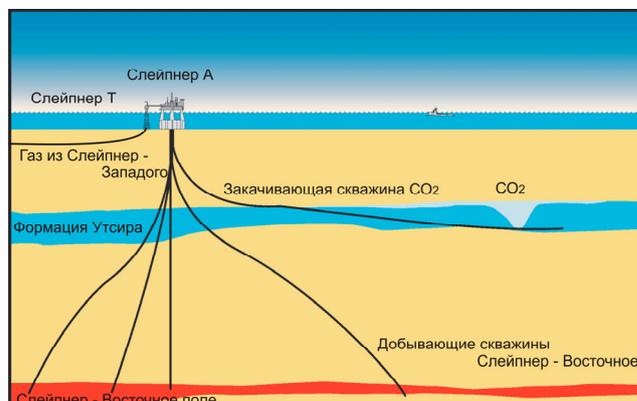
Возможность	Вместимость в Гт
Глубокие соленые водоносные горизонты	400–10 000
Выработанные нефтегазовые резервуары	930
Угольные слои	30
Мировые выбросы CO ₂	25 Гт CO ₂ в год

Источник: IEA-GHG, 2004

(остаточный продукт переработки природного газа, состоящего в основном из CO₂ и H₂S) в нефтяные/газовые поля и глубокие соленые водоносные горизонты практикуется много лет.

Глубокие соленые водоносные горизонты – подземные формации, обычно песчаники, содержащие соленую воду. Эти формации, имеющие громадный потенциал для хранения, присутствующие в большинстве стран, зачастую находятся близко к промышленным источникам CO₂, обычно очень велики и потому имеют огромную вместимость для хранения CO₂. Закачивание CO₂ в эти формации схоже с закачиванием в нефтяные и газовые поля. Норвежский проект Слейпнер, первый коммерческий проект в мире по хранению CO₂, где ежегодно приблизительно один миллион тон CO₂ закачивается в водоносный горизонт под Северным морем, демонстрирует, что CO₂ можно эффективно хранить в больших количествах.

В подземных угольных слоях, если они слишком тонкие или слишком глубокие, иногда невозможно производить добычу. К тому же они содержат определенное количество метана. Во время закачивания CO₂ в угольный пласт было отмечено, что CO₂ «прилипает» к углю лучше, чем метан, поэтому он высвобождает метан. Это значит, что угольный пласт становится источником природного газа, который может быть продан для покрытия стоимости хранения CO₂. Угольные пласты содержали метан миллионы лет, поэтому вполне возможно, что они удержат CO₂, по крайней мере, еще тысячи лет. Технология хранения



Проект Слейпнер: 1 миллион тонн CO₂ ежегодно закачивается для хранения в водоносный горизонт под Северным морем (Статойл).

проходит испытания в Европейском проекте РЕКОПОЛ, с полевыми испытаниями в Польше.

Какова цена улавливания, транспортировки и хранения CO₂?

Улавливание CO₂ на электростанциях потребует дополнительной энергии, поэтому цена электроэнергии увеличится. Увеличение зависит от вида электростанции (угольная, газовая) и от стоимости топлива. Различные исследования, среди прочих программы Международного Агентства по энергетике «Парниковый Газ И&Р», установили, что улавливание CO₂ увеличивает затраты на 1,3–3 евроцента за киловатт. По-другому это можно выразить в контексте избегаемых эмиссий CO₂. Улавливание CO₂ в настоящее время стоит 25–60 евро за тонну CO₂. Ожидается, что продолжающиеся исследования сократят эту стоимость в два раза.

Транспортные расходы довольно скромны: транспортировка CO₂ более чем на 100 км по трубопроводу будет стоить от одного до четырех евро за тонну CO₂.

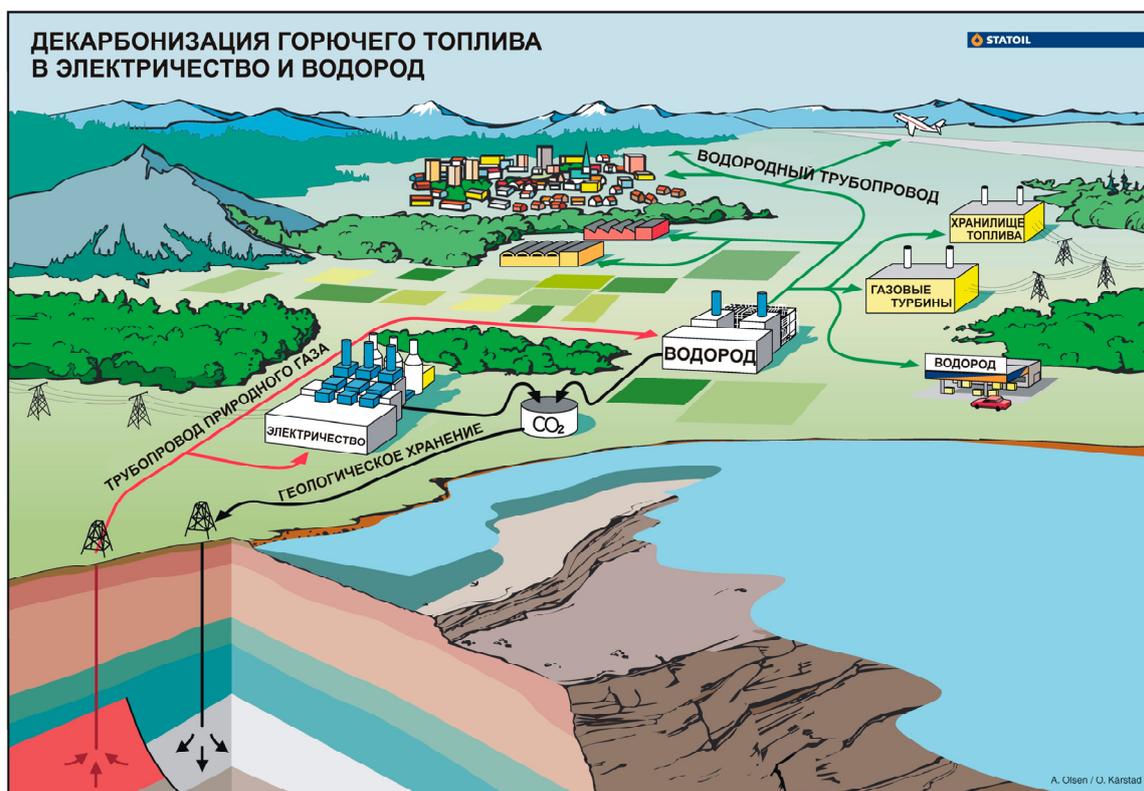
Стоимость хранения в значительной степени зависит от типа резервуара, в который производится закачивание. В водоносных горизонтах и в выработанных нефтяных и газовых полях цены варьируют от 10 до 20 евро за тонну CO₂. Если во время закачивания CO₂ добывается дополнительная нефть или газ, стоимость может быть менее нуля евро за тонну CO₂. Другими словами, преимущества здесь явно компенсируют затраты, превращая данный вариант в выгодный.



CO₂-провод США – Канада

Каковы риски при улавливании и хранении углерода?

Естественно, существуют риски, сопряженные с улавливанием и хранением CO₂. Вопрос в том, приемлемы ли риски улавливания и хранения CO₂ и сравнимы ли они с альтернативными смягчающими CO₂ вариантами? Основные риски возникают при транспортировке и хранении CO₂.



Возможная ситуация в будущем: ископаемое топливо вырабатывает электричество и водород, а CO₂ улавливается и отправляется на хранение (Статойл)

Место для хранения должно быть выбрано вдали от сейсмически опасных зон, для обеспечения стабильности пород.

В США существует обширная инфраструктура трубопроводов CO₂ (3100 км). В документации упоминается 10 инцидентов с 1990 по 2001 год без каких-либо травм и фатальных случаев. Хотя инцидент в принципе может произойти при широкомасштабной транспортировке CO₂, последствия могут быть сведены до минимума мерами предосторожности и вряд ли будут значительнее, чем риски неудач в трубопроводах природного газа, существующие во многих Европейских странах. Более того, поскольку CO₂ не взрывоопасен и не воспламеняем, в отличие от природного газа, последствия в случае утечки ожидаются менее значительные, чем в случае с природным газом.

Основной риск, связанный с хранением на месте закачивания CO₂, связан с обрушением в скважине, которое может привести к выбросу CO₂, который, в свою очередь, переместится выше. Возможность внезапного выброса хранящегося в подземном резервуаре CO₂ ничтожно мала и сравнима с выбросом природного газа из газовой скважины, что случается очень редко.

Исследования, проводящиеся во многих институтах по всему миру, охватывают следующие темы, относящиеся к рискам:

- Детальное изучение физических и химических процессов в резервуарах.
- Выбор подходящего места с учетом анализа сейсмической активности.
- Методы предсказания поведения CO₂ в долгосрочной перспективе.
- Мониторинг и методики контроля.
- Метод оценки рисков и процедуры управления рисками.
- Лучшие практики и нормы.
- Целостность скважины.

Стимулы

Для привлечения больших инвестиций энергетических компаний и промышленности к этой дополнительной технологии по улавливанию и хранению CO₂ необходимы определенные стимулы и осведомленность рынка. Следовательно, должна быть установлена стоимость на углерод в форме налога или торговой системы.

В торговой системе рынок CO₂ создается путем установления максимального предела на страну и предоставления разрешения (так называемые углеродные кредиты) производителям CO₂. Торговая система Европейского Союза по выбросам конкретно

включает использование улавливания и хранения углерода (решение ЕС от 29 января 2004), чтобы позволить подключить эту технологию к другим низкоэмиссионным энергетическим источникам и удостовериться в том, что Европа имеет безопасный и возобновляемый источник энергии на обозримое будущее.

Если улавливание и хранение CO₂ разрабатывается с уклоном на снижение цен к 20 евро за тонну CO₂, а геологическое хранение CO₂, как доказано, – безопасная, жизнеспособная и смягчающая парниковый эффект методика, то технология может быть коммерчески представлена в течение десятилетия, обеспечивая запуск в действие также и других финансовых и регулирующих режимов.

Дальнейшая информация:

www.co2net.com: CO₂NET Европейская тематическая сеть, устроенная с целью обучения и предоставления информации для лиц, определяющих политику и владельцев акций

Следующий сайт предоставляет детальную информацию о технологиях и проектах:
www.co2captureandstorage.info.

www.ieagreen.org.uk: Программа по парниковым газам Международного Европейского Агенства – международное сотрудничество, которое ставит своей целью, оценивая технологии, распространять результаты и определять цели для исследований по УХУ

www.co2captureproject.org: Проект по улавливанию углерода - международный проект, финансируемый восемью крупнейшими мировыми ведущими энергетическими компаниями

www.cslforum.org: Форум ведущих по удалению углерода – международная инициатива на государственном уровне, посвященная изменению климата

www.ipcc.ch: Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) издала специальный доклад по УХУ в 2006-м г.

www.climnet.org/CTAP: СДК, Сеть действий по климату неправительственных организаций по окружающей среде содержит специальный семинар по УХУ.

Эта брошюра написана при поддержке Европейской комиссии в рамках проекта CO₂NET Утрехтским Центром по исследованиям в области энергетики при участии многих членов CO₂NET. Эта версия является частью деятельности проекта CO₂NETEAST, являющегося координационной акцией, финансируемой 6-й рамочной программой для исследований, технологического развития и демонстрационной деятельности. Проект также поддерживается следующими спонсорами: компаниями Shell International Renewables, Statoil, Norsk Hydro Produksjon, Schlumberger, Carbon Services, ALSTOM Power, Total ja Vattenfall.

Брошюра переведена на русский язык М. Шогеновым и А. Шогеновой*, оформление графики и дизайн – К. Шогенова* (*Институт геологии, Таллиннский Технический Университет /ТТУ/), Эстония, 19086 Таллинн, Эхитаяте тее 5, www.gi.ee/co2net-east/r/). Редактор – А. Андриевская (Издательство ТТУ, Сютисте тее 21, 13419 Таллинн).