



ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ И ВНЕДРЕНИИ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ПРИРОДООХРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ*

В.Я. Путилов, И.В. Путилова

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Информационно-аналитический центр «Экология энергетики» (ИАЦЭЭ МЭИ)
д. 14, ул. Красноказарменная, Москва, 111250, Россия
тел./факс: +7(495)362-79-12; e-mail: putilovaiv@ecopower.ru

doi: 10.15518/isjaee.2018.04-06.082-094

Заключение совета рецензентов: 15.01.18 Заключение совета экспертов: 30.01.18 Принято к публикации: 09.02.18

Представлены общие сведения об экологической экспертизе энергетических проектов в России согласно федеральному законодательству с учетом изменений и дополнений. Описаны основные виды экологической экспертизы, которые проводятся в России, и основные объекты обязательной государственной экологической экспертизы федерального уровня – в энергетике это прежде всего электрические станции, сжигающие природный газ, мазут и твердое топливо. Анализировалась текущая ситуация, связанная с повышением требований природоохранного законодательства РФ в энергетике и соответствующим влиянием научно-технической экологической экспертизы на внедрение наилучших доступных технологий. Перечислены главные причины, по которым независимая научная экологическая экспертиза энергетических проектов проводится недостаточно. Отмечено, что особая роль должна отводиться высшим образовательным учреждениям и научно-исследовательским институтам, имеющим в штате научных сотрудников – профессионалов в различных вопросах энергетической тематики. Рассмотрен вопрос экологической подготовки персонала энергетических холдингов и энергокомпаний на основе 20-летнего опыта работы Научно-образовательного центра «Экология энергетики» Московского энергетического института. Изложены соображения авторов по поводу экспертизы в области обращения с отходами (золошками) производства тепловой и электрической энергии с учетом правовых и нормативно-технических документов. Представлена блок-схема перспективной системы обращения с золошками на ТЭС с учетом возможности максимального сбора и отгрузки сухой золы, экологически приемлемых способов складирования невостребованной части сухой золы и др., – а также модернизированная структурная схема перспективной системы золошлакоудаления ТЭС. Описаны примеры реализации проектов модернизации систем обращения с золошками на ГРЭС с разным уровнем соответствия экспертизы современным тенденциям развития систем обращения с золошками ТЭС с применением наилучших доступных технологий в энергетике.

Ключевые слова: экологическая экспертиза; наилучшие доступные технологии; экспертиза проектов; научная экспертиза; охрана окружающей среды; экология энергетики; обращение с золошками ТЭС.

ON THE ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT AND IMPLEMENTATION OF THE BEST AVAILABLE ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES

V.Y. Putilov, I.V. Putilova

National Research University "MPEI",
Information and Analytic Center "Ecology of Power Engineering" of MPEI (IACEE MPEI)
14 Krasnokazarmennaya St., Moscow, 111250, Russia
tel./fax: +7(495)362 79 12; e-mail: putilovaiv@ecopower.ru

*Путилов В.Я., Путилова И.В. Об экологической экспертизе энергетических проектов и внедрении наилучших доступных природоохранных технологий // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEЕ). 2018;(04-06):82-94.

The paper contains general information on the environmental impact assessment of the projects in Russia in compliance with the relevant federal legislation taking into account changes and additions. The paper describes the main types of environmental expertise applied in Russia, and the main objects of compulsory state ecological expertise in power engineering of the federal level including first of all gas, oil and coal-fired power plants. We have analyzed the current situation related to the tightening of the Russian environmental legislation and the corresponding impact of scientific and technical environmental expertise on the BAT implementation. The paper lists the chief reasons for a lack of the independent scientific environmental assessment of energy projects. At the same time, we note that a special role should be assigned to higher educational institutions and research institutes with scientific staff being professionals in various energy issues. Based on 20 years' experience of the Centre for Science and Education "Ecology of Power Engineering" of the Moscow Power Engineering Institute, we have considered the issue of ecological training of personnel from energy holding and companies. The authors' views on the expertise on management of wastes (coal ash) from thermal and electric energy production are considered, taking into account the legal and normative-technical documents. The paper presents a block diagram of the prospective coal ash handling system of thermal power plants and the modernized structural scheme of the prospective ash and slag removal system of TPPs. The block diagram provides the possibility of maximum collection and shipment of dry ash as well as environmentally acceptable ways of storing the unclaimed dry ash. The paper describes the examples of the implementation of the ash handling modernization projects at State District Power Plants with different levels of expertise compliance with the current trends in the development of ash handling systems using the best available technologies in the power engineering.

Keywords: environmental expertise; the best available technologies; project expertise; scientific expertise; environmental protection; ecology of power engineering; coal ash handling.



Viacheslav Yakovlevich
Putilov
Viacheslav Putilov

Сведения об авторе: канд. техн. наук, ведущий научно-образовательным центром «Экология энергетики» Национального исследовательского университета «Московский энергетический институт» (НОЦ «Экология энергетики» МЭИ); академик РАПЭ; член секции «Энергосберегающие и экологические проблемы энергетики» Научно-технического совета Единой энергетической системы России (с 1987 г.).

Награды: дипломы ВДНХ/ВВЦ, бронзовая медаль ВДНХ СССР в 1987 г.; медаль «В память 850-летия Москвы»; лауреат IV Национальной экологической премии России за 2007 г.; диплом Минобрнауки России в 2007 г.; лауреат Польской награды в области решения проблемы золошлаков энергетики «Phoenix 2009».

Образование: Московский энергетический институт (1972 г.); Московский институт управления (1982 г.).

Область научных интересов: природоохранные технологии в энергетике; проблема обращения с золошлаками тепловых электростанций; повышение квалификации и профессиональная переподготовка специалистов энергопредприятий по направлениям «Теплоэнергетика и теплотехника» и «Электроэнергетика и электротехника»; информационное обеспечение природоохранной деятельности энергопредприятий ТЭК, ЖКХ и других отраслей экономики.

Публикации: более 160, включая монографии, авторские свидетельства и патенты РФ, учебники, учебные и практические пособия, отраслевые руководящие документы.

h-index: 4

Information about the author: Ph.D. in Engineering, Head of the Center for Science and Education "Ecology of Power Engineering" of MPEI; Academician of the Russian Academy of Industrial Ecology (RAIE); Member of the Section "Energy Saving and Ecological Problems of Power Engineering"; Scientific and Technical Council of the Russian Energy System since 1987.

Awards: diplomas of VDNH, a Bronze Medal of VDNH of USSR in 1987; Medal "In Memory of the 850th Anniversary of Moscow"; Laureate of IV National Ecological Award for 2007; diploma of the Ministry of Education and Science of Russia for 2007; Laureate of the Polish Award on solution of the coal ash handling problem.

Education: Moscow Power Engineering Institute, 1972; Moscow Institute of Management, 1982.

Research interests: nature protection technologies in power engineering; coal ash handling; professional development and retraining of specialists of power utilities in the field of thermal power engineering and electric power engineering; information support of nature protection activity of power utilities of the fuel and energy complex; housing and communal services and other branches of economy.

Publications: more than 160 including monographs, certificates and patents of the Russian Federation, textbooks, tutorials, manuals and branch guidelines.



Ирина Вячеславовна
Путилова
Irina Putilova

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент, заместитель заведующего научно-образовательным Центром «Экология энергетики» (НОЦ «Экология энергетики» МЭИ), член редакционной коллегии от России электронного журнала “Coal Combustion and Gasification Products” (www.coalcgp-journal.org).

Награды и премии: обладатель гранта для поддержки научно-исследовательской работы аспирантов вузов Минобразования России в 2003 г., обладатель гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых 2005–2006 гг.; победитель конкурса «Мой первый грант» Российского фонда фундаментальных исследований, 2012 г.

Образование: Московский энергетический институт (2001).

Область научных исследований: природоохранные законодательство и технологии в энергетике, проблема обращения с золошлаками энергетики; информационное обеспечение природоохранной деятельности энергопредприятий ТЭК, ЖКХ и других отраслей экономики; повышение квалификации и профессиональная переподготовка специалистов энергопредприятий по направлениям «Теплоэнергетика и теплотехника» и «Электроэнергетика и электротехника».

Публикации: более 80.

Information about the author: Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Deputy Head of the Centre for Science and Education “Ecology of Power Engineering” of MPEI, Member of the Editorial board from Russia of the Electronic Journal “Coal Combustion and Gasification Products” (www.coalcgp-journal.org).

Awards: holder of the grant supporting the researches of postgraduates of high schools of the Russian Ministry of Education and Science for 2003, winner of the Russian President’s grant for state support of the young Russian scientists for 2005–2006; winner of the tender “My First Grant”, Russian Foundation for Basic Research, 2012.

Education: Moscow Power Engineering Institute, 2001.

Research interests: environmental protection legislation and technologies in power engineering, coal ash handling; information support of nature protection activity of power utilities of the fuel and energy complex, housing and communal services and other branches of economy; professional development and retraining of specialists of power utilities on Thermal Power Engineering and Electric Power Engineering.

Publications: more than 80.

Введение

Согласно Энергетической стратегии России на период до 2030 г. [1], главными ориентирами долгосрочной государственной энергетической политики являются:

- энергетическая безопасность;
- энергетическая эффективность экономики;
- бюджетная эффективность энергетики;
- экологическая безопасность энергетики.

Важную роль при реализации этой стратегии должна играть инновационная научно-техническая политика, которую невозможно проводить с положительными результатами без выполнения внешней квалифицированной экспертизы технических решений в области охраны окружающей среды.

Эффективное внедрение наилучших доступных природоохранных технологий (НДПТ) в энергетику России и реальное соблюдение энергопредприятиями и энергокомпаниями в практической деятельности природоохранного законодательства, включая «О внесении изменений в Федеральный закон “Об охране окружающей среды” и отдельные законодательные акты Российской Федерации» [2], также невозможны без проведения внешней экологической экспертизы энергетических проектов.

Авторы статьи считают необходимым привлечение авторитетных специалистов международного уровня из научно-образовательных и научно-исследовательских учреждений для проведения независимой внешней научно-технической экспертизы на всех стадиях жизненного цикла проектов в целях эффективной реализации Энергетической стратегии России с учётом внедрения НДТ.

Список обозначений	
<u>Аббревиатуры</u>	
ГЗШУ	Гидрозолошлакоудаление
ГРЭС	Государственная районная электрическая станция
ЗШУ	Золошлакоудаление
МЭИ	Московский энергетический институт
НОЦ «Экология энергетики»	Научно-образовательный центр «Экология энергетики»
НДПТ	Наилучшие доступные природоохранные технологии
НДТ	Наилучшие доступные технологии
ОГК-2	Оптовая генерирующая компания №2
ПАО	Публичное акционерное общество

Продолжение списка обозначений

РД	Руководящий документ
ТЭС	Тепловая электрическая станция
ТЭЦ	Теплоэлектроцентраль

Теоретическая часть

Общие сведения об экологической экспертизе проектов

Согласно [2], в России существуют два основных вида экологической экспертизы, которые различаются субъектами инициативы и исполнительных работ:

- государственная экспертиза, которую инициируют органы власти и проводят специализированные государственные институты и отделы;
- общественная экспертиза, которую инициируют общественные организации или органы местного самоуправления.

В соответствии с [3] государственная экологическая экспертиза является правовой мерой обеспечения выполнения экологических требований при принятии экологически значимых решений, а общественная экологическая экспертиза – средством вовлечения заинтересованной общественности в механизм принятия экологически значимых решений.

Кроме перечисленных, существуют и другие виды экологической экспертизы [4]: 1) ведомственная (отраслевая); 2) научная (научно-техническая); 3) коммерческая.

Ведомственная экспертиза считается наиболее важной, поскольку доказывает экологическую безопасность проекта или фиксирует степень экологической опасности. Данные исследования чаще других принимаются во внимание при проведении государственной экспертизы [4].

Научная (научно-техническая) и коммерческая экспертизы приобретают правовой статус либо при включении в общественную экологическую экспертизу, либо при использовании ее заключений при проведении государственной экологической экспертизы.

Согласно [5], объектами обязательной государственной экологической экспертизы федерального уровня в энергетике являются:

- проектная документация, в том числе на строительство и реконструкцию, объектов, используемых для размещения и /или обезвреживания отходов I–V классов опасности, а также проекты по выводу из эксплуатации указанных объектов, проекты рекультивации земель, нарушенных при размещении отходов I–V классов опасности, и земель, используемых, но не предназначенных для размещения отходов I–V классов опасности;
- проектная документация объектов капитального строительства, относящихся в соответствии с законодательством в области охраны окружающей среды к объектам I категории, за исключением случаев, если такая проектная документация входит в

состав материалов обоснования лицензий в соответствии с подпунктом 4 ст. 11 (вступает в силу с 01.01.2019).

К I категории относятся объекты, оказывающие значительное негативное воздействие на окружающую среду и требующие обязательного применения НДТ. В энергетической отрасли такие объекты осуществляют хозяйственную деятельность по обеспечению электрической энергией, газом и паром потребителей посредством оборудования с установленной электрической мощностью 250 МВт и более (при потреблении в качестве основного твердого и /или жидкого топлива) или с установленной электрической мощностью 500 МВт и более (при потреблении в качестве основного газообразного топлива) [5].

Экспертами государственной экологической экспертизы могут быть как штатные, так и внештатные сотрудники Росприроднадзора [6]. При этом к государственной экспертизе может относиться научная (научно-техническая) экспертиза, которая также может иметь статус и общественной, и специальной экспертизы. «Научная и научно-техническая экспертиза – деятельность, связанная с организацией проведения исследований, анализом и оценкой объектов экспертизы, подготовкой и оформлением экспертных заключений относительно этих объектов, необходимых для обоснования принятия общественно значимых решений. Научная и научно-техническая экспертиза является одним из видов научно-исследовательской деятельности. Экспертное заключение и другие результаты, полученные в ходе проведения научной и научно-технической экспертизы, относятся к результатам научно-технической деятельности...» [6].

Для того чтобы не приходилось устранять последствия экологически необоснованных технических решений, государству необходимы специальные инструменты, прежде всего, как полагают авторы статьи [7], хорошо зарекомендовавшие себя превентивные инструменты, такие как стратегическая экологическая оценка (СЭО), оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) и экологическая экспертиза проектов. Согласно материалам [8], СЭО – один из ключевых международных инструментов охраны окружающей среды (реализуется более чем в 50 странах) – повышает качество планирования и принятия решений в плане учета и интеграции экологических приоритетов. Ожидается, что в России в ближайшее время будет разработана правовая база для проведения СЭО, что актуально в связи с принятием Федерального закона «О стратегическом планировании в Российской Федерации» [9], который регламентирует создание отраслевых, в том числе в энер-



гетике, документов стратегического планирования. Следует отметить, что в 2016–2017 гг. был выполнен пилотный проект по СЭО «Комплексной программы социально-экономического развития Новокузнецкого муниципального района до 2025 г.» в Кемеровской области [10].

На сегодняшний день в Российской Федерации экологическая оценка проектов включает в себя два основных элемента: ОВОС и экологическую экспертизу. В отличие от экологической экспертизы, которая проводится независимым государственным органом, ОВОС проводит сам заказчик или физическое (юридическое) лицо, которому заказчик предоставил право на проведение работ по оценке воздействия на окружающую среду.

О влиянии научно-технической экологической экспертизы на внедрение НДТ в энергетику России

В 2016 г. вступило в силу новое природоохранное законодательство с последующим повышением ответственности за загрязнение окружающей среды к 2020 г. Самым масштабным законодательным актом в области охраны окружающей среды с момента принятия Федерального закона «Об охране окружающей среды» в 2002 г. [11] стал Федеральный закон «О внесении изменений в Федеральный закон “Об охране окружающей среды” и отдельные законодательные акты Российской Федерации» 2014 г. [12]. Ключевым аспектом всего природоохранного законодательства является внедрение НДТ при ведении хозяйственной деятельности юридическими и физическими лицами. Данный ФЗ содержит положения, касающиеся широкого круга вопросов государственного регулирования природоохранной деятельности: реформирование природоохранного нормирования вообще и внедрение НДТ и комплексных экологических разрешений в частности; категорирование объектов хозяйственной и иной деятельности в зависимости от уровня негативного воздействия на окружающую среду и соответствующая дифференциация обязательных экологических требований к этим объектам; введение единой государственной системы учета объектов хозяйственной и иной деятельности; законодательное регулирование платы за негативное воздействие на окружающую среду; создание системы экономического стимулирования при осуществлении природоохранных мероприятий [12].

По мнению авторов данной статьи, ужесточение природоохранного законодательства и особенно резкий рост экологических платежей будут способствовать более ясному пониманию руководителями энергокомпаний необходимости проведения внешней независимой научной экспертизы технических решений в области охраны окружающей среды. Это связано с тем, что для получения максимально объективной экспертной оценки энергетических проектов требуется научная экспертиза действительно неаффилированными и независимыми организациями на всех этапах их осуществления, начиная с разработки основ-

ных технических решений (ОТР) и/или технических заданий (ТЗ). При этом стоит особо отметить, что к научной экспертизе необходимо привлекать авторитетных специалистов из профильных государственных научно-образовательных и научных организаций, которые активно занимаются исследованиями и разработками по внедрению НДТ в энергетике и дорожат своей репутацией в научно-техническом сообществе (создание новых научных экспертных организаций в дополнение к существующим не предполагается). Целью экспертизы, которую заказывают энергокомпании, должно стать получение объективной оценки проекта на любой стадии его осуществления.

Внешняя реально независимая научная экологическая экспертиза энергетических проектов проводится редко вследствие следующих причин:

- переоценка заказчиками собственной квалификации в области экологии энергетики;
- незначительная доля экологических платежей в структуре себестоимости энергетического производства;
- недооценка или игнорирование заказчиками возможных эколого-экономических последствий реализации планируемого проекта;
- желание заказчика получить заранее определенный результат экспертизы по уже полностью разработанному проекту независимо от его эколого-экономического содержания.

В настоящее время привлечение внешних экспертов для экспертизы проектов некоторыми энергокомпаниями носит нерегулярный и несистемный характер, часто только если существует необходимость получения псевдонезависимого положительного экспертного заключения от отраслевых организаций или иных явно или косвенно аффилированных организаций на проект с серьезными экологическими недоработками при его продвижении в органах исполнительной власти. Более редкие случаи – это когда при проведении конкурсных процедур привлекают внешних реально независимых экспертов из государственных научно-образовательных или научных организаций к оценке технико-коммерческих предложений на разработку и реализацию проектов модернизации или строительства энергетических объектов. Авторам статьи вовсе неизвестны случаи, когда внешних независимых экспертов привлекали к разработке и/или экспертизе ОТР и/или ТЗ на разработку проектов модернизации или строительства энергетических объектов.

О качестве внешней независимой научной экспертизы или ее фактическом отсутствии можно судить, в том числе, по результатам сопоставительного анализа эколого-экономических показателей ТЭС в России и промышленно развитых странах мирового сообщества. Сложившаяся практика использования заказчиком аффилированных организаций для проведения отраслевой (ведомственной) экспертизы с целью формулирования необходимых заказчику выводов об энергетическом проекте, независимо от его



технического совершенства и эколого-экономических показателей, не только препятствует внедрению НДТ, но и подрывает экономику России, поскольку стоимость экологической экспертизы проектов несопоставимо мала по сравнению с последствиями от внедрения экономически неэффективных и экологически неприемлемых технологий.

О роли и месте университетов и НИИ в научной экологической экспертизе энергетических проектов

Согласно ФЗ [2], государственной экспертизе подлежат проектная и предпроектная документация. Однако государство не в состоянии содержать целую армию реально квалифицированных независимых экспертов, которые будут работать лишь периодически, по всем вопросам производственной деятельности предприятий всех отраслей экономики. Наилучшим решением этой проблемы представляется привлечение к экспертизе сотрудников профильных университетов, научно-исследовательских, проектных и других специализированных организаций. Повышение уровня объективности экспертной оценки можно обеспечить за счет получения и сопоставления экспертных заключений, как минимум от двух экспертных организаций. Если экспертные заключения этих организаций будут существенно различаться, следует получить третье заключение и провести открытое обсуждение проекта и всех экспертных заключений представителями заказчика проекта, авторами проекта и экспертами. Такая процедура позволит не только лучше разобраться в ключевых вопросах экспертируемого проекта, но и существенно снизить риск принятия ошибочного решения.

Необходимо отметить, что на интернет-сайтах основных управляющих энергетических компаний экологическая отчетность имеет настолько общий вид, что трудно судить о реальной экологической политике, реализуемой компанией; часто данные об экологической политике компании являются устаревшими.

О первоначальном уровне подготовки инженерно-технических работников и сотрудников производственного, планового, экономического, правового и других подразделений энергетических холдингов и компаний России в области экологии говорят результаты обязательного предварительного анкетирования слушателей программ повышения квалификации и профессиональной переподготовки (Научно-образовательный центр «Экология энергетики» МЭИ (НОЦ «Экология энергетики» МЭИ):

1) большинство слушателей совсем не знакомы с основами экологии и экологическим законодательством;

2) слушатели мало знакомы с экологической политикой, которая проводится в энергохолдингах и энергокомпаниях;

3) большинство слушателей не знает вообще или имеет весьма смутное представление о НДПТ и решениях, применяемых для улучшения экологической обстановки в зоне расположения энергообъектов;

4) проблемам экологии энергетики отводится крайне незначительное место в профессиональной деятельности сотрудников.

К сожалению, в профильных технических вузах не готовят специалистов по проектированию, монтажу, наладке, эксплуатации энергетического оборудования, а также специалистов в области экологической экспертизы энергетических проектов.

Экспериментальная часть

Об экспертизе в области отходов производства тепловой и электрической энергии

В результате сжигания твердого топлива на тепловых электрических станциях (ТЭС) образуются золошлаки, которые, в соответствии с законодательством РФ, отнесены к отходам (в некоторых странах они считаются побочными продуктами сжигания угля или ценным ресурсом). Согласно экспертной оценке, в РФ количество золошлаков в 2014 г. составило около 27 млн т, при этом в подавляющем большинстве случаев на ТЭС применяются системы гидрозолошлакоудаления, в результате существенно снижаются технико-экономические и экологические показатели ТЭС в целом. Чем на практике окажутся золошлаки ТЭС зависит от технических решений, которые принимаются при проектировании, строительстве и эксплуатации новых систем обращения с ними или при реконструкции действующих систем золошлакоудаления. Для получения максимального экономического и экологического эффекта должны привлекаться неаффилированные высококвалифицированные эксперты.

В 1993 г. авторы данной статьи в работе [13] привели блок-схему перспективной системы золошлакоудаления ТЭС (рис. 1), руководствуясь следующими принципами:

1) возможность стопроцентного сбора и отгрузки сухой золы;

2) экологически приемлемые способы складирования невостребованной части сухой золы (грануляция, заполнение горных выработок и карьеров и др.);

3) отбор и отпуск сухой золы по группам фракции с целью обеспечения возможности применения максимально широкого спектра технологий по переработке золошлаков.



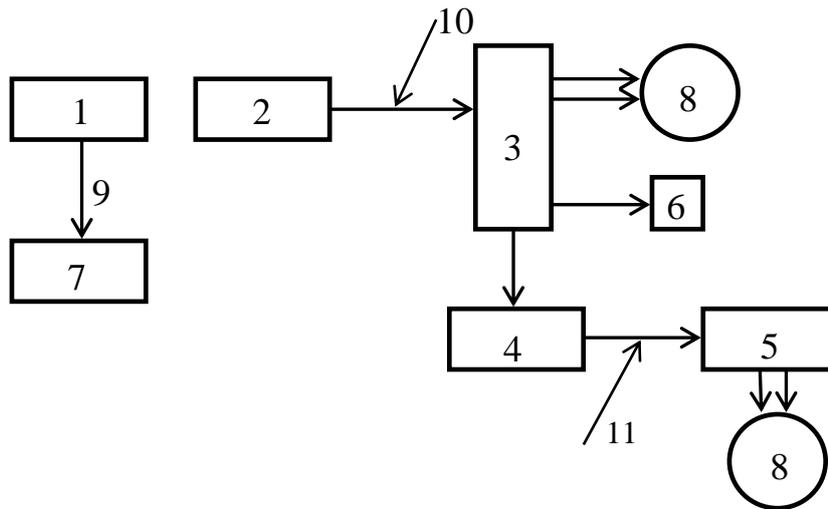


Рис. 1 – Блок-схема перспективной системы ЗШУ: 1 – главный корпус; 2 – цех электрофильтров; 3 – силосный склад с пофракционной аккумуляцией и отпуском сухой золы; 4 – установка по грануляции золы; 5 – склад безобжигового гравия; 6 – производство товарной продукции с использованием золы; 7 – производство по переработке и отпуску шлака; 8 – отгрузка потребителям; 9 – шлак; 10 – пневмосолопроводы; 11 – невостробованная зола

Fig. 1 – A block diagram of the prospective coal ash handling system:

1 – main building; 2 – electrostatic precipitation department; 3 – silo with fractional accumulation and dry ash discharge; 4 – ash granulation plant; 5 – unburned gravel storage; 6 – production of the ash products; 7 – bottom ash processing and discharge plant; 8 – discharge to consumers; 9 – bottom ash; 10 – pneumatic ash pipelines; 11 – unclaimed ash part

В [12] приведена модернизированная структурная схема перспективной системы ЗШУ (рис. 2).

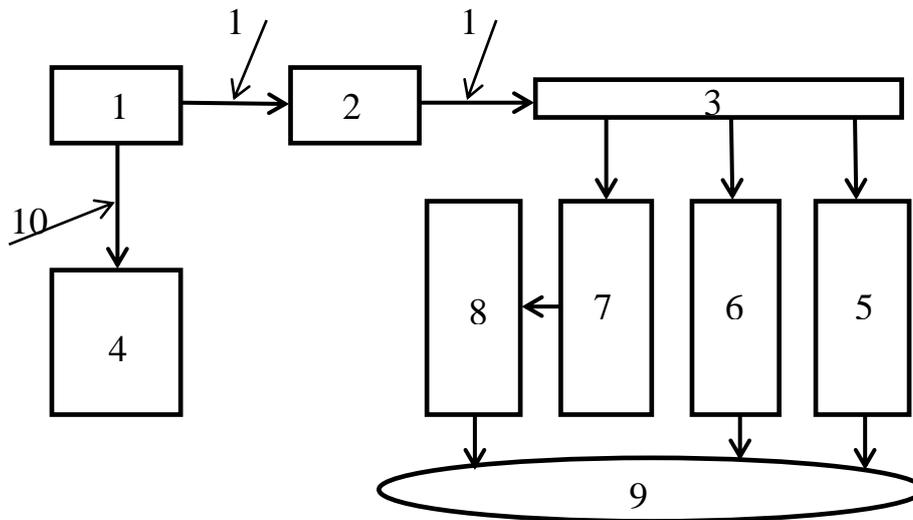


Рис. 2 – Модернизированная блок-схема перспективной системы обращения с золошлаками на ТЭС: 1 – главный корпус; 2 – цех электрофильтров; 3 – установка отгрузки сухой золы; 4 – установка отгрузки сухого шлака; 5 – узел отгрузки сухой золы по группам фракций; 6 – цех производства товарной продукции с использованием золы; 7 – цех производства зольного гравия или другого промпродукта неглубокой переработки; 8 – хранилище зольного гравия или другого промпродукта неглубокой переработки; 9 – отгрузка потребителям; 10 – пневмотранспорт шлака; 11 – запылённые газы; 12 – пневмосолопровод

Fig. 2 – The modernized block diagram of the prospective coal ash handling system:

1 – main building; 2 – electrostatic precipitation department; 3 – dry ash discharge unit 4 – dry ash discharge plant; 5 – dry ash discharge unit by fractions; 6 – ash products manufacturing shop; 7 – manufacturing shop for ash gravel or other intermediate products output; 8 – storage for ash gravel or other intermediate products; 9 – discharge to consumers; 10 – pneumatic conveying of bottom ash; 11 – dusty gas; 12 – pneumatic ash pipeline

К сожалению, при строительстве новых или реконструкции действующих систем золошлакоудаления ТЭС данные перспективные схемы игнорируются.

Кроме того, в период с 1996 г. по 2001 г. сотрудниками ведущих организаций энергетики (под руководством Информационно-аналитического центра «Экология энергетики» МЭИ) было разработано 3 отраслевых руководящих документа в области обращения с золошлаками ТЭС [14–16], в которых содержатся основные положения и принципы создания перспективных систем золошлакоудаления. Однако и эти нормативные документы далеко не всеми заказчиками и проектными организациями в практической деятельности используются при проектировании новых и модернизации действующих систем золошлакоудаления ТЭС.

Авторы данной статьи уверены, что технологии в области обращения с золошлаками на ТЭС нужно рассматривать комплексно, имея в виду всю систему обращения с побочными продуктами сжигания угля на ТЭС, при этом интегральным критерием оценки эффективности реализации технологии является стоимость обращения с одной тонной золошлаков, а все остальные оценки являются вспомогательными. Поскольку отдельного учета расходов и доходов на обращение с золошлаками на ТЭС не ведется, то, соответственно, не проводится анализа расходов и доходов с целью снижения себестоимости обращения с одной тонной золошлаков.

Некоторые примеры реализации энергетических проектов без качественной экспертизы

Реконструкция системы ЗШУ Троицкой ГРЭС. Система сухого золоудаления на Троицкой ГРЭС была установлена на энергоблоке № 7 (300 МВт), который был выведен из эксплуатации в 2014 г. Следует отметить, что под «сухими» технологиями обращения с золошлаками понимаются такие технологии, при использовании которых вода не применяется в качестве транспортирующей среды.

В настоящее время золошлаки Троицкой ГРЭС посредством системы гидрозолошлакоудаления (ГЗШУ) транспортируются и размещаются на гидрозолошлакоотвале на территории Республики Казахстан. В техническом задании на разработку концептуального проекта по реконструкции системы золошлакоудаления филиала ПАО ОГК-2 «Троицкая ГРЭС» на базе технологий сухого золошлакоудаления было записано: «Для сохранения схемы резервирования предусмотреть возможность выгрузки золы в каналы гидрозолоудаления» [13], то есть существовавшая система ГЗШУ осталась в качестве аварийной. При невозможности и/или нецелесообразности реконструкции системы удаления шлаков из-под холодной воронки котлов, предусмотрено удаление шлаков с помощью существующей системы ГЗШУ на аварийный золоотвал. Таким образом, после реконструкции параллельно эксплуатируются две системы золошлакоудаления – мокрая и сухая – и два золоотвала, что неизбежно ведет к существенному увеличению эксплуатационных издержек, связанных

с обращением с золошлаками на ТЭС, и еще большему экологическому ущербу окружающей среде и жителям, проживающим на селитебной территории. Если переход на безводные технологии в системе ЗШУ не будет до конца осуществлен, то система золошлакоудаления так и останется пунктом сброса промышленных (замазученных, замасленных и др.) и поверхностных сточных вод ТЭС.

В качестве подтверждения можно вспомнить об экологической ситуации, которая сложилась в Троицком районе весной 2013 г. До 2012 г. зола Троицкой ГРЭС складировалась на территории Казахстана, однако после 2012 г., ввиду истечения срока действия межгосударственного соглашения, золошлаки стали размещать в резервной емкости Бобровского золоотвала в Троицком районе. В связи с весенним паводком 2013 г. золоотвал был переполнен, и вода через отводящий канал пошла в реку Уй, которая является источником питьевой воды. О данном экологическом бедствии стало известно после массового мора рыбы в реке. В ходе доследственной проверки было установлено, что загрязнение водоема произошло в результате переполнения собственного резервуара для отходов Троицкой ГРЭС – Бобровского золоотвала. По факту загрязнения реки было возбуждено уголовное дело (часть 2 статьи 250 Уголовного кодекса РФ). Ущерб, причиненный водоему вследствие утечки золы из резервуара, составил 212 тыс. 412 руб. Прокурор района обратился с иском заявлением в суд, потребовав от «ОГК-2» компенсировать вред, нанесенный окружающей среде [17].

Об установках сероочистки на Троицкой ГРЭС. На Троицкой ГРЭС завершено строительство пылеугольного энергоблока мощностью 660 МВт (энергоблок № 10). Новый энергоблок оснащен системой сухого золоудаления и современным газоочистным оборудованием с улавливающей способностью свыше 99 %. Проектом строительства предусмотрена установка очистки дымовых газов от серы, что позволит получить побочный продукт производства в виде строительного гипса в количестве более 20 тыс. т/год [18]. Согласно [19], для очистки дымовых газов от серы на новом энергоблоке применяется метод мокрой известняковой сероочистки. По гарантийным показателям они должны обеспечивать концентрацию SO_2 на выходе не более 200 мг/м^3 .

При этом энергоблок № 10 спроектирован на сжигание в качестве основного Кузнецкого угля марки Д и ДГ [20], которые являются малосернистыми – сернистость составляет $0,3 \div 0,5 \%$. Согласно [21], мокрая известняковая сероочистка эффективно и экономично работает при полных нагрузках энергоблоков большой мощности, сжигающих топливо с приведенной сернистостью $0,15 \%$ -кг/МДж и более. В случае сжигания Кузнецких углей марок Д и ДГ приведенная сернистость составляет до $0,03 \%$ -кг/МДж, следовательно, внедрять



установку сероочистки уходящих газов при сжигании малосернистого угля с приведенной сернистостью в 5 раз меньше минимально требуемой по технологии мокрой известняковой сероочистки нецелесообразно и невыгодно. Согласно [22], полная стоимость установки мокрой известняковой сероочистки составляет около 15 % стоимости энергоблока, оборудованного подобной системой. Эксплуатационные расходы электроэнергии на установку сероочистки при этом составляют около 2 % мощности энергоблока. Кроме того, необходимо также решить вопрос об утилизации образовавшегося гипса. Таким образом, при соблюдении экологических нормативов по выбросам оксидов серы, то есть при сжигании малосернистых видов топлива с достаточно высокой калорийностью, нет необходимости в реализации подобных проектов.

Реконструкция электрофильтров Рефтинской ГРЭС. Согласно [23], на Рефтинской ГРЭС в 2015 г. два энергоблока № 4 и № 5 мощностью 300 МВт каждый были оснащены рукавными фильтрами с эффективностью 99,9 %. По данным компании «Энел Россия» это позволило предотвратить выброс в атмосферу суммарно порядка 30 000 т золы в год, а вместе с введенным ранее в эксплуатацию энергоблоком № 7 – порядка 40 000 т золы в год при максимальной нагрузке. В ходе технического перевооружения энергоблоков применялись передовые технологии (многие в России впервые). Так, для обеспечения оптимальных режимов очистки дымовых газов на каждом энергоблоке мощностью 300 МВт установили рукавные фильтры, состоящие каждый из 14 600 золоулавливающих «рукавов». Для этого в общей сложности произвели демонтаж 3 000 т металлоконструкций электростатических фильтров.

Рукавные фильтры обладают рядом преимуществ: сравнительно небольшие габаритные размеры, высокая степень очистки дымовых газов, эффективное улавливание высокоомной золы экибастузских углей и др. Однако у данных фильтров имеются и существенные недостатки: высокие эксплуатационные затраты на обеспечение заявленной проектной эффективности работы рукавных фильтров, связанной с работоспособностью рукавных элементов; малый срок службы, который составляет не более 2,5 лет [24]. Согласно материалам, представленным в [24], фактический средний срок службы электрофильтров между капитальными ремонтами составляет около 8 лет, а рукавных фильтров – 2 года, то есть ремонтные компании нужно проводить в 4 раза чаще.

Следует отметить, что зола экибастузских углей является полидисперсным высокоабразивным материалом. По данным [25] коэффициент абразивности экибастузской золы составляет $8,8 \times 10^9$ (для сравнения коэффициент абразивности золы донецкого и подмосковного углей составляет $5,4 \times 10^9$), что существенно ухудшает работу тканевого фильтра. Другой серьезной проблемой является высокая концентрация золы в дымовых газах на входе в рукавный

фильтр. По этим причинам для обеспечения более продолжительного межремонтного срока эксплуатации при сохранении эффективности работы рукавных фильтров необходимо осуществлять предочистку дымовых газов в предвключенных циклонах или электрофильтрах для улавливания основной массы золы, представляющей собой крупно и среднефракционные частицы, и производить очистку фильтров от уловленной пыли как можно реже и мягче. Наиболее подходящими устройствами очистки дымовых газов от частиц золы в случае сжигания экибастузских углей являются гибридные системы «электрофильтр + рукавный фильтр». Межремонтный срок службы таких систем составляет около 5 лет [24].

После установки тканевых фильтров для очистки дымовых газов от золовых частиц на Рефтинской ГРЭС возникли следующие проблемы:

- повышение затрат, связанных с эксплуатацией рукавов;
- резкое снижение межремонтного срока эксплуатации рукавных фильтров по сравнению с электрофильтрами;
- ухудшение работы рукавных фильтров в связи с высокой абразивностью золы и высокой концентрацией золы в дымовых газах на входе в рукавный фильтр.

По расчётам авторов, затраты на собственные нужды после установки тканевых фильтров должны существенно повыситься за счет увеличения сопротивления газового тракта и затрат на замену рукавов [26].

Реконструкция системы ЗШУ Рефтинской ГРЭС. Ранее система золошлакоудаления Рефтинской ГРЭС была традиционной, гидравлической, совместной и оборотной.

Согласно [25], в 2010 г. гидрозолошлакоотвал № 1 (ГЗО) площадью около 370 га, расположенный в 2 км от ГРЭС, заполнялся с наращиванием второго и третьего ярусов. После того как ёмкость ГЗО была исчерпана, впервые в мире удалось провести рекультивацию отработанного золоотвала № 1 значительной площади с посадкой лесных насаждений усилиями ГРЭС, Сухоложского лесхоза, на территории которого находятся золоотвалы, и ученых Ботанического сада УрО РАН (тогда Института леса). Экспериментальные посадки начались в 1992 г., а в 2005 г. молодые деревца были высажены на последних 47 га рекультивированного ГЗО.

ГЗО № 2 площадью 995 га, расположенный в 4,5 км от ГРЭС, введен в эксплуатацию в 1974 г. Первоначальная ёмкость была исчерпана в 1985 г., и последующее заполнение ГЗО № 2 производилось при его поярусном наращивании дополнительными тремя ярусами. Дальнейшая эксплуатация ГЗО № 2, после заполнения емкости третьего яруса наращивания, в гидравлическом режиме запрещена по условиям устойчивости дамб обвалования.



В результате проведения экспертной оценки было рассмотрено два основных варианта организации золошлакоудаления (ЗШУ) после 2010 г. [27].

1. Остается и расширяется действующая система гидрозолошлакоудаления (ГЗУ).
2. Создается система с удалением и отгрузкой золы и шлака в сухом виде и размещением нево-

вованной их части на сухом золошлакохранилище (ЗШХ) экологически приемлемыми технологиями.

При оценке технико-экономических и экологических показателей второго варианта рассматривались «сухие» технологии удаления и складирования золошлаков.

В таблице представлены основные показатели ГЗУ и «сухой» системы ЗШУ.

Основные показатели гидравлической и сухой систем ЗШУ
The main indicators of the wet and dry ash handling systems

Таблица

Table

Показатели	ГЗУ	Сухое ЗШУ
Площадь для расширения золоотвала, га	456,0	—*
Общая вместимость золоотвала, млн м ³	137,2	185,3
Срок заполнения золоотвала, лет	20,6	36,0
Длина ограждающих дамб, км	49,4	—
Объем камня для строительства дамб, тыс. м ³	4660,0	—
Стоимость дамбы (без НДС), млн долл. США	269,0	—
Оценка стоимости вариантов системы ЗШУ (без НДС), млн долл. США	448,0	241,0
Срок окупаемости инвестиционного проекта	Никогда	В зависимости от объема реализации золошлаков

* – для строительства сухого золоотвала используются заполненные карты ГЗО

Проектные последствия внедрения сухой системы золошлакоудаления:

- улучшение экологической обстановки в районе размещения электростанции;
- отсутствие необходимости расширения золоотвала и сохранение 465 га леса;
- снижение водопотребления электростанцией в целом;
- увеличение срока заполнения золоотвала в 1,8 раза;
- снижение себестоимости производства электроэнергии;
- увеличение объема реализации золошлаков.

Основные результаты модернизации системы ЗШУ Рефтинской ГРЭС [26]:

- существующая система гидравлического удаления золы и шлака сохраняется в качестве резервной;
- остается система гидравлического удаления шлака, которая должна работать параллельно с системой сухого золоудаления;
- частично создана система сухого золоудаления от бункеров электрофильтров энергоблоков, пневмотранспорта ее до силосного склада, частичная отгрузка сухой золы потребителям и складирование невостребованной части сухой золы на сухом ЗШХ;
- удорожание стоимости обращения с золошлаками в целом по ГРЭС;
- удорожание себестоимости производства электроэнергии;
- повышенное электро- и водопотребление электростанцией в целом по сравнению с полностью «сухими» технологиями обращения с золошлаками, но с

уменьшением расхода воды и электроэнергии на систему ЗШУ по сравнению с ГЗУ;

По данным авторов [25] в результате модернизации системы ЗШУ Рефтинской ГРЭС с переходом на сухую технологию удаления золы был получен следующий эффект:

- расход технической воды уменьшился примерно в 3 раза;
- осветленная вода подается только на каналы в котельном отделении для удаления шлака;
- расход электроэнергии в системе золоудаления уменьшился примерно в 3 раза.

Однако на Рефтинской ГРЭС сохранили существующую систему гидравлического удаления золы и шлака в качестве аварийной и для удаления шлака в дополнение к создаваемой системе сухого золоудаления. Такой подход ведет к удорожанию обращения с золошлаками, дальнейшей деградации окружающей среды и снижению технико-экономических показателей ГЭС в целом по сравнению с полностью безводными технологиями обращения с золошлаками.

Заключение

В связи с повышением требований природоохранного законодательства в совокупности с необходимостью внедрения НДТ в различных отраслях экономики России резко возрастает экономическая и экологическая ответственность руководства энергокомпаний за принятые основные технические решения при разработке и реализации проектов строительства новых и модернизации эксплуатируемых объектов энергетики. В соответствии с этим роль не-



зависимой научно-технической экологической экспертизы в принятии экономических и экологических решений при строительстве и модернизации таких энергообъектов, а также во внедрении НДТ в энергетику России резко возрастает.

Для эффективной реализации энергетических проектов с внедрением НДТ в энергетическую отрасль необходимо проводить независимую внешнюю научно-техническую экспертизу на всех стадиях жизненного цикла проектов, начиная с разработки основных технических решений по модернизации действующих и строительству новых энергообъектов и заканчивая выводом этих объектов из эксплуатации.

В качестве внешних независимых экспертов энергетических проектов представляется наиболее целесообразным привлекать авторитетных специалистов международного уровня из научно-образовательных и научно-исследовательских учреждений.

Список литературы

[1] Сайт министерства энергетики РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/1026> – (Дата обращения 08.07.2016).

[2] Федеральный закон от 23.11.1995 N 174-ФЗ (ред. от 28.12.2017) «Об экологической экспертизе» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2018).

[3] Виды экологической экспертизы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ido.tsu.ru/schools/chem/data/res/ecolexpert/UMP/text/g1_2.html – (Дата обращения 08.07.2016).

[4] Федерация судебных экспертов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sud-expertiza.ru/tipovydy-i-subekty-ekologicheskoy-ekspertizy/> – (Дата обращения 08.07.2016).

[5] Московская эколого-юридическая служба [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://xn--11ak9ae.xn--p1ai/pr-nvos.html> – (Дата обращения 08.07.2016).

[6] Модельный закон «О научной и научно-технической экспертизе». Принят на двадцать втором пленарном заседании Межпарламентской Ассамблеи государств-участников СНГ (постановление № 22-17 от 15 ноября 2003 года).

[7] Begak, M. Best Available Techniques as Environmental Safety enhancement instruments [Text] / M. Begak [et al.] // CBU International Conference on Innovation, Technology Transfer and Education. – Prague, Czech Republic. – March 25–27, 2015.

[8] Практическое пособие по организации и проведению стратегической экологической оценки в отраслях энергетического сектора России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://new.wwf.ru/upload/iblock/d85/wwf_seo.pdf – (Дата обращения 08.07.2016).

[9] Федеральный закон от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями).

[10] Материалы стратегической экологической оценки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ineca.ru/?dr=about/news/2017/11/24&pg=01> – (Дата обращения 08.07.2016).

[11] Путилов, В.Я. «Основы экологии и природоохранной деятельности в энергетике»: Учеб. пособие / Путилов В.Я., Путилова И.В. – Москва, РИО НИУ «МЭИ», 2018. – 112 с.

[12] Путилов, В.Я. Концепция системы золошлакоудаления экологически чистой ТЭС на экибастузских каменных углях [Текст] / В.Я. Путилов, С.В. Бурмакин, В.Я. Сизых // Электрические станции. – 1993. – № 7. – С. 37–40.

[13] Путилов, В.Я. Золошлакоудаление ТЭС и котельных / В.Я. Путилов, К.П. Боричев, А.В. Орлов // в Экология энергетики: Учеб. пособие / Под общей ред. В.Я. Путилова. – М.: Издательство МЭИ, 2003. – С. 305–345.

[14] РД 34.27.109-96. Методические указания по проектированию систем пневмоудаления золы от котлоагрегатов, установок отпуска сухой золы потребителям и отгрузки ее на насыпные золоотвалы / Б.Л. Вишня, В.Я. Путилов. – Екатеринбург: АО «Уралтехэнерго», 1997. – 170 с.

[15] РД 34.02.103-98. Методика оценки технико-экономических показателей систем золошлакоудаления ТЭС с учетом экологических требований / В.Я. Путилов [и др.]. – М.: НТФ «Энергопрогресс», 1998. – 79 с.

[16] РД 153-34.1.-27.512-2001. Методические указания по расчету и рекомендации по снижению абразивного износа пневмотранспортных трубопроводов систем пылеприготовления и золошлакоудаления ТЭС / В.Я. Путилов [и др.]. – М.: МЭИ, 2001. – 20 с.

[17] Данные РИА «Новый день» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://urfo.org/chel/521738.html> – (Дата обращения 25.11.2016).

[18] Сайт компании ПАО «ОГК-2» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ogk2.ru/rus/investment/objects/psu_660_territoriya_troitskoy_gres.php – (Дата обращения 25.11.2016).

[19] Брагина, О.Н. Разработка ОАО «ВТИ» атмосферных технологий для ТЭС / О.Н. Брагина, А.М. Зыков, И.Н. Шмиголь // Сборник докладов Пятой международной конференции «Пылегазоочистка-2012». – 25–26 сентября 2012 г. – С. 129–131.

[20] Данные Регионального информационно-аналитического независимого агентства «Уралпресс-информ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://uralpress.ru/reviews/mihail-zaycev-novyuy-energoblok-troickoy-gres-budet-pushchen-v-avguste-2015-goda> – (Дата обращения 29.11.2016).

[21] Снижение выбросов оксидов серы. Шмиголь И.Н. в книге: Современные природоохранные технологии в электроэнергетике: Информационный сборник / под общей ред. В.Я. Путилова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – С. 58–77.

[22] Научная библиотека открытого доступа «Киберленинка» [Электронный ресурс]. – Режим досту-



па: <http://cyberleninka.ru/article/n/ochistka-dymovyh-gazov-ot-oksidov-sery> – (Дата обращения 06.12.2016).

[23] Сайт компании ПАО «Энел Россия» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.enel.ru/power_plants/map/refinskaya_power_plant/reconstruction_of_300_mw/ – (Дата обращения 01.12.2016).

[24] Сайт экологического холдинга «Кондор Эко – СФ НИИОГАЗ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kondor-eco.ru/main/stat14.htm> – (Дата обращения 01.12.2016).

[25] Гавлитин, Н.В. Экологически приемлемые технологии золошлакоудаления на примере Рефтинской ГРЭС ОАО «Энел ОГК-5» [Текст] / Н.В. Гавлитин, Ю.В. Коломиец // Матер. IV Межд. научн. практ. семинара «Золошлаки ТЭС – удаление, транспорт, переработка, складирование». Москва, 19–20 апреля 2012 г. – М.: Издательский дом МЭИ, 2012. – С. 55–58.

[26] Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://old.gost.ru/wps/wcm/connect/e7a9078043db0e39914fd567c7308a4d/Файл_16.1.pdf?MOD=AJPERES – (Дата обращения: 01.12.2016).

[27] Путилов, В.Я. Ключевые вопросы решения проблемы обращения с золошлаками энергетики в России [Текст] / В.Я. Путилов, И.В. Путилова, Е.А. Маликова // Материалы V межд. конф. «Золошлаки ТЭС – удаление, транспорт, переработка, складирование». Москва, 24–25 апреля 2014 г. – М.: Полиграфический центр МЭИ. – С. 58–63.

References

[1] Web site of the Ministry of Energy (Sait ministerstva energetiki RF). Available on: <https://minenergo.gov.ru/node/1026> (08.07.2016) (in Russ.).

[2] Federal Law on the Ecological Expertise (Federal'nyi zakon ot 23.11.1995 N 174-FZ (red. ot 28.12.2017) "Ob ekologicheskoj ekspertize" (s izm. i dop., vstup. v silu s 01.01.2018) (in Russ.).

[3] Federation of the forensic experts (Vidy jekologicheskoy jekspertizy). Available on: https://ido.tsu.ru/schools/chem/data/res/ecolexpert/UMP/text/g1_2.html (08.07.2016) (in Russ.).

[4] Federation of the forensic experts (Federacija sudebnyh jekspertov). Available on: <http://sud-expertiza.ru/typy-vidy-i-subekty-ekologicheskoy-ekspertizy/> (08.07.2016) (in Russ.).

[5] Moscow ecological and legal service (Moskovskaja Jekologo-Juridicheskaja Sluzhba). Available on: <http://xn--11ak9ae.xn--p1ai/pr-nvos.html> (08.07.2016) (in Russ.).

[6] Model Law on the Scientific and Technical Expertise (Model'nyi zakon «O nauchnoi i nauchno-tekhnicheskoi ekspertize». Prinyat na dvadtsat' vtorom plenarnom zasedanii Mezhpaparlamentskoi Assamblei

gosudarstv – uchastnikov SNG (postanovlenie N 22-17 ot 15 noyabrya 2003) (in Russ.).

[7] Begak M., Guseva T., Molchanova Y., Malkov A. Best Available Techniques as Environmental Safety enhancement instruments. *CBU International Conference on Innovation, Technology Transfer and Education*, March 25–27, 2015, Prague, Czech Republic (in Eng).

[8] Practical handbook on organizing and conducting strategic environmental assessment in the industries of the Russian energy sector (Prakticheskoe Posobie po organizacii i provedeniju strategicheskoy jekologicheskoy ocenki v otrasljah jenergeticheskogo sektora Rossii). Available on: https://new.wwf.ru/upload/iblock/d85/wwf_seo.pdf (08.07.2016) (in Russ.).

[9] Federal Law on the Strategic Planning in the Russian Federation (Federal'nyi zakon ot 28.06.2014 N 172-FZ "O strategicheskoy planirovanii v Rossijskoj Federacii" (s izmenenijami i dopolnenijami). Available on: <http://www.ineca.ru/?dr=about/news/2017/11/24&pg=01> (08.07.2016) (in Russ.).

[10] Materials of strategic environmental assessment (Materialy strategicheskoy jekologicheskoy ocenki). Available on: <http://www.ineca.ru/?dr=about/news/2017/11/24&pg=01> (08.07.2016) (in Russ.).

[11] Putilov V.Ya., Putilova I.V. The bases of ecology and nature protection activity in power engineering (Osnovy ekologii i prirodookhrannoij deyatel'nosti v energetike: Uchebnoe posobie). Moscow: RIO NIU "MEI" Publ., 2018 (in Russ.).

[12] Putilov V.Ya., Burmakin S.V., Sizykh V.Ya. The concept of coal ash handling of environmentally sound TPP burning Ekibastuzsky hard coal (Kontseptsiya sistemy zoloshlakoudaleniya ekologicheskoi chistoi TES na ekibastuzskikh kamennykh uglyakh). *Elektricheskie stantsii*, 1993;7:37–40 (in Russ.).

[13] Putilov V.Ya., Borichev K.P., Orlov A.V. Coal ash handling at TPPs and boiler-houses (Zoloshlakoudalenie TES i kotel'nykh). Ecology of Power Engineering: Textbook / Ed. V.Ya. Putilov. Moscow: Izdatel'stvo MEI, 2003, pp. 305–345 (in Russ.).

[14] Methodical directions for designing pneumatic ash disposal systems from boilers, plants of dry ash delivery to customers and its discharge to ash dumps (RD 34.27.109-96. Metodicheskie ukazaniya po proektirovaniyu sistem pnevmoudaleniya zoly ot kotloagregatov, ustanovok otpuska sukhoi zoly potrebitelyam i otgruzki ee na nasypnye zolootvaly) / Vishnya B.L., Putilov V.Ya. Ekaterinburg: AO "Uraltekhenergo" Publ., 1997 (in Russ.).

[15] Assessment method of technical and economic indices of ash and slag removal systems of TPPs in view of ecological requirements (RD 34.02.103-98. Metodika otsenki tekhniko-ekonomicheskikh pokazatelei sistem zoloshlakoudaleniya TES s uchetom ekologicheskikh trebovanii) / Putilov V.Ya., Avtonomov A.B., Borichev



K.P., Orlov A.V., Malikova E.A. et al. Moscow: NTF "Energoprogress", 1998 (in Russ.).

[16] Methodic directions on calculation of erosion in pipelines of pneumatic transportation plants of fuel-pulverizing and ash and slag disposal systems of TPPs (RD 153-34.1.-27.512-2001. Metodicheskie ukazaniya po raschetu i rekomendatsii po snizheniyu abrazivnogo iznosa pnevmotransportnykh truboprovodov sistem pyleprigotovleniya i zoloshlakoudaleniya TES) / Putilov V.Ya., Putilova I.V., Vishnya B.L., Borichev K.P., Malikova E.A. Moscow: MEI Publ., 2001 (in Russ.).

[17] RIA "New Day" data (Dannye RIA «Novyi den»). Available on: <https://urfo.org/chel/521738.html> (25.11.2016) (in Russ.).

[18] Web site of OGK-2 (Sait kompanii PAO «OGK-2»). Available on: http://www.ogk2.ru/rus/investment/objects/psu_660_territoriya_troitskoy_gres.php (25.11.2016) (in Russ.).

[19] Bragina O.N., Zykov A.M., Shmigol' I.N. The air protection technologies for TPPs developed by the JSC "VTI" (Razrabotka OAO «VTI» atmosfero-okhrannykh tekhnologii dlya TES). S.129 – 131. Sbornik dokladov Pyatoi mezhduna-rodnoi konferentsii «Pylegazoochitska-2012». M.: 25-26 sentyabrya 2012 g., GK Izmailovo (in Russ.).

[20] Data of the Regional Information and Analytical Independent Agency "Ural-press-inform" (Dannye Regional'nogo informatsionno-analiticheskogo nezavisimogo agentstva "Ural-press-inform"). Available on: <http://uralpress.ru/reviews/mihail-zaycev-novy-energoblok-troickoy-gres-budet-pushchen-v-avguste-2015-goda> (29.11.2016) (in Russ.).

[21] Reduction of the sulfur dioxide emissions (Snizhenie vybrosov oksidov sery. Shmigol' I.N. v knige: Sovremennye prirodookhrannye tekhnologii v elektroenergetike: Informatsionnyi sbornik) / Ed. V.Ya. Putilova. Moscow: Izdatel'skii dom MEI Publ., 2007, pp. 58–77 (in Russ.).

[22] Scientific library of the open access "Kiberleninka" (Nauchnaya biblioteka otkrytogo dostupa "Kiberleninka"). Available on: <http://cyberleninka.ru/article/n/ochistka-dymovyh-gazov-ot-oksidov-sery> (06.12.2016) (in Russ.).

[23] Web site of the company "Enel Russia" (Sait kompanii PAO "Enel Rossiya"). Available on: http://www.enel.ru/power_plants/map/refinskaya_power_plant/reconstruction_of_300_mw/ (01.12.2016) (in Russ.).

[24] Web site of the ecological holding "Kondor Eko – SF NIIOGAZ" (Sait ekologicheskogo kholdinga "Kondor Eko – SF NIIOGAZ"). Available on: <http://www.kondor-eco.ru/main/stat14.htm> (01.12.2016) (in Russ.).

[25] Gavlitin N.V., Kolomiets Yu.V. Environmentally sound ash handling technologies. Case study based on Reftinskaya Enel/OGK-5 power station (Russia) project (Ekologicheski priemlyemye tekhnologii zoloshlakoudaleniya na primere Reftinskoi GRES OAO «Enel OGK-5»). Mater. IV Mezhd. nauchn. prakt. seminara „Zoloshlaki TES – udalenie, transport, pererabotka, skladirovanie“. Moscow, 19-20 aprelya 2012. Moscow: Izdatel'skii dom MEI Publ., 2012, pp. 55–58 (in Russ., in Eng.).

[26] Combustion of fuel in large plants for the energy production (Szhiganie topliva na krupnykh ustanovkakh v celjah proizvodstva jenerгии). Available on: http://old.gost.ru/wps/wcm/connect/e7a9078043db0e39914fd567c7308a4d/Файл_16.1.pdf?MOD=AJPERES (in Russ.).

[27] Putilov V.Ya., Putilova I.V., Malikova E.A. Key issues of coal ash handling in Russia (Klyucheve vyprosy resheniya problemy obrashcheniya s zoloshlakami energetiki v Rossii). Materialy V mezhd. konf. „Zoloshlaki TES — udalenie, transport, pererabotka, skladirovanie“. Moscow, 24–25 April, 2014. Moscow: Poligraficheskii tsentr MEI Publ., pp. 58–63 (in Russ., in Eng.).

Транслитерация по BSI



Topics

- Advanced materials for energy storage
- Advanced materials for energy generation and transmission
- Photovoltaic and solar energy systems
- Bioenergy and biofuels
- Biomass conversion technologies
- Wind energy technology and impact on environment
- Thermal energy and building performance
- Smart grid and electric transportation
- Hydrogen energy and fuel cell technology applications
- Energy recycling systems

Веб-сайт конференции: <http://premc.org/conferences/icren-renewable-energy/>

www.science-community.org