

## Раздел четвертый

**КОМПЛЕКСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СНИЖЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
ТЕПЛОВЫМИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯМИ****4.5. Аналитические материалы****4.5.2. Проблемы внедрения в электроэнергетике Российской Федерации комплексных технологий снижения воздействия на окружающую среду***М.П. Роганков, «Экополис», Москва, Россия***АННОТАЦИЯ**

В обзорной статье приведена информация о технологиях, которые способны сокращать неблагоприятное воздействие ТЭС на окружающую среду в комплексе. Проанализированы деятельность энергокомпаний по этому направлению в последние годы и их планы на ближайшее будущее. Высказано мнение о необходимости создания системы стимулов и благоприятных условий для внедрения комплексных технологий в свете решений государственных органов по переходу промышленности на внедрение наилучших доступных технологий.

**О КОМПЛЕКСНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ**

Деление природоохранных технологий на узкоцелевые (например, золоулавливание, сероочистка, азотоочистка и др.) и комплексные носит в настоящей Информационной системе МЭИ условный характер. Так, в разделе «Комплексные технологии» представлены результаты внедрения системы конверсии небольшой части сернистого ангидрида, содержащегося в дымовых газах, при сжигании экибастузского угля, в серный ангидрид, что приводит не только к снижению выбросов оксидов серы, но и к повышению эффективности работы электрофильтров вследствие улучшения электрофизических свойств золы. Эта технология могла бы быть с успехом представлена и в подразделе «Золоулавливание» раздела «Охрана воздушного бассейна». Методы снижения выбросов оксидов азота неразрывно связаны с возможным появлением в продуктах сгорания повышенного количества окиси углерода и бенз(а)пирена, а мокроизвестняковая сероочистка приводит к дополнительному улавливанию золы в скрубберах, т.е. они могли бы быть представлены как комплексные технологии. Комплексность природоохранных технологий можно также трактовать как улучшение одной или нескольких экологических характеристик котлов и одновременное повышение эффективности их работы.

В связи с тем, что при сжигании в котлах природного газа из загрязняющих веществ образуются в подавляющем количестве оксиды азота (и только в незначительном — малотоксичный оксид углерода и бенз(а)пирен), то для угольных ТЭС практически любое изменение технологии сжигания или какого-либо экологического показателя приводит к изменению всего комплекса не только технико-экономических, но и экологических показателей работы котельной установки. На ТЭС также продолжает сжигаться и незначительное количество мазута (около 1 % в балансе ТЭС ЕЭС России). В энергетике России практически не осталось мазутных ТЭС. Мазут используется в основном на угольных электростанциях для «подсветки» при сжигании углей с низким выходом летучих, а также на газовых ТЭС при зимних максимумах нагрузок при дефиците газа. В [1,2] представлена технология сжигания водомазутной эмульсии, которая готовится с помощью кавитатора конструкции «МЭИ-ТЭЦ-23». Она позволяет добиться дополнительного к

режимным мероприятиям снижения выбросов оксидов азота, а также окиси углерода и бенз(а)пирена. Одновременно повышается надежность сжигания мазута при увеличении его влажности до 20...30 %. Немаловажно и то, что эмульсия может готовиться с использованием нефте- и маслосодержащих стоков, снижая их количество. Промышленные эксперименты по сжиганию эмульгированного мазута в энергетических котлах России, а также Прибалтики и других стран СНГ, успешно проводились с конца 1970-х годов. Широко известны положительные результаты сжигания водомазутных эмульсий (ВМЭ) не только в мощных котлах, но также и в котлах средней и малой паропроизводительности с эффектом сохранения или даже повышения КПД котлов. По всей видимости, эта технология может найти место и в коммунальных и производственных мазутных котельных, количество которых остается в стране заметным.

К комплексным технологиям для угольных ТЭС можно отнести следующие:

- сжигание угля в кипящем слое, циркулирующем кипящем слое и кипящем слое под давлением;
- газификация твердого топлива;
- сжигание твердого топлива в расплаве;
- котлы с циклонными предтопками.

О технологических аспектах этих технологий см. в разделе 1.5 Информационной системы МЭИ.

К такого же рода технологиям можно отнести ВИР-технологии и сжигание углей в котлах с кольцевой топкой. В связи с тем, что они не представлены в разделе 1.5 Информационной системы МЭИ, ниже приведена краткая информация о них.

ВИР-технология в соответствии с [3] — это малозатратное мероприятие с изменением традиционной газодинамики в топочной камере (организация вихревого движения газов в нижней части топки). Для этого через устье холодной воронки осуществляется нижнее дутье, а горелки наклонены вниз. В результате возникают две зоны горения (т.е. разновидность двухступенчатого сжигания): вихревая низкотемпературная в нижней части топки, включая холодную воронку, и традиционная прямоточная, располагающаяся выше горелок. При этом в котел подается пыль более грубого помола.

В конструкции кольцевой топки эффективно использовано свойство вихревого движения продуктов сгорания, характерное для тангенциальных топок, при котором в центральной зоне топки образуется малопроточная зона. Конструктивно кольцевая топка представляет собой открытую восьмигранную призматическую камеру, внутри которой по всей ее высоте установлена восьмигранная коаксиальная вставка, выполненная из газоплотных панелей. Прямоточные регулируемые горелки установлены на каждой наружной грани в несколько ярусов (в зависимости от мощности котла) и направлены по касательным к внутренней вставке. При таком расположении горелок в кольцевой топке организуется вращатель-

ное движение факела без наброса его на стены внутренней и наружной камер. Такая аэродинамика и повышенное тепловосприятие экранов кольцевой топki позволяют получить сравнительно низкий уровень температуры газов в ядре факела (ниже 1200°C), что исключает активное шлакование экранов и вместе с тем обеспечивают

устойчивое воспламенение, низкий уровень выбросов  $\text{NO}_x$  и экономичное сгорание топлива.

В таблице представлены экологические преимущества применения комплексных технологий в сравнении с традиционными котлами без серо- и азотоочистки.

**Таблица. Экологический эффект различных комплексных технологий для угольных ТЭС (в сравнении с традиционными способами сжигания без серо- и азотоочистки)**

Технология	Стадия освоения в РФ	Содержание $\text{NO}_x$ в дымовых газах; необходимость очистки	Содержание $\text{SO}_2$ в дымовых газах; необходимость очистки	Условия золоулавливания	Пригодность шлака и уловленной золы к использованию	Оценка вероятности широкого промышленного применения в России
Котлы с кипящим слоем (атмосферным)	Внедрено на котле 420 т/ч на Барнаульской ТЭЦ-3	Пониженное из-за отсутствия термических $\text{NO}_x$ ; без очистки	Может быть снижено на 80 % с вводом известняка в топку	Улучшенные условия	Смесь золы, сульфата кальция и известняка или песка. Использование в дорожном строительстве и т.п. сферах	Энергетические котлы с КС в России практически не строятся
Котлы с циркулирующим кипящим слоем	Ведется строительство блока мощностью 330 МВт на Новочеркасской ГРЭС (запуск планируется на конец 2015 г.)	До 300 мг/м <sup>3</sup> ; без очистки	Может быть снижено на 90% с вводом известняка в топку	Улучшенные условия	То же (более подробно см. в [4]).	Энергетические котлы с ЦКС в России практически не строятся
Котлы с кипящим слоем (под давлением)	НИОКР	До 200 мг/м <sup>3</sup> ; без очистки	Может быть снижено на 90...95 % с вводом известняка в топку	Сложные условия для высокоэффективного улавливания в циклонах	Смесь золы, сульфата кальция и известняка или песка. Использование - в дорожном строительстве и т.п. сферах	Энергетические котлы с КС под давлением в России практически не строятся
Газификация	НИОКР	Нужна внутрицикловая очистка от $\text{HCN}$ , $\text{NH}_3$	Нужна внутрицикловая очистка от $\text{H}_2\text{S}$ , $\text{COS}$ , $\text{CS}_2$	Нужна внутрицикловая очистка при высоких температурах	Предстоит дополнительно исследовать	Маловероятно в ближайшие 15-20 лет
Сжигание топлива в расплаве	НИОКР; проект ОПУ на Несветай ГРЭС	100 мг/м <sup>3</sup> ; без очистки	Снижение на 30%, при вводе известняка в расплав – до 90 %	Отсутствует в схеме; содержание золы в д.г. – 50 мг/м <sup>3</sup>	Шлак: (1) «тяжелый», металлический для использования в металлургии и (2) «легкий» для обычного использования. Возможен отказ от золоотвала	Маловероятно. Однако в России периодически всплывают предложения о реализации такой технологии начиная с конца 1930-х годов.
Котлы с циклонными предтопками	НИР	240...300 мг/м <sup>3</sup> ; без очистки	Снижение на 55 % и до 90 % при двухступенчатом сжигании; без очистки	16 мг/м <sup>3</sup>	Предстоит дополнительно исследовать	Маловероятно в ближайшие 15-20 лет
ВИР-технология	Было опытное внедрение на котле П-59 Рязанской ГРЭС и БКЗ-75-35 Коми-энерго	Заявленные показатели: снижение на 40...50 %; без очистки	93 мг/м <sup>3</sup> ; без очистки	Повышается КПД электрофильтров	Обычное использование	Маловероятно, т.к. фактические показатели на Рязанской ГРЭС оказались значительно хуже заявленных.
Котлы с кольцевой топкой	Внедрено на котле 820 т/час Ново-Иркутской ТЭЦ	400 мг/м <sup>3</sup> ; без очистки	Нет данных	Нет данных	Обычное использование	Вероятность высока. Положительный опыт эксплуатации более 10 лет.

## ИНВЕСТИЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЭНЕРГОКОМПАНИЙ В ОБЛАСТИ ВНЕДРЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ПРИРОДООХРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В порядке прояснения состояния уровня внедрения комплексных природоохранных технологий автором изучена деятельность энергокомпаний РФ, просмотрены их отчеты по охране окружающей среды за 2013 г., соответствующие разделы сайтов, инвестиционные и природоохранные программы, планы мероприятий. В числе компаний - все ОГК, ТГК, а также ДВЭУК, КЭС, ИнтерРАО. Попутно следует заметить, что указанные материа-

лы очень бедны по содержанию или декларативны, во многих случаях компании ограничиваются кратким документом об экологической политике с общеизвестными принципами и направлениями деятельности. Во многих случаях конкретные планы мероприятий и вовсе отсутствуют. Ознакомление с упомянутыми документами выявило лишь единичное планируемое внедрение крупных комплексных технологий.

### О строительстве энергоблоков с котлами с ЦКС

На Черепетской ГРЭС первоначально намечалось строительство двух блоков по 225 МВт с котлами с циркулирующим кипящим слоем на Черепетской ГРЭС. На

этой же станции было намечено опробовать сухую пыле- и сероочистку по NID-технологии. Однако в конечном итоге вместо котлов с ЦКС на Черепетской ГРЭС было принято решение о строительстве котлов с традиционным пылеугольным факельным сжиганием.

Проект модернизации Новочеркасской ГРЭС заключается в строительстве на свободной площадке станции нового энергоблока №9 мощностью 330 МВт с установкой котла с ЦКС. Это будет первый в России энергоблок российского производства с применением технологии ЦКС, являющийся оптимальным решением с точки зрения существующих экологических норм и соответствующий требованиям действующих европейских стандартов по выбросам вредных веществ. Котельный агрегат с ЦКС паропроизводительностью 1000 т/ч (параметры пара 24,5 МПа, 565°C) является результатом совместного производства ОАО «ЭМАльянс» и Foster Wheeler. Реализация проекта позволит повысить конкурентоспособность Новочеркасской ГРЭС на рынке электроэнергии и мощности, увеличить прибыль предприятия за счет повышения экономичности работы и увеличения отпуска электроэнергии, а также даст возможность проведения реконструкции существующего основного энергетического оборудования.

Существенным недостатком проекта по строительству энергоблока №9 является применение технологически устаревшей экономически неэффективной и экологически неприемлемой системы гидрозолоудаления для донной и электрофильтровой золы с использованием гидрозолошлакоотвала Новочеркасской ГРЭС. С учетом дефицита строительных материалов как в Ростовской области, так и в Южном федеральном округе в целом, было бы гораздо правильнее при разработке проекта строительства энергоблока №9 рассмотреть вопрос создания экономически эффективной и экологически приемлемой системы обращения с золошлаками Новочеркасской ГРЭС в целом, где оборудование золошлакоудаления энергоблока №9 было бы частью этой новой создаваемой системы. В состав пускового блока новой системы обращения с золошлаками вошло бы оборудование золошлакоудаления энергоблока №9 и силосный склад отгрузки сухой золы с узлом переработки донной и летучей золы в товарную продукцию. При таком подходе при модернизации устаревших энергоблоков Новочеркасской ГРЭС вопрос обращения с золошлаками решался бы уже с использованием наилучших доступных природоохранных технологий. К сожалению этого не произошло. Строительно-монтажные работы по проекту ведутся по плану. Срок ввода энергоблока №9 в эксплуатацию намечен на конец 2015 г. Еще есть время поправить стратегическую ошибку в вопросе обращения с золошлаками на Новочеркасской ГРЭС.

### **О внедрении оптимизированных и новых технологий сжигания топлив в энергетических котлах**

ООО «Политехэнерго», как автор ВИР-технологии, извещает о планах ее внедрения на некоторых ТЭС после имевшего место опробования ее на Рязанской ГРЭС. И это практически все, что удалось выявить. Нет планов по сооружению и освоению блоков на сверхкритических параметрах, парогазовых установок (ПГУ) с внутрицикловой газификацией угля, улавливания и захоронения CO<sub>2</sub> и некоторых других, приносящих комплексный экологический эффект. Следует также отметить, что сроки внедрения технологий, указанных в таблице, относятся к

первым годам XXI века, а большинство НИОКР и проектирование опытно-промышленных установок (ОПУ) давно фактически остановлено. Такое положение дел выглядит очень неблагоприятно на фоне того, что происходит за рубежом. К началу XXI века число котлов с кипящим слоем всех трех разновидностей превысило в мире 600, а их суммарная тепловая мощность — 60000 МВт<sub>(т)</sub>. Другой пример: в 2014 г. германская компания RWE приступила к реализации проекта ПГУ с внутрицикловой газификацией бурого угля и улавливанием и захоронением CO<sub>2</sub> мощностью 450 МВт с объемом инвестиций 1,7 млрд евро. Еще в бывшем СССР технология ПГУ с внутрицикловой газификацией была доведена до проектных работ, однако планов опробования этой технологии хотя бы на маломасштабной ОПУ в России сейчас не зафиксировано.

В сложившихся условиях хозяйствования в электроэнергетике ожидать инициативы от энергокомпаний в отношении внедрения комплексных природоохранных технологий нереалистично. Приоритетом для них являются финансовые результаты деятельности, прибыльность, и в эту систему не входят существенные траты на новые масштабные природоохранные технологии. Свои задачи они ограничивают устранением узких технологических мест на действующих ТЭС, узкоцелевыми мало-затратными мероприятиями, удовлетворением текущих требований со стороны органов государственной власти и тем, что зафиксировано в документах о допустимых нормативах выбросов, сбросов и размещения отходов. На большее компании не настраивают ни система нормирования, ни экологические платежи, которые давно «устоялись» в их финансовом балансе. Возврат части экологических платежей на новые мероприятия почти совсем не практикуется, да и речь для внедрения комплексных технологий идет о существенно больших суммах финансирования. Озабоченность вызывает и то, что в отсутствие современных норм технологического проектирования ТЭС немногочисленные новые угольные станции проектируются в большинстве случаев по «лекалам» более чем 30-летней давности. Так, например, основополагающий документ по проектированию ТЭС «НОРМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ ВНТП 81» были утверждены Минэнерго СССР 8 октября 1981 г. и с тех пор не пересматривались. При условии реального, а не декларируемого введения в России системы наилучших доступных природоохранных технологий возникнет возможность преодоления технологического отставания в энергетике.

### **ВОЗМОЖНЫЕ МЕРЫ СТИМУЛИРОВАНИЯ**

Понятно, что комплексные технологии это, как правило, масштабные и затратные мероприятия, и прежде чем перейти к промышленному внедрению, необходимо опробование на опытно-промышленных или демонстрационных установках. Для осуществления такого рода мероприятий необходима система мер по поддержке пилотных проектов, создания льготных условий, стимулов и т.п. Это может быть сделано в рамках внедрения системы наилучших доступных технологий, введенной в действие в РФ в 2014 г. [5, 6]. Примером могут послужить меры для широкого распространения возобновляемых источников энергии, принятые Минэнерго РФ [7]. Ниже приведены адаптированные к масштабным комплексным технологиям предложения по таким мерам:

- разработать и регулярно уточнять объекты внедрения комплексных технологий;
- обеспечить разработку и реализацию мер по привлечению внебюджетных инвестиций для сооружения новых и реконструкции действующих объектов с использованием комплексных технологий, включая законодательно определенную меру (федеральный закон от 26.03.2006 г. №35-ФЗ «Об электроэнергетике») – предоставление субсидий в порядке компенсации стоимости технологического присоединения к электрическим сетям квалифицированных генерирующих объектов на базе комплексных технологий;

С целью выравнивания конкурентных условий для производителей электроэнергии на основе использования комплексных и традиционных технологий предусмотреть следующее:

- установить и регулярно уточнять размеры и сроки действия надбавки, прибавляемой к равновесной цене оптового рынка на электрическую энергию для определения цены на электрическую энергию, произведенную на основе использования комплексных технологий;
- установить обязанность по приобретению покупателями электрической энергии, произведенной на основе использования комплексных технологий;
- реализовать меры по совершенствованию правового режима использования природных ресурсов для сооружения и эксплуатации электрогенерирующих объектов на основе использования комплексных технологий;
- использовать механизмы дополнительной поддержки комплексных технологий;
- разработать комплекс нормативно-правовых документов по внедрению мер поддержки комплексных технологий, в первую очередь,
- надбавки, в механизмы функционирования оптового и розничных рынков электроэнергии (включая регионы, не объединенные в ценовые зоны оптового рынка).

В области совершенствования инфраструктурного обеспечения развития производства электрической энергии с использованием комплексных технологий предусмотреть следующее:

- повысить эффективность научного обеспечения и технологического сопровождения развития комплексных технологий;
- использовать преимущественно потенциал отечественной промышленности;
- создать и развивать общедоступную информационную среду;
- организовать подготовку специалистов, а также разработку системы нормативно-технической и методической документации по проектированию, строительству и эксплуатации объектов с комплексными технологиями;
- содействовать созданию системы стимулирования производства и сбыта электрической энергии, произведенной в энергоустановках с использованием комплексных технологий;
- создание стимулов для производителей оборудования;
- планирование на региональном уровне;
- инициативы бизнес-сообществ; широкое обсуждение перспективных программ энергокомпаний на предмет достижения целей внедрения наилучших доступных технологий.

Очевидно, что инициатива по внедрению комплекс-

ных технологий должна исходить от Минэнерго РФ, она должна быть поддержана научно-техническим и академическим сообществом, финансово-промышленными группами, а наиболее значимые технологии могли бы составить одну из программ Минэнерго РФ. Прообразом может послужить «Программа технологий чистого угля» США. Она была начата в 1986 г. и несколько раз обновлялась (последние обновления были в 2006 г. и 2009 г.). Первоначальная цель состояла в борьбе с кислотными дождями, вызванными выбросами окислов серы и азота. Программа финансировалась Правительством США, государственными ведомствами и частным бизнесом. В нее были включены многообещающие технологии, которые требовалось довести до коммерческого уровня. Первоначальная стоимость составила USD 3.7 млрд (из них 1.5 млрд из фондов Федерального Правительства). Любопытно, что частный сектор превысил ожидания и вложил в реализацию программы USD 3.2 млрд. Более 55 производителей электроэнергии, 50 разработчиков и 30 инженерных и консультационных компаний участвовало в реализации первой версии программы. Программа охватила такие направления, как газификация угля и газотурбинные установки, топливные элементы, получение жидкого топлива, улавливание CO<sub>2</sub> и его захоронение. В последнюю версию программы 2009 г. включено 43 демонстрационных проекта.

Очевидно, что в настоящее время РФ не может себе позволить столь масштабную программу, но 3-4 наиболее актуальные технологии со 100 %-ным гарантированным положительным эколого-экономическим результатом внедрения могли бы найти себе место в одной из программ Минэнерго РФ.

### **ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКОМ УРОВНЕ ТЭС С КОТЛАМИ С ЖИДКИМ И ТВЕРДЫМ ШЛАКОУДАЛЕНИЕМ**

На ТЭС РФ находят применение угольные котлы как с твердым, так и с жидким шлакоудалением (ТШУ и ЖШУ соответственно), и в каждом случае выбора нового котла или реконструкции действующего необходимо полностью выявлять все экологические преимущества и недостатки каждой из технологий. Такой анализ позволил бы более полно учитывать экологические факторы наряду с технико-экономическими показателями. Ключевым экологическим обстоятельством традиционно считается существенное различие содержания оксидов азота в дымовых газах. Здесь возникают вопросы: какова эффективность комплекса мер по подавлению оксидов азота в топочной камере котлов (ступенчатое сжигание угля, конструкции горелок, подача пыли высокой концентрации, рециркуляция дымовых газов в топку и др.) при сохранении надежности и экономичности сжигания угля, и необходима ли азотоочистка для достижения нормативного значения выбросов. Строительство установок азотоочистки неизбежно повлечет за собой существенное увеличение капитальных и эксплуатационных затрат, а также приведет к усложнению условий эксплуатации. Однако помимо этого различия следует учесть и другие обстоятельства. На котлах с ЖШУ в РФ применяется только гидравлическое шлакоудаление (хотя за рубежом уже давно и с успехом применяются пневмомеханическое шлакоудаление, но на котлах с ТШУ), следствием чего является необходимость строительства гидрозолошлакохранилища со всеми его недостатками экологического характера. Пневмомеханическое шлакоудале-

ние позволяет не только повышать коэффициент топливоиспользования ТЭС за счет гарантированного снижения горючих в шлаке ниже норм, но также создает условия для отгрузки сухих шлаков с требуемыми потребительскими свойствами без ограничений по содержанию потерь при прокаливании в них. В топочной камере котлов с ТШУ и ЖШУ разные уровни содержания в дымовых газах бенз(а)пирена и окиси углерода. Разные пропорции образования в топке шлака и летучей золы обуславливают разную запыленность дымовых газов и некоторые различия в условиях золоулавливания. То же возникает при различной тонине помола углей, необходимой для его оптимального сжигания в котлах с ЖШУ и ТШУ. Вследствие разного уровня недожога зола и шлак, отводимые от котлов с ЖШУ и ТШУ, обладают разными для их утилизации потребительскими свойствами, и в некоторых случаях целесообразно применять электромагнитную сепарацию уловленной золы. По мнению специалистов МЭИ полный учет всех перечисленных факторов приводит к выводу о целесообразности перевода котлов с ЖШУ на ТШУ. О технологических и экологических аспектах сжигания определенных марок углей в некоторых конкретных котлах с ТШУ и ЖШУ можно ознакомиться, в частности, в статьях раздела 4.3 настоящей Информационной системы МЭИ.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ

1. **М.Г. Лысков, В.Б. Прохоров, Н.А. Зройчиков, И.В. Галас.** Сжигание водомазутной эмульсии в паровых котлах ТЭЦ-23 Мосэнерго в сочетании с режимными и технологическими мероприятиями. На сайте Информационной системы МЭИ [www.osi.ecopower.ru](http://www.osi.ecopower.ru)
2. **Экология энергетики.** Учебное пособие. Под общей редакцией В.Я. Путилова. М.: Издательство МЭИ, 2003.
3. **Протокол заседания секции НТС РАО ЕЭС России** от 3-4 июня 2003 г. №34 «Результаты освоения и комплексных испытаний котла П-59 Рязанской ГРЭС после его реконструкции на низкоэмиссионное сжигание березовских углей.
4. **Я. Хыцнар.** Зола котлов с ЦКС – производство и утилизация. Материалы 2-го Международного научно-практического семинара «Золошлаки ТЭС: удаление, транспорт, переработка, складирование». Москва. 23-24 апреля 2009 г. – М.: Издательский дом МЭИ. – с.53-56.
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](http://www.zakonrf.info))
7. **Информация Минэнерго РФ** с сайта <http://www.minenergo.gov.ru/>