

Технологические аспекты снижения выбросов парниковых газов

М.П. Роганков, Э.Э. Микушевич, В.М. Микушевич, ООО «Экополис», Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Приведена информация о вновь принятых в РФ на национальном уровне цели снижения выбросов к 2020 г. и требованиях по обращению с выбросами парниковых газов. Представлены результаты анализа намечаемых дополнительных мер национальной политики. Указаны рациональные мероприятия и меры по ограничению выбросов в энергетике на ближайшие 10 лет, оценена возможность внедрения в энергетику РФ технологий улавливания и захоронения CO₂.

ЧЕМ ОБУСЛОВЛЕНА ТРЕБОВАНИЯ К ВЫБРОСАМ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

Сжигание любого органического топлива на ТЭС и в котельных приводит к выбросу парниковых газов, которые влияют на изменение климата. Более 99 % — это диоксид углерода (CO₂), а метан (CH₄), закись азота (N₂O) и гексафторид серы (SF₆) в сумме составляют в выбросах менее 1 %. В Российской Федерации энергетика является ключевой отраслью в части генерации парниковых газов, так как из всех выбросов 83 % [1] приходится на сжигание топлива в различных сферах энергетического хозяйства (в электроэнергетике, ЖКХ, энергетике промышленных предприятий и др.).

Для ограничения антропогенного воздействия на климатическую систему ООН в 1992 году приняла Конвенцию об изменении климата (РКИК), а в 1997 г. был принят Киотский протокол к ней, который вступил в действие на международной арене в 2005 г. Россия является страной-участницей РКИК и Киотского Протокола. Тексты обоих документов, все принимаемые в их рамках решения, методологические, руководящие и иные материалы доступны на сайте www.unfccc.int, имеющем русскоязычную версию для основных документов, а также на российском сайте www.climatechange.ru. Киотский протокол установил для развитых стран конкретные обязательства по ограничению выбросов парниковых газов в период с 2008 по 2012 годы по сравнению с уровнем 1990 г. Для РФ обязательство состояло в том, чтобы совокупные выбросы за 5 лет в 2008-2012 гг., деленные на 5, не превысили уровень выбросов 1990 г. С чем Россия успешно справилась, обеспечив за 5 лет запас по обязательствам около 6 млрд т CO₂-экв. Справедливости ради следует отметить, что этому успеху «поспособствовал» провал в экономике в 1990-х годах, когда выбросы автоматически снизились на треть. Но не следует сбрасывать со счетов и то, что рост экономики после кризиса происходил уже на иной, менее материалоемкой и энергоемкой основе и при существенно большем внимании к экономному расходованию топливно-энергетических ресурсов, что обеспечило сокращение энергоемкости ВВП.

По ряду причин, в числе которых оказались отказ ряда ведущих стран мира участвовать далее в Киотском протоколе (Канада и Япония) или вступать в него (США), устанавливать конкретные обязательства по сокращению выбросов на дальнейший период (Китай, Индия и Бразилия) и неспособность нынешних мер РКИК и Киотского протокола обуздать рост выбросов парниковых газов в мире, Россия не стала принимать на себя новые обязательства до 2020 г. в рамках «продленного» Киотского протокола. РФ намеревается участвовать в

новом, более эффективном и всеобъемлющем соглашении, а пока его нет, действует, как и другие страны, по национальным планам и программам. Отсутствие обязательств привело к тому, что РФ лишилась права участвовать в рыночных механизмах обращения с выбросами парниковых газов таких, как межгосударственная торговля квотами (статья 17 Киотского Протокола) и проекты совместного осуществления (статья 6). Вместе с тем, национальная политика РФ по проблемам изменения климата и выбросам парниковых газов продолжается. Из ряда принятых государственных документов в этой области, важным для рассматриваемой здесь темы является указ Президента РФ от 30.09.13 №752 «О сокращении выбросов парниковых газов» [2], в котором установлена целевая задача обеспечить уровень выбросов к 2020 г. не более 75 % уровня 1990 г. Следует отметить, что в соответствии с рядом сценариев различных организаций, в которых заложен 2...3 % рост ВВП в год, 75 % уровень может оказаться превышенным. Это, по мнению ООО "Экополис", касается и выбросов электроэнергетики, если рассматривать умеренный сценарий развития, заложенный в «Схему и программу развития ЕЭС до 2019 г.» [4] (документ утвержден Минэнерго РФ в июне 2013 года). При выбросах 1990 г. примерно в 780 млн т CO₂ по указанному сценарию в 2020 г. выбросы составят 655 млн т CO₂ в то время, как минус 25 % к уровню 1990 г — это 585 млн т CO₂, т.е. дефицит может составить 70 млн т CO₂.

С целью обеспечения выполнения указанной государственной задачи тем же Указом Президента Правительству было поручено утвердить соответствующий план мероприятий с показателями сокращения выбросов по секторам экономики, что и было сделано в апреле 2014 г. [3]. План состоит из 3 частей:

(1) формирование системы инвентаризации и учета выбросов, включая разработку концепции, методических указаний и т.п.;

(2) прогноз выбросов до 2020 г. и на перспективу до 2030 г. и оценка потенциала снижения по секторам экономики;

(3) меры государственного регулирования, включая оценку эффективности предпринимаемых политики и мер, разработку предложений по стимулированию реализации пилотных проектов, разработку нормативно-правового и методического обеспечения для проектов, требующих государственных субсидий, разработку предложений по внесению изменений в соответствующие госпрограммы и оказанию поддержки проектной деятельности, анализ международной практики рыночных инструментов регулирования выбросов, разработку концепций и плана действий по ограничению выбросов до 2020 г. и на перспективу до 2030 г.

Политика в области изменения климата сопровождается мерами по переходу национальной промышленности на современный уровень. Так, в марте 2014 г. распоряжением Правительства №398-р утвержден комплекс мер, направленных на отказ от использования устаревших и низкоэффективных технологий и переход на принципы наилучших доступных технологий (НДТ) и внедрение современных технологий [5], а 21 июля

2014 г. принят закон №219 «О внесении изменений в ФЗ «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты РФ» [6], также установивший использование принципов НДТ. Поскольку пониженные выбросы парниковых газов достигаются на наиболее энергоэффективных производствах, оба документа непосредственно связаны с рассматриваемой тематикой.

Резюмируя приведенные требования, можно заключить, что, несмотря на ограничение деятельности РФ в рамках продленного Киотского протокола, задачи по обращению с выбросами парниковых газов занимают в системе государственного регулирования свое место и потребуют от промышленности и бизнеса серьезных действий и мер. Это, в первую очередь, касается внедрения наилучших доступных технологий, а также инвентаризации выбросов, учета, отчетности, нормирования, прогнозирования, учета выбросов парниковых газов при разработке в проектах Оценки воздействия на окружающую среду).

О НЕКОТОРЫХ ПОЛОЖЕНИЯХ, КАСАЮЩИХСЯ ТЕХНОЛОГИЙ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ В 6-М НАЦИОНАЛЬНОМ СООБЩЕНИИ РФ В ОРГАНЫ РКИК

Национальные сообщения являются периодическими отчетами стран перед руководящими органами Рамочной конвенции ООН об изменении климата. В 6-м Национальном сообщении Российской Федерации [1] наряду со сценариями «без мер» (т.е. почти без повышения энергоэффективности и энергосбережения) и «с мерами» указан третий сценарий «с дополнительными мерами», которые обозначены следующим образом:

- (1) введение налогов на выбросы парниковых газов или системы торговли квотами на выбросы;
- (2) внедрение технологий утилизации шахтного метана, технологий улавливания и захоронения углерода;
- (3) ускоренная трансформация топливного баланса электроэнергетики.

В связи с тем, что эти дополнительные меры могут понадобиться, ниже приведены замечания по ним с учетом оставшегося до 2020 г. времени.

Комментарии к п. 1. Введение простого налога приведет к удорожанию себестоимости продукции, и не факт, что будет способствовать проведению дополнительных мероприятий. Об этом свидетельствует опыт экологических платежей, эта система не стала в РФ стимулирующей. Системы торговли выбросами парниковых газов «cap and trade» («квоты и торговля») или «tax and trade» («налог и торговля») во всем мире признаны наиболее эффективными, сочетающимися «кнут и пряник», они задействованы во многих странах мира и дают неплохие результаты. Однако, в ближайшие годы ожидать от системы «cap and trade» результата в РФ малореалистично. В Евросоюзе только распределение квот на выбросы среди 12 тысяч предприятий заняло 5 лет и сопровождалось многочисленными нестыковками и спорами. Кроме распределения квот потребуется создание инфраструктуры для функционирования такой системы (методическое обеспечение, организация верификации выбросов, ведение кадастров, организация биржи и т.п.). В РФ подготовительные и исследовательские работы по этой теме идут уже давно, и можно было бы уже приступить к этапу опробования. Много можно позаимствовать у давно функционирующей Европейской системы торговли. Система «tax and trade», которая предусматривает

выпуск сертификатов, удостоверяющих достигнутое снижение выбросов, и их зачет в налоговых платежах, кажется более простой и быстрой для внедрения. Электроэнергетика в силу нескольких причин представляется наиболее подготовленной отраслью для опробования одной из систем.

Комментарии к п. 2. Внедрение технологий улавливания и захоронения углерода приводит к существенным дополнительным капитальным затратам, снижению эффективности ТЭС и удорожанию стоимости электроэнергии не менее чем на 30 %. Эти работы в РФ не вышли за рамки ознакомления с технологиями. Вместе с тем, если и идти на затратные мероприятия, то упор целесообразно сделать на внедрение ПГУ, ГТУ и ГТУ-надстроек, для чего в стране имеется громадная ниша (например, на Европейской территории страны доля газа в топливном балансе превышает 90 %, а на ТЭС имеется огромное количество низкоэффективного паротурбинного оборудования с большой степенью износа). И это, в отличие от расходной технологии улавливания, приведет к существенному повышению эффективности (для ПГУ средней и большой мощности - более, чем в 1,5 раза; в той же степени снижаются и выбросы парниковых газов).

Комментарии к п. 3. Трансформация топливного баланса электроэнергетики в пользу природного газа происходит в стране с начала 1980-х годов и сейчас приблизилась к своему исчерпанию. Так, в документе «Схема и программа развития ЕЭС до 2019 г.» [4], утвержденном Минэнерго РФ в июне 2013 года, прогнозируется, что к 2020 г. доля газа в топливном балансе увеличится по сравнению с нынешним уровнем всего на 0,7 % (абс.). Практически все ныне действующие угольные электростанции «привязаны» к угледобывающим регионам (Кузнецкий, Канско-Ачинский, подмосковный и забайкальские бассейны). Газ пришел на ТЭС Сахалина, Камчатки, Хабаровского и Приморского краев (еще в конце XX века не рассматривавшихся в качестве газовых ТЭС). И в дальнейшем перевод на газ (за редким исключением) вероятен на ТЭС, расположенных вблизи вновь строящихся магистральных газопроводов. Имеется некоторый потенциал использования попутного газа в местах нефте- и газодобычи (нефтяные и газовые компании построили, строят и планируют серию мало- и среднemasштабных электростанций для собственных нужд)

О МЕРОПРИЯТИЯХ И ПРОЕКТАХ ПО СНИЖЕНИЮ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Выбросы парниковых газов при сжигании топлива практически полностью обусловлены его количеством и видом. Для инженерных расчетов применяют формулу: выбросы равны количеству топлива (например, в т/т), умноженному на коэффициент эмиссии, который согласно данным Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) [7] для природного газа составляет 1,65 тСО₂-экв./тут, для углей - 2,78...2,96 тСО₂-экв./тут (для каменного – меньшая из величин, для бурого – большая), для мазута – 2,27 тСО₂-экв./тут (приведенные коэффициенты конвертированы из единиц по МГЭИК, выраженных в тСО₂/ТДж).

Соответственно основными мероприятиями по снижению/ограничению выбросов парниковых газов в Российской Федерации на ближайшие 10 лет останутся:

- повышение эффективности производства, передачи,

- распределения и потребления энергии;
- энергосбережение, снижение различного рода энергетических потерь;
- применение возобновляемых источников энергии;
- использование биотоплива и отходов в качестве топлива;
- перевод ТЭС и котельных на природный газ.

Понятно, что технологии по перечисленным направлениям неразрывно связаны с наилучшими доступными технологиями, система которых в настоящее время вводится в стране.

Конкретные технологии здесь не рассматриваются, они подробно описаны в других разделах Информационной системы.

Расчет сокращения выбросов парниковых газов ведется по достигаемой экономии топлива, тепла, электроэнергии. Для этого можно использовать утвержденные международные методологии, опубликованные на сайте РКИК: www.unfccc.int/methodologies. Всего там приведены около 100 методологий для различных технологий и типовых проектов.

В отечественной электроэнергетике для оценки эффективности ТЭС используются удельные расходы топлива на отпущенные 1 кВт•ч электроэнергии или 1 Гкал тепла. Им прямо пропорциональны удельные выбросы CO₂. Коэффициентом пропорциональности служит коэффициент эмиссии CO₂, средневзвешенный для разных видов топлива (они приведены в этом подразделе выше). Таким образом, удельные выбросы CO₂ являются не только индикатором экологичности оборудования ТЭС (под «экологичностью» здесь понимается только воздействие на климат), но и энергоэффективности.

В период полноценного участия в Киотском протоколе, в стране использовался один из рыночных механизмов сокращения выбросов на международном уровне, предусмотренных ст. 6 Протокола, а именно проекты совместного осуществления (ПСО). ПСО позволяют уступать партнеру по проекту достигнутые сниженные выбросы. Всего в РФ было зарегистрировано 29 ПСО энергетического характера, прошедших международную экспертизу (детерминацию) и официально признанных

«углеродными» в рамках Киотского протокола; их реализация обеспечила сокращение выбросов на 40,3 млн. тонн CO₂. Среди них 12 проектов возобновляемых источников и использования биогаза и 17 – в области электроэнергетики и энергоэффективности. Любопытно, что среди этих 17 имеются проекты строительства новых ТЭС, оценка снижения выбросов для них ведется по замещению старых и низкоэффективных мощностей в энергосистеме. Еще 23 проекта относятся к нефтедобыче и использованию попутного нефтяного газа в энергетических целях. Однако, до начала действия нового соглашения вместо Киотского (что намечено на 2020 г.), в который бы РФ вступила, возможности участия в ПСО у российских компаний нет.

ТЕХНОЛОГИИ ПО УЛАВЛИВАНИЮ CO₂ И ЗАХОРОНЕНИЮ УГЛЕРОДА (ТЕХНОЛОГИИ CCS)

Технологии по улавливанию CO₂ и захоронению углерода (в английском варианте: «Carbon dioxide capture and storage» или сокращенно CCS), представляют собой более широкий, чем заключенный в названии, спектр технологий. Они включают в себя способы борьбы с образованием CO₂ до сжигания топлива, в процессе сжигания, и далее не только захоронение CO₂, но и превращение CO₂ в утилизируемые продукты. Подробная классификация методов, их характеристики, возможные пошаговые технологии и иная информация по данному направлению доступна на сайте МГЭИК [8].

Следует отметить, что все без исключения технологии CCS являются капиталоемкими (+20...30 % к традиционным инвестициям), а их применение сопровождается высокими эксплуатационными затратами. В результате стоимость электроэнергии возрастает более чем на 30...40 %. К тому же даже наиболее разработанные технологии пока еще не нашли широкомасштабного промышленного применения, как это произошло, к примеру, с технологиями по очистке дымовых газов ТЭС от оксидов серы и азота. Степень освоения технологий и отдельных их компонентов представлена в таблице [8].

Технологическое звено	Технология	НИР	Демонстрационная установка	Осуществимо на данном этапе	Доступно на рынке
Улавливание	После сжигания			X	
	До сжигания			X	
	Сжигание топлива, обогащенного кислородом		X		
	Промышленная сепарация (переработка природного газа, производство аммиака)				X
Транспортировка	Трубопроводами				X
	Судами			X	
Геологическое захоронение	Повышение извлечения нефти				X
	Газовые и нефтяные месторождения			X	
	Соленосные формации			X	
	Повышенное извлечение угольного метана		X		
Захоронение в океане	Прямое закачивание для растворения	X			
	Прямое закачивание в резервуары	X			
Карбонизация минералов	Природные силикаты	X			
	Отходы		X		

В РФ имеется огромный потенциал повышения энергоэффективности и энергосбережения. На этом фоне в ближайшие по крайней мере 10 лет технологии CCS, будучи дорогостоящими сами по себе, оказываются вдвойне экономически нецелесообразными. Сведений о планируемом внедрении таких технологий в российских

энергокомпаниях нет. Их внедрение в настоящее время возможно при участии в международных проектах. Однако, это маловероятно без государственной поддержки, а ее пока и нет.

Между тем, в промышленно развитых странах освоение технологий CCS идет ускоренными темпами.

Всего в разной степени реализации находится более 75 пилотных и демонстрационных крупных проектов CCS. Согласно [9] на февраль 2014 г. 21 установка находится в опытно-промышленной эксплуатации, что на 50 % больше, чем в 2011 г. Они рассчитаны на улавливание до 40 млн т CO₂ в год, что соответствует ликвидации выбросов 8 млн автомобилей.

Стоимость самого капиталоемкого проекта достигает \$4,9 млрд (Австралия, получение синтетического горючего из угля, сокращение выбросов — на 15 млн т CO₂/год, начало первого этапа — в 2011 г.). Два наи-

более крупных в мире проекта в электроэнергетике будут реализованы в Северной Америке в 2014 г. Китай удвоил число проектов с технологией CCS, доведя их до 12 крупномасштабных установок.

Один из примеров разрабатываемой новой технологии, включающей CCS, приведен на рисунке ниже. Обращает на себя внимание высокая удельная стоимость установленного кВт мощности — 4...5 тыс. евро, что как минимум вдвое превышает удельную стоимость современных угольных энергоблоков.



Рис. Проект RWE: ПГУ с внутрицикловой газификацией на буром угле и улавливанием CO₂ (2014 г.). Мощность блока – 450 МВт (330 МВт нетто). КПД = 35 %, включая транспорт и захоронение CO₂. Объем улавливания CO₂ – 2,6 млн т/год. Капзатраты = €1,7 млрд (2007), включая транспорт и захоронение CO₂.

Общий вывод: технологии CCS в нынешней ситуации в РФ не могут быть отнесены к наилучшим доступным технологиям.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ

1. **6-е Национальное сообщение РФ** руководящим органам Рамочной конвенции ООН об изменении климата (www.unfccc.int)
2. **Указ Президента РФ** от 30.09.13 № 752 «О сокращении выбросов парниковых газов» (<http://www.kremlin.ru/acts>)
3. **«План мероприятий по обеспечению установленного объема выбросов парниковых газов»**, утвержденный Правительством РФ 1 апреля 2014 г. (<http://www.government.ru/docs>)
4. **Схема и программа развития ЕЭС до 2019 г.**, утвержденная

Минэнерго РФ (<http://www.minenergo.gov.ru>)

5. **Распоряжение Правительства РФ** от 19 марта 2014 г. № 398-р «Об утверждении комплекса мер, направленных на отказ от использования устаревших и низкоэффективных технологий и переход на принципы НДТ и внедрение современных технологий» (<http://www.government.ru/docs>)
6. **Федеральный закон** от 21.07.2014 № 219 «О внесении изменений в ФЗ «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты РФ» (www.zakonrf.info)
7. **2006 IPCC Guidelines for GHG National Inventories**, vol. 2. IPCC, 2006
8. **Carbon Dioxide Capture and Storage**. IPCC, 2005 (www.ipcc.ch)
9. **The Global Status of CCS: February, 2014**. Global CCS Institute, 2014 (www.globalccsinstitute.com)