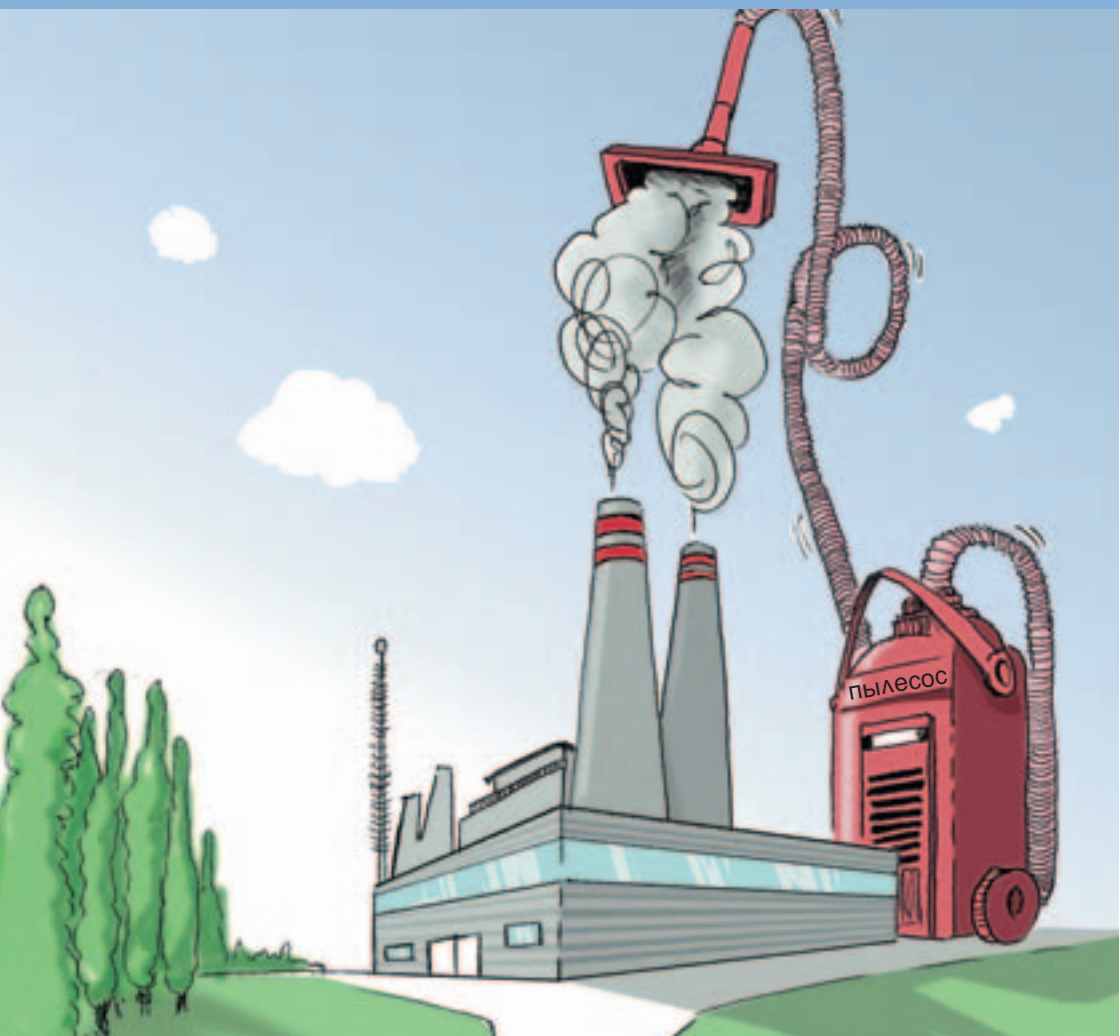




**Может ли хранение двуокиси углерода содействовать сокращению выбросов парниковых газов?**



► Упрощенное руководство к Специальному докладу МГЭИК по улавливанию и хранению двуокиси углерода



## Кратко о МГЭИК

Межправительственная группа экспертов по изменению климата была учреждена в 1988 году Всемирной метеорологической организацией (ВМО) и Программой ООН по окружающей среде (ЮНЕП). МГЭИК не проводит новых исследований. Вместо этого на нее возложена задача по проведению стратегических оценок существующей в мире литературы по научным, техническим и социально-экономическим аспектам изменения климата. Большая часть этой специальной литературы была опубликована в печатных изданиях, которые проходят научную рецензию.

МГЭИК подготовила целый ряд докладов об оценке, специальных докладов, документов технического характера и методологий, ставших образцовым справочным материалом для лиц, принимающих решения в области изменения климата, специалистов и студентов. Межправительственная группа состоит из трех Рабочих групп: Рабочая группа I занимается научными аспектами климатической системы; Рабочая группа II – вопросами воздействия, уязвимости и адаптации; и Группа III – вопросами смягчения последствий – термин, употребляемый для описания человеческого вмешательства, призванного сократить выбросы парниковых газов.

Первый доклад МГЭИК об оценке был завершен в 1990 году и содействовал налаживанию межправительственного диалога, который привел к принятию в 1992 году Рамочной конвенции об изменении климата. Ее второй доклад об оценке был опубликован в 1996 году и сыграл свою роль в переговорах по Киотскому протоколу. Третий доклад об оценке, опубликованный в 2001 году, был преимущественно посвящен новым результатам исследований, полученным после 1995 года, и сосредоточен на анализе имеющейся информации об изменении климата на региональном уровне. Четвертый доклад об оценке будет завершен в 2007 году.

Опубликовано Отделом природоохранных конвенций Программы Организации Объединенных Наций по окружающей среде в апреле 2006 года. Дополнительные экземпляры руководства можно получить по следующему адресу: UNEP, Information Unit for Conventions, International Environment House, 15 chemin des Anemones, CH-1219 Chatelaine (Geneva), Switzerland; эл. почта: [iuc@unep.ch](mailto:iuc@unep.ch); тел: +41-22-917-8244/8196. См. также веб-сайты [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch), [www.unep.org](http://www.unep.org), и [www.wmo.ch](http://www.wmo.ch).



# Введение

Ископаемое топливо обеспечивает 75-80% всей энергии в мире, и на его долю приходится три четвертых мировых выбросов двуокиси углерода. Согласно прогнозам, если человечество не примет конкретные меры по сведению до минимума антропогенного воздействия на климат, масштабы выбросов двуокиси углерода ( $\text{CO}_2$ ), источником которых является сжигание ископаемого топлива, будут расти на протяжении всего XXI века. Вытекающие из этого последствия – повышение глобальной температуры на 1,4 – 5,8°C, изменение погодных условий и увеличение количества стихийных бедствий – могут оказать губительное воздействие на будущие поколения.

Стабилизация или сокращение мировых выбросов двуокиси углерода и других парниковых газов в ближайшие десятилетия потребует от человечества незаурядной изобретательности. К счастью, третий доклад об оценке

МГЭИК, опубликованный в 2001 году, позволил сделать заключение, что существующие и разрабатываемые технологии по ограничению выбросов способны – если их закрепить в соответствующих стратегиях – стабилизировать к концу этого столетия атмосферную концентрацию парниковых газов на уровне, который позволит ограничить будущее изменение климата.

Ни одна технология не в состоянии справиться с этой задачей в одиночку; для этого их необходимо использовать в соответствующей комбинации. Многие из самых перспективных технологий внесут свой вклад в решение этой задачи путем повышения энергоэффективности некоторых процессов и продуктов или посредством преобразования солнечной энергии, энергии ветра и других неуглеродных энергоисточников в энергию, пригодную для использования.

Однако с учетом того факта, что в ближайшие десятилетия первичными источниками энергии останутся нефть, уголь и газ, правительства и представители промышленности также изучают технологии, которые позволили бы сократить выбросы, образующиеся в результате использования этих видов топлива. Одна из таких технологий известна под названием «улавливание и хранение двуокиси углерода», сокращенно – УХУ. Эта технология может быть использована в случае крупных стационарных «точечных источников загрязнения», например, на теплоэлектростанциях и промышленных предприятиях, с целью предотвратить выбросы в атмосферу CO<sub>2</sub>, способствующие изменению климата.

Чтобы узнать больше о возможностях этой технологии, государства-члены Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата обратились к МГЭИК с просьбой оценить существующий уровень знаний в области улавливания и хранения двуокиси углерода. В ответ на их просьбу МГЭИК созвала около 100 экспертов из 30 разных стран с целью подготовить «Специальный доклад МГЭИК по улавливанию и хранению двуокиси углерода». Многочисленные эксперты и представители правительств проанализировали подготовленный текст до его окончательной доработки в сентябре 2005 года. Доклад был представлен правительствам на ежегодной

Конференции Сторон Конвенции в декабре.

ЮНЕП подготовила настоящую краткую информационную брошюру с целью представить широкому читателю технические решения, изложенные в докладе, в более ясной и доступной форме.

---

# Что представляет собой улавливание и хранение двуокиси углерода?

Технология улавливания и хранения двуокиси углерода включает улавливание двуокиси углерода до момента его выброса в атмосферу, его транспортировку в безопасное место и его изолирование от атмосферы, например, путем хранения в геологической формации.

**1 – Улавливание двуокиси углерода.** CO<sub>2</sub> должен быть отделен от других газов, образующихся в процессе горения или обработки. Затем его подвергают сжатию и очистке, насколько это возможно, в целях облегчения его транспортировки и хранения. Некоторые газовые потоки, образующиеся в результате промышленных процессов, как например, в ходе очистки природного газа или производства аммиака, очень чистые, в то время как другие нет.

Двуокись углерода, образующаяся в результате горения, особенно в

процессе производства электроэнергии, можно улавливать посредством использования одной из трех разработанных систем. **Система улавливания после сжигания** позволяет отделять CO<sub>2</sub> от других дымовых газов за счет использования органических растворителей.

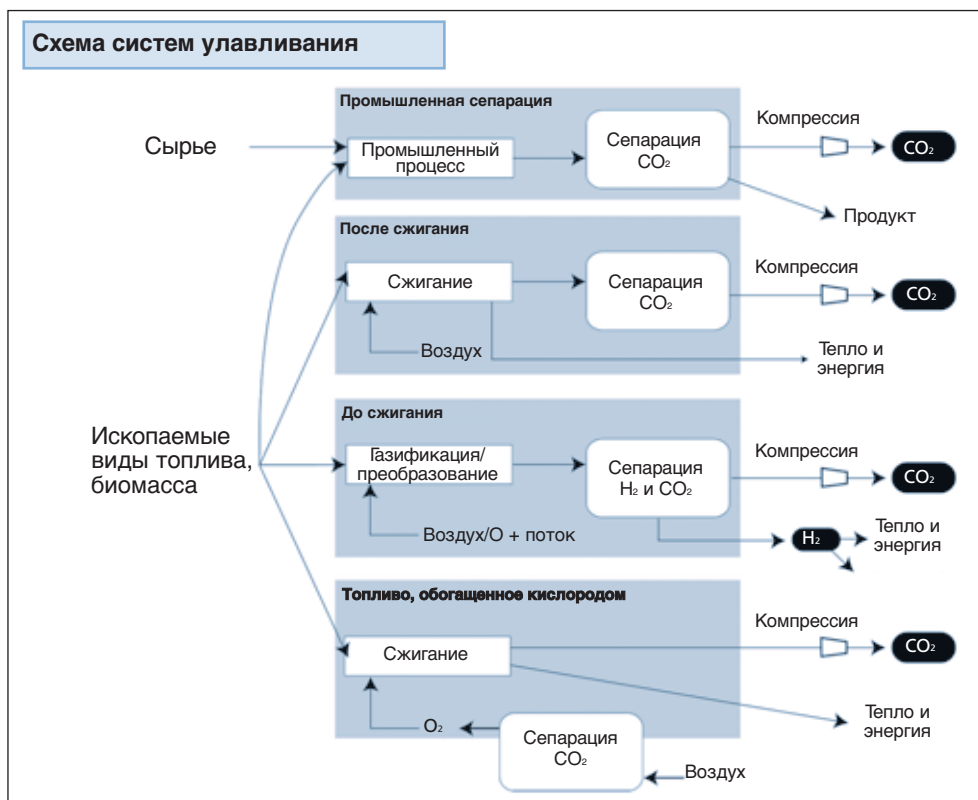
**Система улавливания до сжигания** предусматривает обработку первичного топлива паром и воздухом или кислородом. Образующаяся в результате окись углерода вступает в реакцию с паром во второй колонне реактора, что приводит к образованию водорода, используемого для производства энергии или тепла, а также CO<sub>2</sub>, который отделяется и улавливается.

Эти две технологии используются на рынке на протяжении уже многих десятилетий в других, но похожих целях. Существующие

системы предварительного и последующего улавливания могут обеспечить улавливание 85-95% образующегося  $\text{CO}_2$ . Но так как для осуществления УХУ требуется на 10-40% больше энергии, чистый объем так называемых «предотвращенных выбросов»  $\text{CO}_2$  составляет 80-90%.

Третья система улавливания называется **системой кислородо-топливного сжигания**, поскольку для сжигания топлива в ней используется вместо воздуха кислород. В результате, дымовые газы содержат

преимущественно водяной пар и  $\text{CO}_2$ . Водяной пар отделяется путем охлаждения и сжатия газового потока. Эта технология, которая пока еще находится на опытно-показательной стадии, позволяет улавливать практически весь образующийся в процессе горения  $\text{CO}_2$ , однако потребности в дополнительных системах обработки газа для производства кислорода и удаления загрязнителей, например, серы и оксидов азота, снижают общий уровень «предотвращенных выбросов»  $\text{CO}_2$  до примерно 90%.





**2 – Транспортировка CO<sub>2</sub>.** За исключением того случая, когда источник находится в непосредственной близости от места хранения, CO<sub>2</sub> необходимо транспортировать. Для этого существует несколько способов.

Концентрированные потоки CO<sub>2</sub> можно безопасно транспортировать под высоким давлением по трубопроводу. Трубопроводы применяются с начала 1970-х годов и на сегодняшний день являются основным методом транспортировки CO<sub>2</sub>. В США, например, общая длина системы трубопроводов для транспортировки двуокиси углерода, большая часть которой расположена в Техасе и используется в

проектах увеличения нефтеотдачи (УНО), составляет более 2500 км. Стоимость проведения газопровода в удалении от берега, через густонаселенные районы, горы и реки более высокая.

CO<sub>2</sub> можно также транспортировать в жидком виде в танкерах тем же способом, который зачастую используется для перевозки сжиженного нефтяного газа (СНГ). Транспортировка двуокиси углерода в автоцистернах или вагонах с изотермическими резервуарами технически осуществима, но экономически невыгодна.

**3 – Хранение CO<sub>2</sub>.** Геологические формации



являются наиболее выгодным с экономической точки зрения и экологически приемлемым способом хранения CO<sub>2</sub>, особенно если принять во внимание уже накопленный опыт в нефтяной и газовой промышленности. Сжатый CO<sub>2</sub> может быть размещен под земной поверхностью в формациях пористых горных пород путем использования многочисленных технологий бурения и методов мониторинга, уже применяемых в области нефте- и газодобычи.

Тремя основными типами геологических формаций для хранения CO<sub>2</sub> являются

нефтяные и газовые месторождения, глубоко залегающие соленосные формации и неизвлекаемые угольные пласты. Места хранения должны, как правило, располагаться на глубине более 800 метров, где CO<sub>2</sub> может находиться в жидком состоянии при высоких давлении и температуре.

Потенциальные геологические хранилища существуют во всем мире, как в глубинах океана, так и на суше. По оценкам экспертов, общий объем пространства для хранения двуокси углерода варьируется в широких пределах, однако его вполне достаточно для хранения объема CO<sub>2</sub>,



эквивалентного объему его выбросов на протяжении десятков, а то и сотен лет (в расчете на нынешние уровни). Кроме того, большая часть действующих тепловых электростанций и других точечных источников загрязнения расположены на расстоянии, не превышающем 300 км от районов, потенциально содержащих природные резервуары.

Хотя имеющихся геологических резервуаров, «вероятно», достаточно для значительного сокращения выбросов  $\text{CO}_2$  в будущем, все же их реальный объем пока не определен. Это особенно характерно для некоторых регионов, в которых наблюдается стремительный экономический рост, как, например, в Южной и Восточной Азии.

Еще одним способом хранения собранного  $\text{CO}_2$  является его закачивание в глубины океана под большую толщу воды через стационарные трубопроводы или с судов. В качестве альтернативы, его можно разместить на морском дне на глубинах более 3000 метров, где  $\text{CO}_2$  будет плотнее воды. Однако эти технологии пока еще находятся на стадии исследования, полномасштабных испытаний не прошли и могут оказать вредное воздействие на океаническую среду.

На стадии исследования находятся также технологии для обеспечения эффективного и постоянного хранения  $\text{CO}_2$  посредством его химического преобразования в

неорганические минеральные карбонаты. Некоторые из этих методов были продемонстрированы в малых масштабах. Однако для реализации этих технологий необходимы большие объемы энергии и минерального сырья. Для того, чтобы их можно было рассматривать в качестве реальных вариантов хранения двуокиси углерода, в них нужно внести еще целый ряд усовершенствований.

В заключение можно сказать, что использование собранного  $\text{CO}_2$  в химических промышленных процессах с технической точки зрения возможно, однако потенциал этого метода сокращения выбросов весьма скромнен.

## Кто является потенциальным пользователем?

Основные три компонента процесса УХУ – улавливание, транспортировка и хранение – уже используются по отдельности. В настоящее время  $\text{CO}_2$ , как правило, удаляется при очистке других промышленных газовых потоков, например, природного газа или аммиака. Однако с середины 2005 года уже действуют три коммерческих проекта, которые сочетают в себе все три компонента в целях ограничения выбросов  $\text{CO}_2$  в атмосферу (см. вставку).

В будущем основным потенциальными пользователями УХУ станут конкретные крупные точечные источники  $\text{CO}_2$ . Это отнюдь не ограниченная группа объектов, как может показаться сначала: на теплоэлектростанции, промышленные предприятия и другие крупные точечные источники загрязнения приходится около 60% всемирных выбросов, образующихся в результате

сжигания ископаемого топлива. Свойства, которые используются для определения того или иного источника в качестве наиболее предпочтительного кандидата на применение технологии УХУ, изложены ниже:

- **Крупные размеры.** Системы улавливания  $\text{CO}_2$  сегодня применяются пока только на небольших предприятиях и нуждаются в ближайшие годы и даже десятилетия в дополнительной проверке на более крупных заводах. Однако вполне очевидно,

что чем крупнее предприятие, тем больше масштабы экономии и ниже себестоимость каждой тонны «предотвращенных выбросов»  $\text{CO}_2$  в результате применения технологии УХУ. Крупные претенденты на применение УХУ рассредоточены по всему миру. Тем не менее, в настоящее время есть четыре заслуживающих особого внимания региона: Восток и Средний Запад Северной Америки,

Северо-Западная Европа, восточное побережье Китая и Южная Азия. Существенное увеличение количества крупных электростанций и промышленных предприятий в период до 2050 года произойдет, вероятнее всего, в Восточной и Южной Азии.

• **Высококонцентрированный поток CO<sub>2</sub>.** Более чистые выбросы CO<sub>2</sub> также являются более рентабельными с экономической точки зрения. Однако подавляющее большинство потенциальных источников выделяют потоки CO<sub>2</sub>, концентрация которых не превышает 15%. Менее 2% всех промышленных источников, использующих ископаемое топливо, образуют потоки CO<sub>2</sub> концентрацией более 95%. Эти источники обладают наибольшим начальным потенциалом для УХУ, так как

для улавливания двуокиси углерода в этом случае требуется лишь применение дегидратации и сжатия.

• **Расположение вблизи мест хранения.** В общем и целом, во всем мире потенциальное соотношение основных источников загрязнения и предполагаемых мест хранения сравнительно неплохое: многие источники расположены непосредственно над местом потенциального захоронения или менее чем в 300 км от него.



## Первые три проекта УХУ

Для того чтобы избежать выплаты введенного в Норвегии налога на выбросы в атмосферу  $\text{CO}_2$ , производимые прибрежными объектами, норвежская государственная нефтегазовая компания «Статойл» создала в Северном море на удалении 250 км от береговой линии проект «Слейпнер».  $\text{CO}_2$ , содержащийся в девятипроцентной концентрации в природном газе, поступающем с газового месторождения «Слейпнер-Запад», отделяется от основного газового потока и затем закачивается в крупную соленосную формацию, расположенную на глубине около 800 метров под морским дном.

Работы по закачиванию  $\text{CO}_2$  начались в октябре 1996 года. К началу 2005 года закачано более семи миллионов кубометров  $\text{CO}_2$  с интенсивностью 2 700 тонн в сутки. Ожидается, что за время предполагаемого существования проекта будет размещено в общей сложности 20 миллионов тонн  $\text{CO}_2$ .

**Уэйбернский проект увеличения нефтеотдачи с помощью технологии  $\text{CO}_2$**  расположен в Уиллистонском бассейне – геологической структуре, простирающейся от южной части Центральной Канады и далее на территорию США.  $\text{CO}_2$  перекачивается к месту захоронения с завода компании Дакота по газификации угля, расположенного примерно в 325 км южнее Уэйберна в штате Северная Дакота на территории США. Завод газифицирует уголь в целях производства синтетического газа (метана) и в качестве побочного продукта получает сравнительно чистый поток  $\text{CO}_2$ . Этот поток  $\text{CO}_2$  осушается, сжимается и транспортируется по

трубопроводу в Канаду для его использования в Уэйбернском нефтяном месторождении, где он закачивается в нефтеносные пласты для повышения эффективности нефтедобычи.

Уэйбернский проект рассчитан на использование  $\text{CO}_2$  в течение 15 лет и его последующее безопасное хранение. Всесторонний мониторинг места хранения основывается на сейсмической разведке высокого разрешения и мониторинге поверхности. На сегодняшний день нет никаких признаков утечки  $\text{CO}_2$  на поверхность или в приповерхностные слои.

**Проект газодобычи в Ин-Салахе** в центральной части Сахары на территории Алжира является совместным предприятием компаний «Сонатрак», «Бритиш Петролеум» и «Статойл». В газовом месторождении Крешба в Ин-Салахе добываемый из нескольких геологических месторождений природный газ содержит до 10%  $\text{CO}_2$ . Этот газ поставляется на европейский рынок после специальной обработки и удаления  $\text{CO}_2$  в целях удовлетворения технических условий на поставку.

Начиная с апреля 2004 года  $\text{CO}_2$  закачивается через три скважины в песчаные резервуары, залегающие на глубине 1800 метров. За время работы проекта в эти геологические хранилища предполагается закачать около 17 мегатонн  $\text{CO}_2$ .

Ожидается, что после истощения газовой зоны закаченный  $\text{CO}_2$  мигрирует в область газового месторождения. Трехмерное картирование месторождения выполнено с использованием сейсмических и других данных.

## Какие можно получить выгоды?

Для специалистов, разрабатывающих политику, которым приходится решать сложнейшую и крупнейшую задачу сокращения или ограничения выбросов парниковых газов, технология УХУ обеспечивает две потенциальные выгоды. Во-первых, она позволяет расширить имеющийся у них ассортимент вариантов, предоставляя им более широкие возможности и большую свободу действий. Во-вторых, она позволяет сократить общие расходы на принятие мер по смягчению последствий.

Ряд выполненных исследований, основанных на модельных прогнозах, показал, что использование УХУ в сочетании с другими технологическими возможностями – например, с повышением эффективности преобразования энергии, переходом на менее углеродоемкие виды топлива и более широким использованием

возобновляемых источников энергии – может привести к значительному снижению расходов на стабилизацию концентрации двуокиси углерода в атмосфере.

Согласно этим исследованиям, на протяжении последующих 100 лет УХУ может обусловить снижение расходов на смягчение последствий изменения климата на 30% и более. Кроме того, системы УХУ составят сильную конкуренцию таким широко применяемым технологиям, как ядерная энергетика и возобновляемые источники энергии.

Одна из привлекательных сторон УХУ заключается в том, что она может дополнить и облегчить внедрение других потенциально важных технологий, которые позволят сократить выбросы CO<sub>2</sub> в долгосрочной перспективе. Они, например, могут применяться на предприятиях с низким или

нулевым выбросом двуокси углерода, производящих водород из углеродосодержащих видов топлива, и в крупномасштабных системах использования энергии биомассы, которые, будучи оснащены технологией УХУ, могут свести выбросы CO<sub>2</sub> к «отрицательному балансу», поскольку устойчиво выращиваемая биомасса способна удалять CO<sub>2</sub> из атмосферы.

С учетом их конкурентоспособной стоимости и вероятного объема пространства для хранения, геологические хранилища, использующие УХУ, могут взять на себя существенную часть (15 - 55%) общего объема сокращения выбросов, который необходимо достичь до 2100 года для стабилизации концентрации парниковых газов в атмосфере. Это эквивалентно 220-2200 миллиардам тонн (Гт) CO<sub>2</sub>.

Владельцам и операторам крупных электростанций и промышленных предприятий технологии УХУ смогут когда-нибудь дать экономически эффективные средства для ограничения их выбросов. Однако до тех пор, пока правительства не примут национальные стратегии изменения климата, которые предусматривали бы соответствующие налоги на выбросы CO<sub>2</sub>, у частных операторов не будет никакого стимула использовать такие технологии смягчения последствий изменения климата. Все проведенные исследования указывают на то, что крупномасштабное использование

систем УХУ (и многих других мер по смягчению последствий) вряд ли получит распространение до тех пор, пока не будет выработана четкая стратегия, направленная на существенное ограничение выбросов парниковых газов в атмосферу. Без этих стимулов технология УХУ может предложить лишь небольшой спектр возможностей.



## Какие расходы это предполагает?

В докладе МГЭИК отмечается, что оценки нынешних и будущих расходов на реализацию технологии УХУ характеризуются существенной неопределенностью. Основным компонентом затрат является, как правило, стоимость улавливания и сжатия газа. Эти и другие расходы будут зависеть не только от конкретно используемой системы УХУ, – в том числе способа хранения и расстояния транспортировки, – но и от таких параметров, как конструкция, эксплуатация, финансирование, размеры и местоположение производственного объекта, а также тип и стоимость используемого на нем топлива.

Производство электричества в нынешних условиях обходится примерно в 0,04-0,06 долл. США/кВт-ч. В случае внедрения современных технологий УХУ его стоимость возрастет, по расчетам, на 0,01-0,05 долл. США/кВт-ч. Однако ее можно было бы снизить

примерно на 0,01-0,02 долл. США/кВт-ч в результате частичной компенсации расходов на УХУ за счет доходов от использования технологии увеличения нефтеотдачи.

Сравнивая УХУ с другими техническими решениями по сокращению выбросов CO<sub>2</sub>, следует принимать во внимание, что для производства такого же количества электричества системе УХУ необходимо 10-40% дополнительной энергии. Стоимость систем УХУ в расчете на тонну «предотвращенных выбросов» CO<sub>2</sub>

варьируется в широких пределах. Значительную часть потенциала этой технологии можно раскрыть уже сегодня. При этом расходы на ее реализацию будут выше тех, которые характерны для многих других методов повышения эффективности использования энергии, но ниже расходов на большинство проектов, предполагающих использование солнечной энергии.

При проектировании нового промышленного объекта оценка финансовых последствий применения системы УХУ может повлиять на тип выбранного объекта. УХУ может применяться в сочетании с нынешними технологиями, например, в комбинированном цикле производства электроэнергии за счет сжигания пылевидного угля или природного газа (КЦПГ). Тем не менее, дополнительные затраты будут ниже, если включить компонент УХУ в новые разрабатываемые технологии, например, в комбинированный цикл производства электроэнергии с внутрицикловой газификацией угля (КЦВГ) или технологии производства водорода с отбором двуокси углерода до сжигания. Хотя большинство действующих заводов можно переоборудовать в целях применения системы УХУ, все же расходы на это будут значительно выше, чем в случае создания новых заводов с уже предусмотренной системой УХУ.

Поскольку технология развивается и достигается экономия, обусловленная ростом масштабов производства, расходы на УХУ в будущем могут значительно снизиться – возможно, на 20-30% в течение следующего десятилетия. С другой стороны, общее повышение цен на ископаемое топливо может привести к повышению стоимости систем УХУ.

Расходы, связанные с применением систем УХУ не в энергетическом секторе, могут быть ниже, чем те, которые связаны с их

внедрением на теплоэлектростанциях. Применение УХУ на предприятиях, использующих энергию биомассы, достаточно дорогостоящее, поскольку размеры этих промышленных объектов в настоящее время малы.

---

## Каковы риски и барьеры?

Помимо вопросов, касающихся технологии и расходов, потенциальные пользователи технологии УХУ непременно изъявят желание рассмотреть связанные с ней проблемы в области здравоохранения, безопасности, экологии и права, а также узнать общественное мнение на этот счет. Основные барьеры и риски, которые необходимо устранить, изложены ниже:

- **Утечка газа во время улавливания, транспортировки и хранения.**

Потенциальную опасность для рабочих и людей, проживающих по соседству, которая может привести к возникновению различных ситуаций, характерных для нефтегазовой промышленности и газопроводов, могут представлять непредвиденные утечки  $\text{CO}_2$  из установок по улавливанию газа или из трубопровода. Воздействие на организм воздуха с содержанием  $\text{CO}_2$ , превышающим 7-10%,

представляет непосредственную опасность для жизни и здоровья человека. Вероятность таких происшествий, тем не менее, низка.

- Кроме того, существует опасность утечки  $\text{CO}_2$  из геологических хранилищ. Помимо того, что медленные утечки двуокиси углерода способствуют изменению климата, они могут причинить вред растениям и животным. Однако, если тщательно отбирать резервуары для хранения и использовать лучшие имеющиеся технологии, то вероятность таких утечек будет низкой. Если говорить о мировом уровне, то качественно отобранные геологические формации, вероятно, смогут удерживать более 99% захороненной в них двуокиси углерода на протяжении 1000-летнего периода. В общем и целом, риски, обусловленные хранением  $\text{CO}_2$ , сравнимы с рисками,

характерными для сходных существующих на сегодняшний день промышленных операций, например, для подземного хранения природного газа и технологии увеличения нефтеотдачи.

• **Воздействие хранения газа в глубинах океана на окружающую среду.**

Закачивание двуокиси углерода в глубины океана может нанести вред морской фауне и флоре. Хотя долгосрочные экологические последствия изменения химического состава океана в этом отношении неясны, закачивание  $\text{CO}_2$  в больших количествах может привести к локальному окислению океана и негативному влиянию на морские организмы и экосистемы.

• **Отсутствие ясности в вопросах права и нормативного регулирования.**

Что касается правомерности закачивания  $\text{CO}_2$  в морские глубины или под дно океана, то в этом плане существует ряд неопределенностей, поэтому данный вопрос сейчас активно обсуждается в рамках целого ряда международных договоров. Соответствующие правила и методы ведения учета для систем УХУ необходимо будет также установить и для Рамочной конвенции об изменении климата и Киотского протокола. Некоторые страны уже приняли на национальном уровне законодательство или базовые принципы нормативного регулирования, которые регламентируют хранение газа в геологических резервуарах. Потенциальные

правовые проблемы включают вопросы ответственности в случае аварии или утечки и прав собственности владельцев земель, расположенных над местами геологических захоронений.

• **Скептицизм со стороны общественности.**

На сегодняшний день широкие круги общественности плохо информированы о технологии УХУ. Несколько проведенных до настоящего момента исследований свидетельствуют о том, что эту технологию общественность, вероятно, встретит с меньшим энтузиазмом, чем другие варианты, как, например, повышение эффективности энергопотребления и переход на возобновляемые источники энергии. Неясно и то, как отреагирует общественность на УХУ, другие варианты сокращения выбросов и более обширные проблемы в области изменения климата, когда она будет лучше осведомлена об этих вопросах.

## Выводы: есть ли у системы УХУ будущее?

В докладе МГЭИК делается вывод о том, что система УХУ технически осуществима и может играть значительную роль в сокращении выбросов парниковых газов на протяжении нынешнего столетия. Однако перед тем как начать применение технологии УХУ в крупных масштабах, необходимо решить целый ряд проблем.

Во-первых, эту технологию необходимо сначала тщательно отработать. Хотя отдельные компоненты УХУ хорошо продуманы, их все же необходимо включить в полномасштабные проекты в области электроэнергетики. Такие проекты позволят показать, насколько эффективна эта технология в реальных масштабах, пополнить наши знания о системе УХУ и приобрести опыт работы с ней. Необходимо также провести дополнительные исследования в целях анализа расходов, связанных с эксплуатацией

подходящих резервуаров для хранения, и оценки их потенциальных возможностей, главным образом в тех районах, где на сегодняшний день имеется мало информации.

Кроме того, необходимо продолжить разработку соответствующей правовой и нормативной базы, в частности, согласованных методов оценки и учета объемов «предотвращенных выбросов» CO<sub>2</sub>, а также возможных утечек, которые могут возникнуть со временем. Система УХУ будет рассмотрена в следующей редакции Руководящих принципов, которые МГЭИК разработала в целях оказания помощи странам в составлении перечней парниковых газов, требуемых Конвенцией.

Особенно остро стоит проблема стимулирования. Системы УХУ скорее всего найдут широкое

применение исключительно в производстве электроэнергии – секторе с наибольшим потенциалом – только тогда, когда за время существования проекта цена за тонну выбросов CO<sub>2</sub> превзойдет 25-30 долл. США (по курсу доллара на 2002 год). Цена на выбросы двуокиси углерода может быть определена только в результате разработки соответствующей национальной политики по ограничению выбросов CO<sub>2</sub>.

Развивающиеся страны, для которых целевые показатели количественного сокращения выбросов в Киотском протоколе не предусмотрены, необходимо сначала ознакомить с технологией УХУ через совместные проекты, такие как новая инициатива ЕС и Китая по созданию завода, оснащенного системой УХУ, или (если УХУ будет сочтена приемлемой для этой цели) через механизм чистого развития (МЧР). И в этом случае необходимо будет разработать правила расчета и учета сокращения выбросов в результате использования технологии УХУ и создать необходимую систему стимулирования.

Если все эти условия будут выполнены, то системы УХУ можно будет полностью развернуть в энергетическом секторе в течение нескольких десятилетий с момента введения в действие любого значимого режима, который налагал бы ограничения на выбросы парниковых газов в атмосферу.

Для того чтобы полностью реализовать экономический потенциал этой технологии, необходимо будет создать во всем мире несколько сотен, а то и тысяч систем УХУ.

Согласно большинству сценариев стабилизации концентраций CO<sub>2</sub> в атмосфере к 2100 году, большое количество систем УХУ должно быть введено в эксплуатацию в первой половине этого века, однако большая их часть должна быть все же создана во второй половине. Единодушное мнение специалистов, отраженное в литературе, свидетельствует о том, что система УХУ может стать важным компонентом широкого спектра стратегий и технологий, которые понадобятся для успешного решения проблемы изменения климата с наименьшими издержками.

---

**С дополнительной  
информацией можно  
ознакомиться на веб-сайте:  
[www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)**



**United Nations Environment Programme**  
11-13, chemin des Anémones  
CH-1219, Châtelaine, Geneva, Switzerland  
E-mail: [iuc@unep.ch](mailto:iuc@unep.ch)  
web: [www.unep.org/dec](http://www.unep.org/dec)