

Р а з д е л т р е т и й
ЗОЛОШЛАКОУДАЛЕНИЕ ТЭС
3.7. Аналитические материалы

3.7.16. Влияние политических решений на производство и качество ППСУ в Европе

Х.-Й. Фоерборн, ЕСОВА, Европейская ассоциация побочных продуктов сжигания угля, Эссен, Германия

АННОТАЦИЯ

Уголь является основным топливом для выработки электрической и тепловой энергии, а также производства пара на угольных тепловых электростанциях в Европе. Политическое решение относительно применения чистых угольных технологий привело к технологическим изменениям на ТЭС и установке систем серо- и азотоочистки. В одних случаях – в отношении субсидирования национальной угольной промышленности с целью увеличения использования импортного угля, в других – в плане снижения выбросов CO₂ за счет увеличения сжигания биомассы и использования возобновляемых систем для производства энергии (энергии ветра, солнца, гидроэнергетики). Последнее оказывает влияние не только на производителей энергии, но также и на активных потребителей энергии в производственных процессах, например, в цементной и стекольной промышленности. После аварии на АЭС в Фукусиме в апреле 2011 г. снова обсуждалось будущее атомной энергетики в национальных энергетических планах, что привело к различным политическим решениям в странах-членах ЕС, например, к остановке ядерной энергетики в Германии.

Политические решения по внедрению экологически чистых угольных технологий привели к повышенному образованию побочных продуктов сжигания угля (ППСУ) в виде золошлаков от сжигания углей и продуктов сероочистки. В некоторых странах-членах ЕС они полностью используются в для замещения природных материалов в строительной индустрии. Необходимые аспекты качества ППСУ определены в стандартах на продукцию и являются предметом постоянного контроля качества. Переход на использование импортного угля оказывает влияние на количество и пригодность ППСУ, рост доли использования возобновляемых источников энергии – на количество и качество ППСУ. В связи с ростом доли возобновляемых источников энергии необходимо приложить больших усилий для производства качественной продукции на угольных электростанциях.

ВВЕДЕНИЕ

ППСУ образуются при производстве электрической энергии на угольных электростанциях. "ППСУ" является синонимом продуктов сгорания, таких как шлак и, особенно, летучая зола, образующихся при сжигании в котлах различных типов, а также продуктов сероочистки, таких как продукты распылительной сухой абсорбции и гипс.

В 2008 г. в 15 странах-членах ЕС было образовано около 56 млн т. ППСУ, что на 5 млн т меньше, чем в 2006 г. По оценке производство ППСУ во всех европейских странах-членах ЕС составляет около 100 млн т. Точных данных о производстве ППСУ в большинстве из 12 стран-членов ЕС по-прежнему нет. На протяжении последних лет в странах-членах ЕС производство этих ППСУ была

увеличено в связи с законодательными требованиями по очистке дымовых газов. Параллельно с этим развитием было сокращено субсидирование угледобывающих предприятий в некоторых странах, в основном, по добыче каменного угля, и они подлежат остановке. Вследствие этого необходимое количество угля импортируется из различных стран мирового сообщества. В некоторых странах национальная добыча также была полностью прекращена для достижения национальных целей по сокращению выбросов CO₂. В связи с экономическими и социальными проблемами в горнодобывающей промышленности были вновь реализованы стратегии использования национального угля. В других странах-членах ЕС снижение выбросов CO₂ планируется реализовать за счет строительства более эффективных угольных электростанций, увеличения использования биомассы для совместного сжигания на угольных электростанциях, в котлах с ЦКС и твердым шлакоудалением, увеличения производства энергии ветровыми, солнечными, гидроэлектростанциями и др. Ранее представлялось также, что в некоторых странах использование атомной энергетики станет решением для достижения цели снижения выбросов парниковых газов. Однако после аварии на АЭС в Фукусиме, некоторые страны, например, Германия решили остановить атомную энергетику, в других странах – приостановлены планы введения новых атомных электростанций, а в некоторых странах по-прежнему продолжается выработка энергии на действующих и строительство новых АЭС.

Кроме того, при производстве энергоемких строительных материалов (цемент, известь, стекло, сталь и др.) необходимо также учитывать цели снижения CO₂. Для цементной промышленности была изменена технология производства клинкера, и в последние годы возросло производство цемента с добавками, поскольку основное количество CO₂ выбрасывается в атмосферу при производстве клинкера. Для производства цемента с добавками также используется зола, и наблюдается постоянно растущий спрос на него.

Поскольку использование ППСУ хорошо налажено в ряде европейских стран на основе многолетнего опыта, а также их технических и экологических преимуществ, они являются частью постоянного производства и, следовательно, к ППСУ постоянно предъявляются определенные требования. Наличие ППСУ становится основной проблемой в некоторых странах-членах ЕС, так как их образование при сжигании импортного угля, использо-

вание биомассы при совместном сжигании с углями и производство энергии из возобновляемых источников приводят к снижению образования ППСУ. Кроме того, возрастающее использование энергии ветра приводит к существенно переменным режимам работы некоторых угольных электростанций, что в дополнение к изменению объемов образования ППСУ также оказывает влияние на их качество отрицательно сказывающихся на показателях ТЭС.

В докладе дается обзор последних изменений в области образования и использования ППСУ связанных с политическими решениями, касающихся экологически чистых угольных технологий, целей энергетических планов ЕС и национальных решений, а также итоговых аспектов, касающихся наличия и качества ППСУ.

1. ЭКОБА – МИССИЯ И РАБОТА

Европейская ассоциация продуктов сжигания угля (ЕСОВА) была основана в 1990 г. европейскими производителями энергии для обеспечения эффективного и высококачественного использования всех ППСУ. Поэтому ЕСОВА принимает активное участие в разработке европейских стандартов и представлена в ряде комитетов ЕС по стандартизации.

Цели ассоциации:

- a) способствовать разработке и внедрению технологий использования всех ППСУ, как на промышленном, так и на природоохранном уровне с учетом соответствующих промышленных и экологических требований;
- b) учитывать взаимные интересы европейских законодательных, экологических, научных и технических организаций внутри и за пределами ЕС;
- c) принимать и/или разрабатывать необходимые законодательные/нормативные меры для осознания, принятия и продвижения использования всех ППСУ как ценных возобновляемых ресурсов;
- d) участвовать в международной деятельности, включая сотрудничество в рамках европейских организаций;
- e) обеспечивать обмен информацией и документацией среди различных национальных и международных органов.

В настоящее время Ассоциация состоит из 24 полноправных членом из 15 европейских стран, которые являются производителями тепла и электроэнергии и активно сотрудничают с соответствующими ассоциациями других континентов — Американская ассоциация угольной золы (АСАА), канадская промышленность по утилизации угольной золы (CIRCA), японский центр по утилизации угля (CCUJ), израильский национальный совет по вопросам угольной золы (NCAB) и Ассоциация по качеству золы Великобритании (UKQAA). С 2006 г. МЭИ является аффилированным членом ЕСОВА. Эти Ассоциации также являются членами Всемирной сети по побочным продуктам сжигания угля - платформой для международного обмена информа-

цией по проблеме ППСУ. ЕСОВА — основатель данной платформы.

Члены ЕСОВА рассматривают угольную золу и продукты сероочистки угольных ТЭС в качестве ценных сырьевых и строительных материалов, которые можно и нужно экономически эффективно использовать различными экологически приемлемыми способами. Цель ЕСОВА — распространить эту дефиницию ППСУ в мировом сообществе, а, особенно среди законодательных органов и организаций по стандартизации, и проинформировать об экономических и экологических преимуществах утилизации ППСУ.

ЕСОВА принимает активное участие в разработке европейских стандартов, особенно европейских стандартов EN 450 «Летучая зола в бетоне» и prEN 14227 «Гидравлические вяжущие. Требования. «Часть 3: Вяжущие на основе летучей золы» и «Часть 4: Летучая зола для гидравлических вяжущих». ЕСОВА также представляет производителей ППСУ в ряде комитетов по стандартизации ЕС (например: цемент — CEN TC 51, бетон — CEN TC 104, наполнители – TC 154, дорожные материалы — CEN TC 227 и гипс и продукты на его основе — CEN TC 241).

2. УГОЛЬ В ЕВРОПЕ

Уголь играет важную роль в топливном балансе европейских стран, как наиболее надежный, недорогой и безопасный энергетический ресурс, особенно в Центральной и Восточной Европе. В отдельных странах доля угля в топливном балансе составляет до 88 %, а в целом в 27 странах-членах ЕС доля угля составляет около 26 %. Роль угля в национальном энергетическом балансе 27 стран-членов ЕС в 2009 г. представлена на рис. 1 [1].

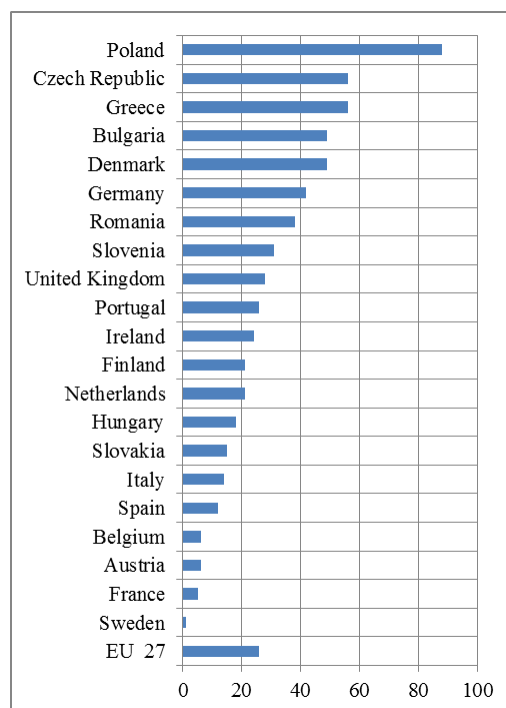


Рис.1. Роль угля в энергетическом балансе в странах-членах ЕС в 2009 г. [1]

В 2010 г. в Европе для энергетического производства добыто и использовано около 192 млн т каменного угля и 521 млн т бурого угля (в том числе небольшое количество подбитуминозного угля) [2]. Кроме того, около 237 млн т каменного угля было импортировано. В процессе сжигания образовано более 100 млн т золы. Угольная зола является синонимом таких остатков сжигания, как шлак и, особенно, летучая зола, образованных в процессе горения в котлах различных типов. Эти золошлаки составляют основную часть всех побочных продуктов сжигания угля (ППСУ), которые состоят также из продуктов сероочистки, таких как продукты распылительной сухой абсорбции и гипса. В 2008 г. в 15 странах-членах ЕС было образовано около 56 млн т ППСУ, что примерно на 5 млн т меньше, чем в 2006 г. [3]. Производство ППСУ, по оценкам, во всех странах-членах ЕС составляет около 100 млн т.

3. ПОЛИТИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ И ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ

Политические решения принимаются либо на основании национального закона, либо европейских норм, которые необходимо рассматривать после их опубликования в официальном журнале ЕС, либо директив, которые должны быть введены в национальное законодательство с соответствующим периодом осуществления.

Решения относительно производства электроэнергии и тепла на угольных электростанциях оказывают влияние как на технологические процессы на ТЭС, так и на процесс сжигания. Решения касательно внедрения технологий на электростанциях могут называться чистыми угольными технологиями. Наиболее важные решения и их влияние на работу угольных электростанций и ППСУ описаны далее.

3.1. Чистые угольные технологии – влияние директив

Промышленная деятельность, в том числе, сжигание угля на электростанциях, оказывает значительное воздействие на окружающую среду, которое должно быть минимально возможным. Таким образом, выбросы от промышленных установок являются предметом рассмотрения общеевропейским законодательством. Отдельные государства-члены ЕС могут принимать свои национальные законы, но и все страны-члены должны также выполнять директивы ЕС, хотя отступления также возможны. Наиболее важными директивами являются:

- IPPC – Директива о комплексном предотвращении и контроле загрязнений;
- LCP - Директива о крупных сжигательных установках;
- IED – Директива о промышленных выбросах.

В Директиве о комплексном предотвращении и контроле загрязнений [4] изложены основные принципы выдачи разрешений и контроля установок на основе комплексного подхода и применения наилучших доступных технологий (НДТ) [5]. Она охва-

тывает все выбросы и общие характеристики топливосжигающих установок.

Директива о крупных топливосжигающих установках [6] направлена на снижение кислотности, озона и твердых частиц в приземном слое путем контроля выбросов диоксидов серы, оксидов азота и золы от крупных установок (т.е. установок с номинальной тепловой мощностью, равной или более 50 МВт). Выбросы от всех топливосжигающих установок, построенных после 1987 г., должны соответствовать требованиям по предельным выбросам согласно Директиве о крупных топливосжигающих установках. Электростанции, введенные в эксплуатацию до 1987 г., считаются существующими. Выбросы от существующих установок могут либо соответствовать требованиям Директивы о крупных топливосжигающих установках за счет применения оборудования для их снижения (сероочистки дымовых газов) или отказа от Директивы. Существующие установки, в которых не соблюдается Директива, находят ограничения в эксплуатации после 2007 г. и должны быть выведены из работы к концу 2015 г. В связи с этим, несколько старых котлов, работающих в странах-членах ЕС, будут закрыты или модернизированы. В Великобритании, принимая участие Национальном плане страны по сокращению выбросов, существующие компании получили возможность выполнения требований Директивы за счет принятия нормативов выбросов вредных веществ на основе концентраций для трех загрязняющих веществ.

Директива IE [7] следует за Директивой о комплексном предотвращении и контроле загрязнений, и, по сути, речь идет о минимизации загрязнений от различных промышленных источников во всем Европейском Союзе. Директива IE базируется на нескольких принципах, а именно: (1) комплексный подход, (2) наилучшие доступные технологии, (3) гибкость, (4) технический контроль и (5) участие общественности. Директива IE заменяет Директиву IPPC и отраслевые Директивы по состоянию на 7 января 2014 г., а также отменяет Директиву LCP с 1 января 2016 г.

В результате такого регулирования сведения о выбросах ТЭС публикуются в Европейском регистре выбросов и переноса загрязнителей (E-PRTR [8]), который заменяет и совершенствует предыдущий Европейского регистр выбросов загрязнителей (EPER).

Оценка сокращения выбросов в течение нескольких лет может быть наилучшим образом показан на примере оксидов серы (рис. 2). На рис. 2 представлены величины наибольшего снижения выбросов основных вредных веществ с 1990 г. в Европейском Союзе. Выбросы вредных веществ в 2008 г. были на 78 % меньше, чем в 1990 г., в основном, за счет их сокращения в 15 странах-членах ЕС. Стоит отметить, что выбросы оксидов серы снизились довольно резко, на 20 % в 2008 г. по сравнению с 2007 г., в основном, за счет их снижения в Болгарии, Польше и Испании. Сокращение выбросов вредных веществ в каждом из этих госу-

дарств-членов ЕС имело место, в основном, за счет их уменьшения от муниципальных электростанций. Например, в Испании сокращение выбросов в значительной степени обусловлено уменьшением сжигания более загрязняющих углей, увеличением сжигания природного газа и биомассы, а также ростом производства электроэнергии ветровыми и солнечными энергоустановками [9].

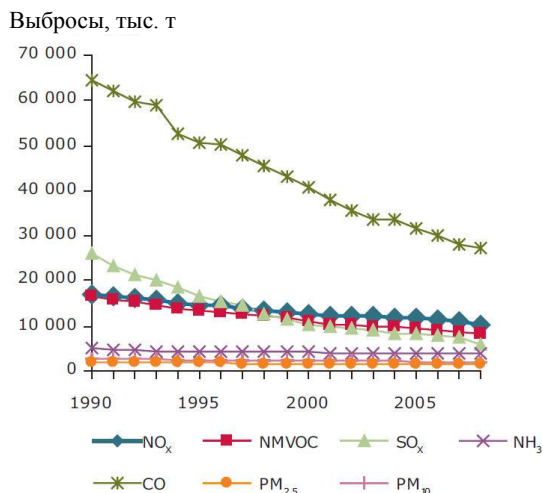


Рис. 2. Выбросы основных загрязняющих веществ в 27 странах-членах ЕС [9]

Одновременно со снижением выбросов вредных веществ увеличивается количество остатков, образовавшихся в процессе очистки дымовых газов, например, летучей золы и гипса установок сероочистки. Изменение объемов образования золы каменных и бурых углей в котлах с твердым шлакоудалением (ТШУ) показано на рис. 3.

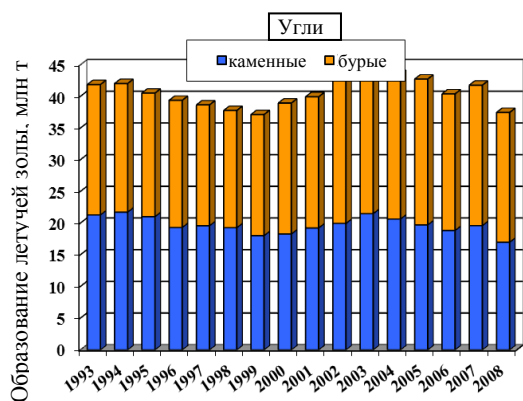


Рис. 3. Объемы образования летучей золы каменных и бурых углей в 15 странах-членах ЕС с 1993 по 2008 гг. [3]

Хотя в 2008 г. наблюдался меньший объем образования летучей золы в 15 странах-членах ЕС, необходимо отметить, что эта цифра обусловлена экономическим кризисом и не отражает ситуацию в отдельных странах-членах ЕС. В некоторых странах образование золы осталось на том же уровне или даже стало больше, чем годом ранее. В некоторых странах по разным причинам были закрыты угольные шахты, что привело к использованию импортного угля в большинстве случаев с меньшей зольностью.

Сведения об объемах образования гипса при сжигании каменных и бурых углей представлены на рис. 4. По сравнению с объемами образования летучей золы в 2008 г. наблюдается увеличение производства гипса установок сероочистки. Следует отметить, что цифры не отражают влияние вышеупомянутого снижения выбросов SO_x , поскольку данные страны Восточной Европы не входят в статистику ЕСОВА по 15 странам-членам ЕС [3]. Ожидается, что благодаря модернизации электростанций в странах Восточной Европы количество гипса установок сероочистки возрастет. Но этот эффект уменьшается за счет развития производства энергии из возобновляемых источников в странах Западной Европы.

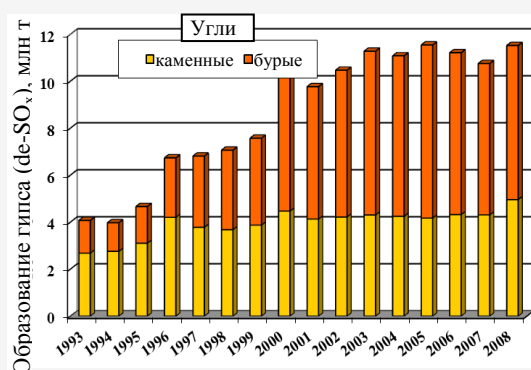


Рис. 4. Объемы образования гипса установок сероочистки при сжигании каменных и бурых углей в 15 странах-членах ЕС с 1993 по 2008 гг. [3]

Еще одним важным вопросом применения чистых угольных технологий на электростанциях является избежание складирования образующихся минеральных веществ и их использование в качестве ценных ресурсов. В результате более чем 40-летнего опыта, ППСУ, в основном, используются при производстве строительных материалов, в гражданском и дорожном строительстве, при проведении строительных работ в шахтах, а также для рекультивации и восстановления карьеров.

В 2008 г. около 54 % общего объема ППСУ использовано для производства строительных материалов, в гражданском строительстве и для закладки шахт и около 37 % ППСУ – для рекультивации открытых горных выработок и карьеров. Около 2,4 % ППСУ временно хранятся для их дальнейшей утилизации и около 7 % складываются в отвалах [3]. Доли утилизации, временного хранения и складирования в отвалах различных ППСУ представлены на рис.5.

3.2. Чистые угольные технологии – влияние энергетических планов

11 декабря 1997 г. представители 37 промышленно развитых стран договорились о сокращении выбросов парниковых газов в среднем на 5 % по сравнению с уровнем 1990 г. на пятилетний период с 2008 по 2012 гг. Это Соглашение известно как Киотский протокол [10], который вступил в силу в 2005 г. Протокол связан с Рамочной конвенцией Организации Объединенных Наций об изменении

климата [11]. Конвенция поощряет промышленно развитые страны в плане стабилизации выбросов

парниковых газов, а Протокол обязывает их делать это.

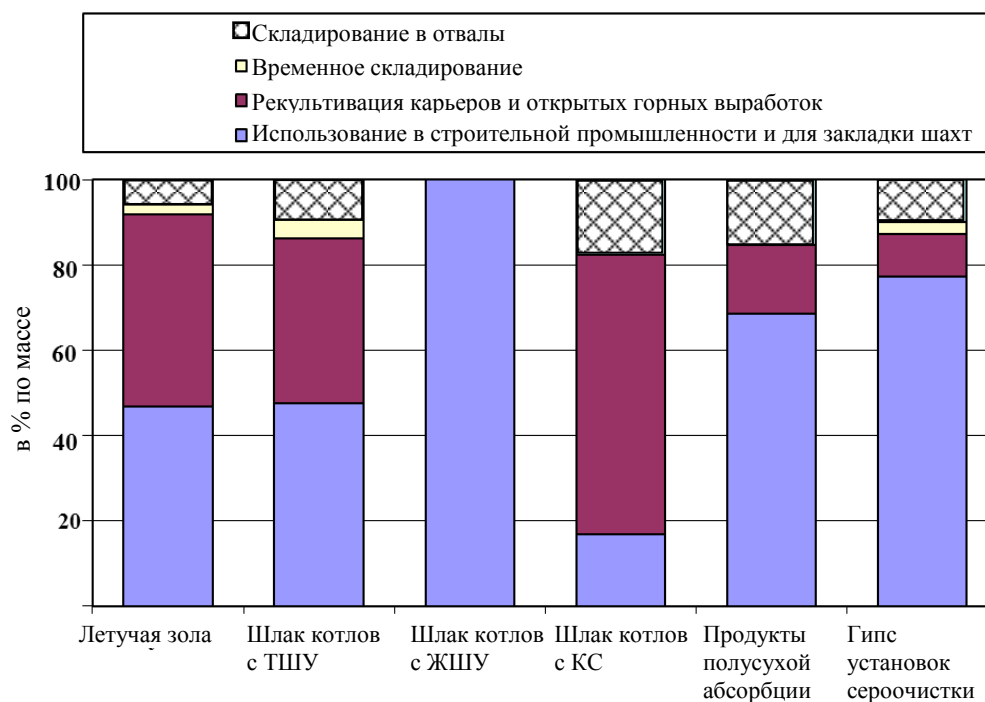


Рис. 5. Утилизация, временное хранение и складирование ППСУ в Европе в 15 странах-членах ЕС в 2008 г. [3]

Одним из инструментов, приведенных в Киотском Протоколе для достижения целей сокращения выбросов парниковых газов, является механизм чистого развития (МЧР). МЧР позволяет в проектах сокращения выбросов парниковых газов в развивающихся странах получать сертифицированные кредиты за сокращение выбросов (КСВ), каждый эквивалентный одной т CO₂. Эти КСВ можно продавать и использовать в промышленно развитых странах с целью достижения части своих целей по сокращению выбросов в рамках Киотского Протокола. Механизм стимулирует устойчивое развитие и сокращение выбросов парниковых газов, предоставляя промышленно развитым странам некоторую гибкость в том, как они выполняют свои цели по сокращению выбросов парниковых газов.

В декабре 2008 г. Европейский парламент и Совет одобрили так называемый «Пакет инициатив в области сохранения климата и энергетики», который вступил в силу в 2009 г. В законодательном пакете введено то, что в целом известно, как цели ЕС-20-20-20, которые должны быть достигнуты к 2020 г.:

- Сокращение выбросов парниковых газов минимум на 20 % по отношению к уровню 1990 г.;
- Увеличение доли возобновляемой энергетики до 20 %;
- Повышение энергетической эффективности в ЕС на 20 %.

С помощью этого пакета были введены дополнительные законы для поощрения использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ), геологического хранения CO₂ и пересмотренная схема торговли квотами на выбросы CO₂ (ПГ). С 2013 г.

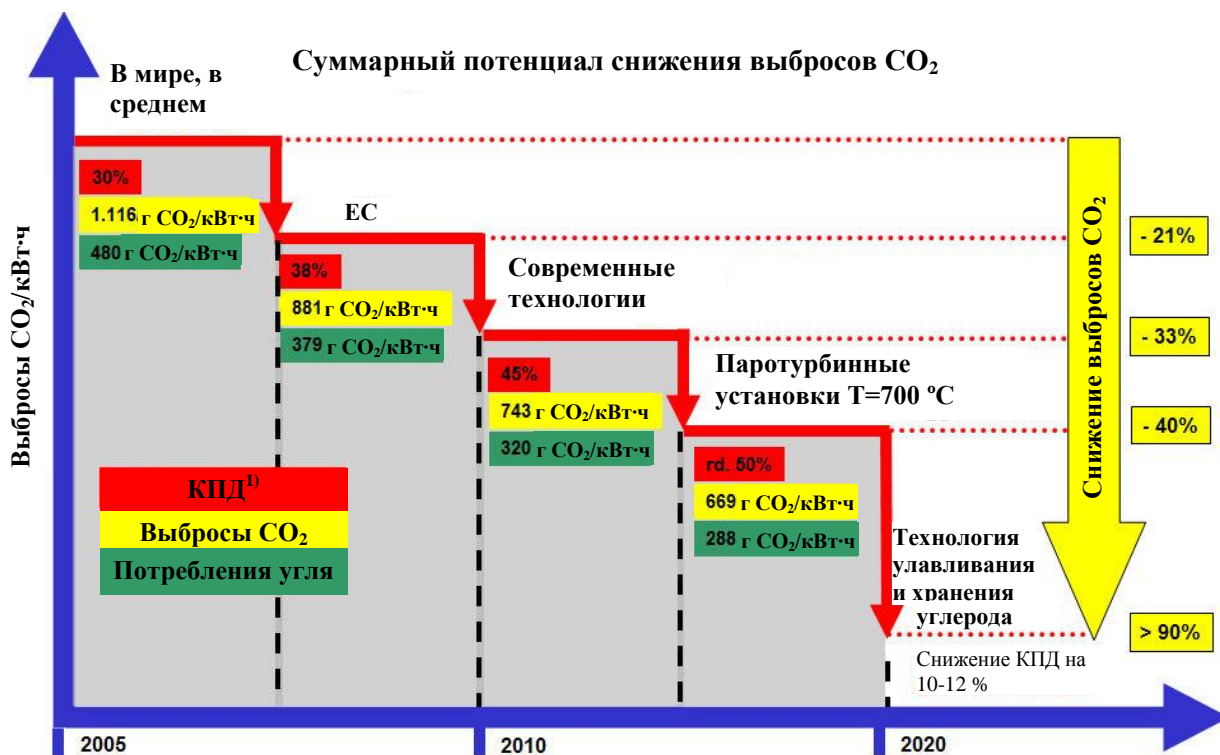
значительно изменится система распределения разрешений на выбросы по сравнению с двумя предыдущими периодами торговли (с 2005 по 2012 гг.). Во-первых, квоты на выбросы будут распределены в соответствии с полностью гармонизированными общеевропейскими правилами. Во-вторых, продажа на аукционе станет правилом для энергетики, то есть разрешения на выбросы больше не будут выделяться бесплатно.

Кроме того, в ЕС считается, что существует потенциал для дальнейшего снижения выбросов ПГ. В статье 28 пересмотренной схеме торговли выбросами ПГ предусмотрена адаптации уже амбициозной обязательной цели сокращения выбросов ПГ на 20 %...30% в 2020 г., если будет достигнуто международное соглашение. Европейский Совет также дал долгосрочное обязательство в части обезуглероживания с целью сокращения выбросов в ЕС и других промышленно развитых стран от 80 до 95 % к 2050 г. [12]. Для достижения этой амбициозной цели 15 декабря 2011 г. Европейская комиссия приняла договоренность о реализации энергетического плана развития до 2050 г. В энергетическом плане развития до 2050 г. Еврокомиссия исследует проблемы, сформулированные при постановке цели по обезуглероживанию в ЕС, в то же время, обеспечивая безопасность энергоснабжения и конкурентоспособности. Энергетический план развития до 2050 г. является основой для разработки долгосрочной европейской структуры вместе со всеми заинтересованными сторонами.

Инструментом промышленности для сокращения выбросов ПГ является, с одной стороны, повышение энергоэффективности. С другой стороны,

более эффективное использование угля также может привести к сокращению выбросов CO₂. На рис.6 представлен потенциал снижения CO₂ от европейских электростанций вместе с энергоэффективностью, топливопотреблением и, на основе этого, суммарных выбросов CO₂. КПД современных европейских ТЭС составляет около 45 %, и при

строительстве новых электростанций будет увеличен до 50 %. Дальнейшее снижение выбросов ПГ за счет улавливания и хранения CO₂ приведет к меньшему его уровню, но будет противодействовать всем усилиям по повышению энергоэффективности, приводя к снижению КПД на ТЭС на 10...12 %.



1) Средние данные для ТЭС, сжигающих каменные угли

Рис. 6. Эффективность ТЭС и потенциал снижения CO₂ в энергетической отрасли ЕС[13]

При строительстве новых электростанций страны-члены ЕС, с одной стороны, готовы удовлетворять растущий спрос на электроэнергию и, с другой стороны, выполнять цели по сокращению выбросов ПГ. В связи со специфической ситуацией в каждой стране (собственные запасы угля, доступность рек для целей гидроэнергетики, возможность торговли по морю и т.д.) энергетические планы в каждой стране разные.

В связи с объявлением о реализации проектов производства энергии с помощью ветроустановок, ГЭС, АЭС, ТЭС при сжигании бурого угля и торфа, каменного угля, нефти и газа на рис. 7 показан способ повышения энергоэффективности в ЕС, а также увеличения доли ВИЭ. С увеличением сжигания биомассы без добавок нагрузка на угольные ТЭС уменьшается. Совместно с использованием других возобновляемых источников энергии, производимой на ветроустановках, солнечных электростанциях и ГЭС, в некоторых странах наблюдается переход от базовой нагрузки к частично пиковой. Это оказывает влияние на техническое обслуживание электростанций и, следовательно, на себестоимость продукции. Кроме того, это влияет и на объемы образования и качество ППСУ. Поэтому следует уде-

литель больше внимания объемам образования ППСУ.

В проектах по новым угольным ТЭС общей мощностью 42,565 ГВт производство энергии частично начато или скоро начнется. Эти ТЭС будут частично заменять старые электростанции. Строительство угольных ТЭС в Германии и Нидерландах далеко продвинулось, и производство электроэнергии на первой из них ожидается в ближайшее время. Все ТЭС в Нидерландах и Германии, на которых будет сжигаться каменный уголь, спроектированы и предназначены для сжигания импортного угля, а также для совместного сжигания углей с добавками в больших пропорциях. Котлы и установки управления технологическими процессами предназначены для производства летучей золы с целью ее использования для изготовления бетонов в соответствии со стандартом EN 450. На основе многолетнего опыта совместного сжигания материалов в больших пропорциях в пересмотренном стандарте EN 450-1 будет рассматриваться качество золы совместного сжигания углей с добавками в объеме до 40 % (50 % в случае свежесрубленной древесины). Откорректированная таблица 1 стандарта EN 450-1 с разными типами добавок для совместного сжигания приведены в табл. 1.

Доли источников энергии в 2007-2020 гг. при строительстве новых ТЭС по состоянию на май 2011 г.

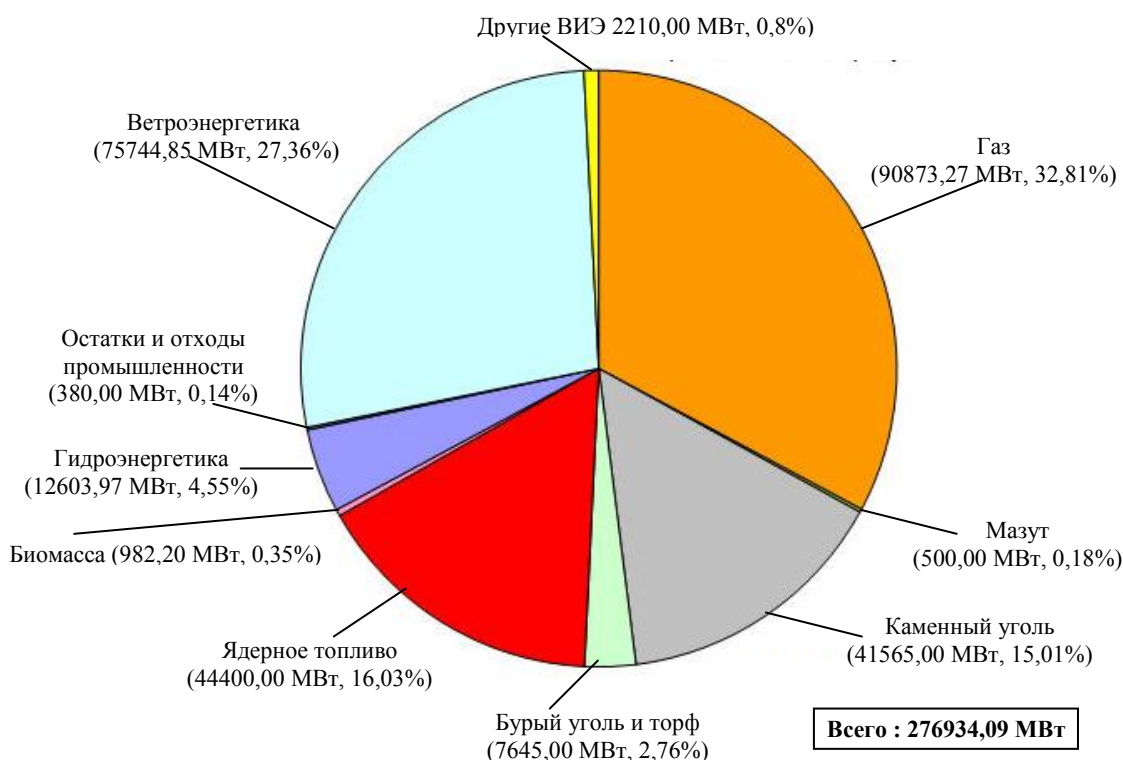


Рис. 7. Новые проекты по ТЭС в Европейских странах-членах [14]

Таблица 1. Типы совместно сжигаемых топлив (таблица пересмотренного стандарта EN 450-1)

1	Твердое биотопливо, удовлетворяющее требованиям стандарта EN 14588:2010, включая отходы животноводства, определенные в 4.3 и исключая древесные отходы, определенные в 4.40, 4.107 и 4.136
2	Животная мука (мясо-костная мука)
3	Муниципальные стоки
4	Шламы бумажной промышленности
5	Нефтяной кокс
6	Жидкое и газообразное топливо, практически не содержащее золу

ПРИМЕЧАНИЕ. Другие виды материалов совместно сжигаемых с углями, не включенных в табл. 3 (табл. 1 пересмотренного стандарта EN 450-1), могут проходить Европейское техническое одобрение.

Котлы, в которых сжигается бурый уголь, предназначены для сжигания определенных типов углей, добытых около ТЭС. Кроме того, эти котлы предназначены для совместного сжигания топлива с добавками.

Новые угольные ТЭС удовлетворяют требованиям по улавливанию и хранению углерода - выделению CO₂ из промышленных процессов и его безопасному и долговременному хранению. Сегодня большинство спроектированных ТЭС технологически подготовлено для улавливания и хранения углерода. Это означает, что они предназначены для применения технологий по снижению выбросов

CO₂, по которым еще продолжают научные исследования. На этих ТЭС определены соответствующие технологии и места для хранения углерода. Для выделения и хранения углерода необходимо реализовать 3 этапа: выделение CO₂ на электростанциях, транспортирование и хранение.

Существует три основных вида технологий для выделения CO₂ из топлива или дымовых газов:

- дожигание;
- предварительное сжигание;
- кислородное сжигание.

Основная технология существует для каждого из решений, и она частично проверена, по крайней мере, на опытных или небольших промышленных установках. Тем не менее, необходимо учитывать увеличение мощности существующих установок и стоимость CO₂-сертификатов. Сомнения имеются в отношении увеличения мощности установок и их стоимости. В нескольких различных местах успешно доказана возможность геологического хранения CO₂, выделенного на установках производительностью 1 млн т/год. Очень большое значение имеет правильная оценка локальных зон хранения. В настоящее время в Восточной Германии были остановлены испытания по хранению CO₂ в глубоких подземных выработках. Возможность транспортирования CO₂ проверена в существующих длинных трубопроводных сетях, особенно в Северной Америке. Разумная осторожность требуется вследствие того, что CO₂ содержит примеси. Обсуждение этого аспекта, например в Германии, вызвало массу вопросов у общественности.

Дожигание

Снижение уровня CO_2 за счет дожигания - процесс, в котором CO_2 удаляется из смеси газов после сжигания природного топлива. Когда такое природное топливо, как уголь, мазут или природный газ сжигается на традиционной ТЭС, дымовые газы содержат некоторое количество CO_2 , обычно в диапазоне от нескольких до 10 %. Остальную часть составляют, в основном, азот или пары воды.

Существует несколько вариантов выделения CO_2 из этой смеси газов путем улавливания CO_2 при дожигании. Наиболее распространенный процесс - это абсорбция, основанная на химической реакции между CO_2 и соответствующим абсорбентом в системе скрубберов, где дымовые газы ТЭС смешиваются с абсорбентом, растворенным в воде. Амины и карбонаты - традиционные абсорбенты, которые используются сегодня.

После процесса абсорбции абсорбент и CO_2 выделяются в регенерационной колонне. В результате этого образуются поток чистого CO_2 и поток абсорбента, который можно повторно использовать в скрубберной колонне. CO_2 затем сжимают и отправляют для его дальнейшего использования или хранения. Процесс дожигания особенно рекомендован для модернизации существующих электростанций с технологией улавливания и хранения углерода.

Предварительное сжигание

CO_2 может быть выделен из природного топлива до сжигания, что является так называемым *методом* выделения CO_2 до сжигания топлива. *Принцип* этого процесса состоит в том, чтобы сначала преобразовать природное топливо в CO_2 и водород H_2 . Затем H_2 и CO_2 выделяются так же, как в процессе дожигания, хотя при этом можно использовать установку меньшей мощности. В результате этого образуется газ, насыщенный водородом, который можно использовать на электростанциях или в качестве автомобильного топлива. При сжигании водорода CO_2 не образуются. В случае улавливания CO_2 с использованием технологии предварительного сжигания можно снизить уровень выбросов CO_2 от ТЭС на 90 % процентов. Поскольку при использовании этой технологии требуются значительные изменения на ТЭС, она является единственной реальной для новых электростанций, а не существующих ТЭС. Это не вариант для пылеугольных ТЭС, составляющих основную часть существующих мощностей. Тем не менее, это вариант для парогазовых установок с внутрицикловой газификацией угля.

Кислородное сжигание

Снижение уровня CO_2 за счет организации кислородного сжигания очень похоже на процесс дожигания с улавливанием CO_2 . Основным отличием его является то, что сжигание осуществляется при наличии чистого кислорода вместо воздуха, что может привести к более высокой температуре горе-

ния. В результате этого дымовые газы содержат, в основном, CO_2 и водяной пар, которые можно легко разделить. В ходе этого процесса можно уловить до 100 % CO_2 .

Тем не менее, получение чистого кислорода является дорогостоящей мерой. В настоящее время доступные технологии получения чистого кислорода, главным образом, основываются на криогенном разделении воздуха. Здесь воздух охлаждается ниже точки кипения перед разделением сжиженного кислорода, азота и аргона. Тем не менее, большое количество энергии, необходимого для этого процесса, приводит к его существенному удорожанию, и для решения этого вопроса проводится большое количество научных исследований в целях разработки мембран, которые позволят выделять кислород из воздуха менее затратно.

Для информирования о ходе развития процесса и расширения знаний об успешном использовании методик улавливания и хранения углерода была создана платформа с нулевым выбросом [15].

Процессы предварительного сжигания и дожигания не будут существенно влиять на объемы образования ППСУ, так как процессы сжигания угля и сероочистки остаются неизменными. Однако ожидается, что более высокая температура горения в при кислородном сжигании окажет влияние на качество ППСУ. Основной технологией снижения или нулевого выброса CO_2 является производство энергии на АЭС. В некоторых странах энергия производится, главным образом, за счет атомной энергетики (например, Франция и Финляндия). В других странах атомная энергетика является частью энергетического баланса и инструментом для работы в направлении сокращения выбросов CO_2 . Обсуждения строительства новых АЭС, в основном, основаны на проблеме размещения отходов атомной энергетики.

После аварии на АЭС в Фукусиме 11 марта 2011 г. в странах-членах ЕС наблюдаются различные реакции. В Германии политики решили закрыть атомную энергетику, хотя за несколько месяцев до этого они решили продлить срок эксплуатации АЭС. В других странах планы строительстве новых АЭС либо заморожены, либо остаются в силе.

3.3. Влияние других аспектов

3.3.1. Добыча угля

Влияние других факторов на выработку электроэнергии угольными ТЭС основано на сжигании импортируемого угля в связи с уменьшением или прекращением национальной добычи угля.

В Бельгии национальная добыча угля достигла максимума 30 млн т в период с 1952 г. по 1953 г. Валлонские шахты были закрыты в конце 1950-х гг., а Лимбургские шахты - через 20 лет. Последняя шахта в Бельгии была закрыта в 1992 г.

В Нидерландах каменный уголь добывали с 1900 г. до середины 1970-ых гг. в районе Южного Лимбурга. На северо-западной окраине немецкого бассейна бурого угля вблизи Кельна бурый уголь

добывался открытым способом с 1925 г. по 1968 г. В настоящее время Роттердам является крупнейшим портом для импорта угля в Европу.

В Германии из более чем 150 шахт в 1950-х гг. осталось только 8, которые подлежат закрытию в 2018 г. Шахты останутся только в трех основных районах добычи бурого угля - в западной части вблизи Кельна, в средней части вблизи Лейпцига и в области Лужица на границе с Польшей.

ТЭС, работающие на каменном угле, будут вынуждены сжигать импортный уголь в большей степени, чем сейчас. Это приведет к затрате значительных усилий для обеспечения надлежащего качества золошлаков с целью их использования в различных областях экономики, а также к образованию нестабильного количества золошлаков в связи с разной зольностью сжигаемого импортируемого угля.

3.3.2. Стандарты продукции

В ноябре 2005 г. CEN учредил новый технический комитет (CEN/TC 351) «Строительная продукция: оценка выброса опасных веществ». TC 351 разработал стандартизованные методы оценки согласованных подходов, связанных с выбросом регламентированных опасных веществ в соответствии с Директивой о строительной продукции (CPD) с учетом предполагаемых условий использования продукта. В нем рассматриваются выбросы в воздух помещений, почву, поверхностные и грунтовые воды.

Стандарты по выбросам в воздух помещений, почву и грунтовые воды скоро начнут проходить официальную процедуру рассмотрения и утверждения в комитетах CEN. В настоящее время продолжается тестирование этих стандартов. При маркировке CE (знак, означающий, что продукт соответствует требованиям ЕС по безопасности продукции) в стандартах на продукцию должна быть добавлена вся информация по регламентированным опасным веществам. Стандарты по наполнителям являются первыми стандартами, в которых необходимо определить контролируемые вещества и предложить методики их определения. Промышленность работает над досье со всеми соответствующими данными с целью выдачи решения о необходимости проведения регулярного тестирования наполнителей на опасные вещества (WT - без процедуры тестирования; WFT - без процедуры дальнейшего тестирования, и FT – необходима процедура дальнейшего тестирования).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Уголь является основным топливом для производства энергии и пара на угольных ТЭС Европы. По оценке в 27 странах-членах ЕС образуется ППСУ в количестве около 100 млн т в год (56 млн т в 15 странах-членах ЕС в 2008 г.). Политическое решение относительно чистых угольных технологий привело к технологическим изменениям на ТЭС и установке систем серо- и азотоочистки, что при-

вело к повышению уровня образования ППСУ в странах с неразвитым рынком их использования.

Решения относительно сокращения или отмены субсидирования национальной угольной промышленности привели к росту использования импортного угля и нестабильности объемов образования золошлаков на ТЭС. Это привело к усложнению и удорожанию реализации золошлаков для производства строительных материалов.

Решение о сокращении выбросов CO₂ привело к росту сжигания биомассы и большему использованию возобновляемых источников энергии (ветроустановки, солнечные электростанции, гидроэнергетика) для производства электроэнергии, а также вынуждает угольные ТЭС больше работать в период пиковых нагрузок или находиться в резерве.

При строительстве новых угольных ТЭС должны учитываться технологии улавливания и хранения CO₂, которые все еще находятся в разработке.

На основании принимаемых политических решений и планов, оказывающих влияние на энергетическое производство в странах-членах ЕС и, соответственно, на образование ППСУ, энергетическая промышленность будет вынуждена дополнительно предпринимать необходимые усилия для постоянного обеспечения высококачественными ППСУ рынка строительных материалов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ

1. **EUROSTAT** 2010
2. **EURACOAL**; Calculation based on data of EURACOAL-Coal in Europe
3. **ECOBA**: Statistics on Production and Utilisation of CCPs in Europe (EU 15) in 2008
4. **IPPC**: Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996 concerning integrated pollution prevention control
5. **BAT**: Best Available Techniques, Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document, July 2006; <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/lcp.html>
6. **LCPD**: DIRECTIVE 2001/80/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 October 2001 on the limitation of emissions of certain pollutants into the air from large combustion plants
7. **IED**: Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) (recast)
8. **E-PRTR**: European Pollutant Release and Transfer Register (E-PRTR); <http://prtr.ec.europa.eu/>
9. **LRTAP**: European Union emission inventory report 1990–2008 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP), EEA Technical Report 7/2010, ISSN 1725-2237
10. **Kyoto protocol** on the United Nations Framework Convention Climate Change, 2008
11. **UNFCCC**: United Nations Framework Convention on Climate Change
12. **COM (2011) 370 final**: proposal for a Directive of European Parliament and of the Council on energy efficiency and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC, Brussels, June 22, 2011
13. **VGB Facts and Figures** 2011/2012; www.vgb.org
14. **VGB Facts and Figures** 2011/2012, updated version of the graph on new projects and announcements of projects
15. **ZEP**: ZEP European Zero Emission Platform <http://www.zero-emissionplatform.eu>

Х.-Й. Фюерборн. Влияние политических решений на производство и качество ППСУ в Европе // Материалы IV научно-практического семинара «Золошлаки ТЭС: удале-

ние, транспорт, переработка, складирование», Москва, 19–20 апреля 2012 г. — М.: Издательский дом МЭИ, 2012. С. 23 – 31.