

Риски сохранения текущей системы утилизации продуктов сжигания твердого топлива угольных ТЭС в России

И.Ю. Золотова¹

¹ Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации

АННОТАЦИЯ

Цель настоящего исследования – оценить масштаб эффектов и вероятность наступления рисков сохранения текущей системы сжигания твердого топлива угольных (золошлаков) ТЭС в России. Исследование построено на основе качественного метода, для анализа рисков была сформирована экспертная панель, состоящая из двадцати представителей профессионального сообщества. Экспертные оценки были определены с использованием матрицы парных сравнений Саати.

В результате анализа было установлено, что наиболее существенными являются экологические, социальные и технологические риски сохранения текущей системы сжигания твердого топлива угольных (золошлаков) ТЭС в России. Наибольший масштаб эффектов можно ожидать от наступления риска увеличения экологического вреда, причиненного поверхности земли, изъятой из хозяйственного оборота, и грунтовыми водам в связи с увеличением площади золоотвалов и риска повышения уровня пыления ПСТТ-ЗШО на золошлакоотвалах.

В отечественной литературе в большей степени рассматривались различные технологии переработки ПСТТ-ЗШО либо анализировались возможные направления их утилизации. Однако вопросы потенциальных последствий от сохранения минимальных (незначительных) объемов утилизации ПСТТ-ЗШО российскими учеными ранее не изучались. Определение основных рисков позволяет сформировать мероприятия по минимизации вероятности их наступления и снижению масштабов эффектов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

экология энергетики, охрана окружающей среды, утилизация промышленных отходов, риск-менеджмент в электроэнергетике, золошлаки ТЭС.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Золотова И.Ю. (2020). Риски сохранения текущей системы утилизации продуктов сжигания твердого топлива угольных ТЭС в России // Стратегические решения и риск-менеджмент. Т. 11. № 2. С. 172–181. DOI: 10.17747/2618-947X-2020-2-171-181.

Risks of sustaining the current model of coal combustion product utilization on Russian thermal power plants

I.Yu. Zolotova¹

¹ Financial University under the Government of the Russian Federation

ABSTRACT

To assess the probability and potential scale of risks associated with sustaining the current model of coal combustion product (CCP) utilization on Russian thermal power plants.

This study adopts a qualitative approach. A panel comprising twenty experts was formed. Experts cores were derived using the Saaty paired comparison matrix.

The results of the study indicate that environmental, social and technological risks are among the most significant. The largest scale of effects can be expected from the potential increase in the negative effects from coal ash landfill to ground waters and the distribution of small-sized ash-slag particles as a source of air pollution.

Previous studies in Russia have largely dealt with technical aspects of CCP recycling or their potential application areas. However, the issues of the potential aftermath of low CCP utilization volume in Russia have not been properly assessed in prior research.

KEYWORDS:

ecology of power energy, industrial waste utilization, risk-management in power energy, CCPs of TPPs.

FOR CITATION:

Zolotova I.Yu. (2020). Risks of sustaining the current model of coal combustion product utilization on Russian thermal power plants. *Strategic Decision and Risk Management*, 11(2), 171-181. DOI: 10.17747/2618-947X-2020-2-171-181.

1. ВВЕДЕНИЕ

Сегодня мы можем наблюдать формирование принципиально нового уровня участия Российской Федерации в решении задач по охране окружающей среды. Подтверждением тому служат принятие Парижского соглашения, реализация национального проекта «Экология», а также формирование комплекса мероприятий по предотвращению экологического вреда на уровне межведомственных и ведомственных стратегических документов. В частности, Распоряжением Правительства Российской Федерации от 09.06.2020 № 1523-р была принята Энергетическая стратегия до 2035 года (далее – Энергостратегия-2035), где особое внимание уделяется противодействию негативному воздействию на окружающую среду со стороны субъектов электроэнергетики.

В Энергостратегии-2035 впервые в новейшей истории России установлен целевой показатель по утилизации продуктов сжигания твердого топлива (золашлаков) ТЭС (далее – ПСТТ-ЗШО): к 2035 году объем ПСТТ-ЗШО, вовлекаемых в хозяйственный оборот, должен составлять не менее 50% годового объема образования по отрасли в целом. По данным Минэнерго РФ, в 2018 году данный показатель составлял 8,4% (базовое значение в Энергостратегии-2035). Страны-лидеры (Китай, Индия, США, Япония, государства ЕС) уже сейчас показывают 70% и более по показателю утилизации ПСТТ-ЗШО. Причем в ряде стран активно развиваются высокотехнологичные направления утилизации ПСТТ-ЗШО, такие как извлечение глинозема, производство цеолитов и геополимеров. В России ПСТТ-ЗШО пользуются пока только ограниченным спросом среди строительных предприятий либо применяются в проектах рекультивации нарушенных земель.

ПСТТ-ЗШО являются побочным продуктом при производстве электрической и тепловой энергии на угольных тепловых электростанциях. На сегодня в рамках российского законодательства ПСТТ-ЗШО классифицируются как промышленные отходы. Статистика Минэнерго России показывает, что более 99% образующихся ПСТТ-ЗШО в России относятся к отходам V класса опасности (неопасные). Несмотря на неопасный характер самих ПСТТ-ЗШО, их накопление на золошлакоотвалах может приводить к негативным экологическим и экономическим последствиям. Согласно Стратегии экологической безопасности до 2025 года, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 19.04.2017 № 176, показатель утилизации отходов IV и V классов определен как один из ключевых параметров оценки состояния экологической безопасности. Целью настоящей статьи является оценка рисков сохранения текущей системы утилизации ПСТТ-ЗШО в России.

2. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И ЗАРУБЕЖНОЙ ПРАКТИКИ

В отечественной литературе в большей степени рассматривались различные технологии переработки ПСТТ-ЗШО [Федорова и др., 2016] либо анализировались возможные направления их утилизации [Кожуховский и др., 2019]. Однако вопросы потенциальных последствий от сохранения мини-

мальных (незначительных) объемов утилизации ПСТТ-ЗШО российскими учеными ранее не изучались.

Экономические последствия сохранения текущей системы утилизации ПСТТ-ЗШО связаны в первую очередь с заполнением емкостей действующих золошлакоотвалов до проектных пределов. При таком сценарии генерирующие компании будут вынуждены нести дополнительные капитальные затраты на расширение емкостей действующих объектов размещения отходов либо на сооружение новых золошлакоотвалов. Подобные мероприятия могут потребовать инвестиций в несколько миллиардов рублей на один золошлакоотвал, что в свою очередь может привести к повышению тарифной нагрузки на потребителей электрической и тепловой энергии (в части регулируемых цен). При действующая политика государства по сдерживанию темпов роста тарифов (в первую очередь для граждан) не позволит существенно увеличивать регулируемые цены на электрическую и теплоэнергию, что приведет к дополнительным бюджетным последствиям, связанным с компенсацией экономически обоснованных затрат энергокомпаний. Кроме того, с учетом особенностей ценообразования на электрическую энергию рассматриваемые расходы ТЭС, расположенных в первой и второй ценовых зонах оптового рынка электроэнергии и мощности, могут быть лишь частично компенсированы за счет цен на электрическую энергию (в объеме электроэнергии, производимой в целях поставки населению) или за счет бюджетных средств. Тем самым часть рассматриваемых расходов на сооружение новых емкостей для размещения ПСТТ-ЗШО необходимо будет покрывать за счет прибыли генерирующих компаний.

Снижение экономической конкурентоспособности угольных электростанций в перспективе может привести к риску сокращения доли угольной генерации в структуре вырабатываемой тепловой и электрической энергии. При этом в Энергостратегии-2035 указывается на необходимость сохранения текущей доли угольной генерации в энергобалансе страны как меры обеспечения энергетической безопасности. Более того, от экономического состояния угольных ТЭС зависят и финансовые показатели предприятий угледобывающей промышленности. По данным за 2018 год, угольные ТЭС потребили 85,8 млн тонн энергетического угля, что составило 22,9% общего объема отгруженного угля (в том числе коксующегося) российскими предприятиями.

В зарубежных странах ключевыми драйверами повышения уровня утилизации ПСТТ-ЗШО стали экономические и экологические факторы. В Европейском союзе в первую очередь действуют высокие ставки платы за размещение ЗШО на золоотвалах. Например, в Швеции ставка платы за размещение неопасных отходов составляет 155 евро (12 тыс. руб.¹) за тонну, в Германии – 140 евро (10,9 тыс. руб.) за тонну. Средняя ставка платы за размещение неопасных промышленных отходов в Европе, согласно данным Европейского агентства по охране окружающей среды (European Environmental Agency), составляет 76 евро (5848 руб.) за тонну [Typical charge..., 2020]. Жесткая политика в области установления ставок платы за размещение отходов в Европе призвана быть дополнительным стимулом для электростанций утилизировать образующиеся золошлаки. Подобные экономи-

¹ Расчет в рублях осуществлен на основе средневзвешенного курса рубля к евро за 2019 год – 77,2 руб./долл.

ческие условия в ряде случаев вынуждают электростанции доплачивать потребителям за вовлечение золошлаков в хозяйственный оборот. При этом в двенадцати странах Евросоюза действует запрет на сооружение новых объектов размещения неопасных отходов.

С 2018 года в Индии стали выставляться штрафы для ТЭС, не сумевших за отчетный год показать 100%-ный показатель утилизации ПСТТ-ЗШО. Для станций с установленной мощностью не более чем 500 МВт штраф составляет 10 млн индийских рупий (9,2 млн руб.²), при установленной мощности до 1 ГВт – 30 млн индийских рупий (27,6 млн руб.), при установленной мощности свыше 1 ГВт – 50 млн индийских рупий (46 млн руб.) [Cleaning up..., 2019].

В отечественном законодательстве также предусмотрена система компенсации за негативное воздействие на окружающую среду со стороны промышленных предприятий, образующих отходы. В соответствии с п. 2 ст. 16.3 Федерального закона от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»³ ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду (НВОС) устанавливаются за размещение отходов производства и потребления в соответствии с классом опасности. Ставки платы за НВОС утверждаются постановлением Правительства Российской Федерации. В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 13.09.2016 № 913 (ред. от 24.01.2020) «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах» ставка за размещение промышленных отходов V класса опасности в 2018 году (помимо добывающей и перерабатывающей промышленности) составляла 17,3 руб. за тонну. Ставка платы за НВОС ежегодно индексируется в соответствии с инфляцией.

Экологические вопросы обращения с ПСТТ-ЗШО рассматривались в работе [Делицын и др., 2012]. В частности, были отмечены следующие угрозы окружающей среде со стороны золошлакоотвалов ТЭС:

- пыление;
- гидрохимическое загрязнение природных вод;
- изменение гидродинамического режима местности;
- отчуждение земель под нужды сооружения золошлакоотвалов.

Риски пыления и проникновения ПСТТ-ЗШО в водоемы особенно актуальны для когенерационных ТЭС, которые расположены либо в пределах, либо в непосредственной близости населенных пунктов.

Утилизация ПСТТ-ЗШО может быть рассмотрена также как мера по компенсации выбросов углекислого газа. Использование золы-уноса в качестве заменителя клинкера при производстве цемента и портландцемента при производстве газобетона позволяет снизить потребность в термической обработке природных ресурсов со стороны строительных предприятий. Согласно данным Ассоциации развития золошлаковой индустрии Австралии (ADAA), за последние 40 лет в стране совокупный объем выбросов парниковых газов был снижен на 16 млн тонн благодаря использованию ПСТТ-ЗШО при производстве цемента. По сравнению с традиционным способом производства цементобетонных изделий, тонна цемента, созданного с использованием ПСТТ-ЗШО, в среднем снижает объем выбросов углекислого газа

на 0,5–1 тонну (конкретный масштаб эффектов будет зависеть от качества и технологии вторичного использования ПСТТ-ЗШО) [Environmental benefits, 2020]. За счет данной меры также формируется существенный потенциал для снижения себестоимости строительной продукции. При прочих равных ПСТТ-ЗШО имеют более низкую стоимость по сравнению с традиционными ресурсами (песком, гравием, суглинком) [Лунев, 2019]. В зарубежных исследованиях отмечается, что себестоимость строительной продукции за счет использования ПСТТ-ЗШО может снижаться на 15–20%.

В ряде стран также разрабатывались меры поддержки развития технологий обращения и переработки ПСТТ-ЗШО. В Китае начиная с 2011 года зола-унос с высоким содержанием оксида алюминия включена в перечень приоритетных материалов промышленного производства [Yao et al., 2014]. Благодаря этому компании, планирующие организовать перерабатывающие предприятия для извлечения алюминия из ПСТТ-ЗШО, могут претендовать на бюджетные субсидии на компенсацию части капитальных затрат. В Японии в 1997 году была инициирована программа «Эко-город» (Eco-Town) [Van Berkel et al., 2009], которая была направлена на формирование системы циклической экономики в ключевых промышленных центрах страны. Основной предпосылкой для реализации подобной инициативы стало заполнение почти всех емкостей объектов размещения промышленных отходов. Благодаря данной программе помимо прочего были организованы инновационные предприятия, специализирующиеся на производстве продукции с использованием золошлаков: заводы по производству цемента с использованием золошлаков в г. Акита, Аомори, Ямагучи и завод по извлечению драгоценных металлов из ЗШО в г. Наосима.

3. МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ КАРТЫ РИСКОВ

Для оценки рисков сохранения текущей системы утилизации ПСТТ-ЗШО был использован качественный метод исследования для формирования карты рисков, которое состояло из нескольких этапов. В первую очередь необходимо было определить перечень рисков, на базе которых должна формироваться карта. Данный перечень был основан на результатах анализа, проведенного во втором разделе настоящей работы, и составлен из пяти групп рисков (метарисков):

- политические: связанные с выполнением государством взятых на себя соответствующих обязательств в рамках ключевых стратегических документов;
- экономические: связанные с экономической эффективностью компаний ТЭК и смежных промышленных отраслей;
- социальные: связанные с качеством жизни граждан;
- технологические: связанные с обеспечением технологического развития промышленных отраслей;
- экологические: связанные с воздействием на окружающую среду со стороны отраслей ТЭК и прочего промышленного производства.

² Расчет в рублях осуществлен на основе средневзвешенного курса рубля к индийской рупии за 2019 год – 0,92 руб./рупия.

³ URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/.

Изначально перечень для проведения опроса экспертов состоял из восемнадцати рисков.

- Политические:
 - невыполнение целевых показателей национально-го проекта «Экология» в части снижения уровня загрязнения атмосферного воздуха в крупных промышленных центрах (за счет использования ЗШМ в производстве строительных материалов);
 - снижение уровня доверия к власти в регионах с большой долей формирования и низким процентом переработки ПСТТ-ЗШО;
 - невыполнение целевых показателей Энергостратегии-2035 со стороны Минэнерго России;
 - невыполнение обязательств России по Парижскому соглашению по снижению объема образования парниковых газов.
- Экономические:
 - повышение расходов на обслуживание золоотвалов электростанциями;
 - введение дополнительных платежей (налогов) для электростанций за НВОС;
 - увеличение упущенной выгоды со стороны потенциальных потребителей ЗШО в связи с неиспользованием золошлаков в производстве.
- Социальные:
 - увеличение тарифов на электроэнергию для населения в случае вынужденного перехода угольных ТЭС на иные источники топлива для исключения формирования ПСТТ-ЗШО;
 - сокращение рабочих мест в угольной промышленности в связи со снижением спроса на уголь (для градообразующих предприятий);
 - неудовлетворенность граждан качеством воздуха;
- снижение надежности энергоснабжения потребителей как следствие уменьшения топливной диверсификации;
- увеличение обращений граждан в медицинские учреждения с респираторными заболеваниями в связи с нерешенностью вопроса загрязнения воздуха.
- Технологические:
 - увеличение технологического разрыва между Россией и зарубежными странами в части утилизации и переработки ПСТТ-ЗШО и снижение экспортного потенциала отечественных технологий обработки отходов;
 - снижение объема отечественных НИОКР в области переработки ПСТТ-ЗШО и золоудаления.
- Экологические:
 - увеличение углеродного следа со стороны потенциальных потребителей ЗШО в строительной и металлургической отраслях;
 - увеличение пыления ПСТТ-ЗШО;
 - увеличение экологического вреда поверхности земли, изъятой из хозяйственного оборота, и грунтовыми водам в связи с увеличением площади золоотвалов.

Ввиду содержательного дублирования отдельных рисков было решено сократить изначальный перечень рисков до одиннадцати. В частности, полностью были исключены политические риски, которые учитывали стратегические документы, где целевые показатели напрямую нацелены на минимизацию ранее учтенных экологических и социальных рисков. Итоговый перечень рассматриваемых рисков представлен в табл. 1.

После финализации перечня рисков была сформирована экспертная панель, состоящая из представителей профессионального сообщества. Для минимизации искажения оце-

Таблица 1
Описание итогового перечня рисков, рассматриваемых в рамках анализа

Группа рисков	Риск в связи с сохранением текущей системы	Код
Экономические	Повышение расходов на обслуживание золоотвалов электростанциями	Э1
	Введение дополнительных платежей (налогов) для электростанций за негативное воздействие на окружающую среду	Э2
Социальные	Увеличение тарифов на электроэнергию для населения в случае вынужденного перехода угольных ТЭС на альтернативные источники топлива для исключения формирования ЗШО	С1
	Сокращение рабочих мест в угольной промышленности в связи со снижением спроса на уголь (для градообразующих предприятий)	С2
	Неудовлетворенность граждан качеством воздуха	С3
	Снижение надежности энергоснабжения потребителей как следствие уменьшения топливной диверсификации	С4
Технологические	Увеличение обращений граждан в медицинские учреждения с респираторными заболеваниями в связи с нерешенностью вопроса загрязнения воздуха	С5
	Увеличение технологического разрыва между Россией и зарубежными странами в части утилизации и переработки ЗШО и снижение экспортного потенциала отечественных технологий обработки отходов	Т1
	Снижение объема отечественных НИОКР в области переработки ЗШО и золоудаления	Т2
Экологические	Увеличение пыления ЗШО как источник опасности для флоры и фауны	Эко1
	Увеличение экологического вреда поверхности земли, изъятой из хозяйственного оборота, и грунтовыми водам в связи с увеличением площади золоотвалов	Эко2

Источник: подготовлено автором.

Таблица 2
Описание шкалы распределения экспертных оценок

Заключение в результате парного сравнения	Условный балл	Описание
Равная значимость	1	Сравниваемые факторы в равной степени влияют на конечный результат
Несущественная значимость	2	Первый фактор незначительно более значим, нежели второй
Ощутимая значимость	3	Первый фактор ощутимо более значим, нежели второй
Существенная значимость	4	Первый фактор существенно более значим, нежели второй
Абсолютная значимость	5	Превосходство по значимости первого фактора по отношению ко второму максимально возможное

Источник: подготовлено автором.

нок эксперты были разделены на категории в зависимости от профессиональной специализации:

- потребитель ПСТТ-ЗШО – представители предприятий, производственные возможности которых потенциально позволяют использовать ПСТТ-ЗШО как вторичное сырье;
- представитель ТЭС – специалисты, непосредственно участвующие в процессах вовлечения ПСТТ-ЗШО на действующих ТЭС;
- регулятор – представители государственных органов, выполняющих регулирование в части вовлечения ПСТТ-ЗШО в хозяйственный оборот;
- технический эксперт – специалисты, ведущие научно-технические разработки в области утилизации ПСТТ-ЗШО;
- экономический эксперт – специалисты, осуществляющие экономические исследования по тематике угольных ТЭС.

Всего в рамках формирования карты рисков были задействованы двадцать экспертов, представляющих Минэнерго России, Российское энергетическое агентство, Ассоциацию производителей и потребителей золошлаковых материалов, Совет производителей электроэнергии, Институт энергетических исследований РАН, Техническую инспекцию ЕЭС, консорциум «Феникс», ООО «Сибирская генерирующая компания», ООО «Еросибэнерго», Новосибирский государственный технический университет, Университет нефти и газа им. Губкина и ООО «Основа холдинг».

Карта рисков формировалась исходя из двух параметров: потенциального эффекта в случае наступления риска и вероятности наступления рисков. Значимость каждого риска определялась на основе экспертных оценок, полученных методом анализа иерархии с применением матрицы парных сравнений для определения потенциального эффекта и вероятности наступления рисков. Данный подход был впервые использован в работе Томаса Саати [Saaty, 1987] и является одним из инструментов мультикритериального принятия решений. В отличие от иных методик определения экспертных оценок при методе анализа иерархии эксперты определяют значимость каждого риска путем сопоставления с другими рисками. Далее строится матрица парных оценок, на основе которой формируется интегральная оценка по каждому риску и консолидированно – по группам рисков.

Метод анализа иерархии призван решать исследуемые проблемы, минимизируя непоследовательность экспертных

суждений. Одним из важных атрибутов получения экспертных оценок является выбор способа шкалирования. Шкала Саати определяет готовность респондента отдать приоритет по значимости (или установить равную значимость) одному из двух сравниваемых факторов. Традиционно используется 9-балльная дискретная шкала для осуществления парных сравнений. Однако с целью исключения неоднозначного трактования значимости оценок со стороны экспертов в исследовании была использована более распространенная и интуитивно понятная 5-балльная шкала Лайкерта (табл. 2).

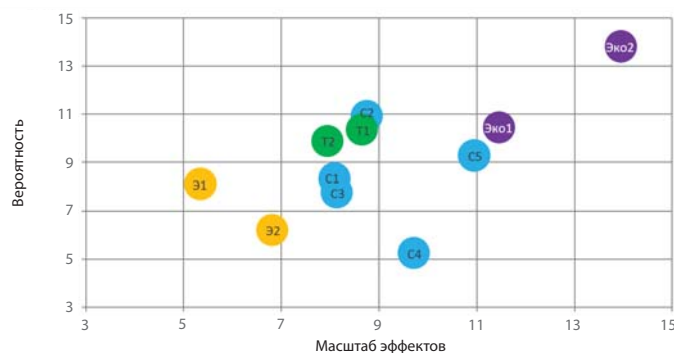
На основе ответов каждого эксперта была сформирована матрица парных сравнений рисков. Далее результаты парных сравнений всех рисков были агрегированы для получения интегральной оценки как по параметру эффектов от наступления, так и по вероятности наступления. Интегральная оценка выводится как среднегеометрическая величина всех парных сравнений по каждому риску. Далее все интегральные оценки экспертов были консолидированы как среднеарифметическое значение. Для исключения искажений результатов в связи с потенциальной неоднородностью суждений экспертных категорий для каждой категории было определено равное весовое значение в 0,2. Для исключения доминирования ответов одной из экспертных групп для всех оценок каждой из экспертных групп было определено равное весовое значение в 0,2.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ АНКЕТИРОВАНИЯ ЭКСПЕРТОВ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам консолидации экспертных оценок для каждого риска была посчитана вероятность его наступления и масштаб эффектов. Схематическое описание карты рисков представлено на рис. 1.

Эксперты установили, что наиболее значимым в контексте проблемы утилизации ПСТТ-ЗШО в России является риск увеличения экологического вреда поверхности земли, изъятый из хозяйственного оборота, и грунтовыми водами в связи с увеличением площади золоотвалов (код Эко2). На сегодня более 10 тыс. га земель занято золошлакоотвалами, что составляет примерно 14 тыс. полноразмерных футбольных полей. Близость золошлакоотвалов к населенным пунктам создает потенциал негативного воздействия на экологическую ситуацию в городах. В случае отсутствия

Рис. 1. Карта рисков сохранения текущей системы регулирования вовлечения ПСТТ-ЗШО в хозяйственный оборот (%)



Источник: подготовлено автором.

стимулирующих мер по вовлечению ПСТТ-ЗШО в хозяйственный оборот площадь земель, занимаемых золошлакоотвалами, будет возрастать. Увеличение накопленных объемов ПСТТ-ЗШО в первую очередь опасно с точки зрения их потенциала загрязнения воздуха (при осушении) и водоемов.

В российской практике имели место нарушения требований к обращению с отходами со стороны угольных ТЭС. В 2013 году в ходе судебных разбирательств был установлен факт несанкционированного сброса отходов производства сточных вод в Троицкое водохранилище со стороны филиала ОГК-2 Троицкая ГРЭС⁴. ТЭС была вынуждена за счет собственных средств выявлять и ликвидировать очаги загрязнений. Данный прецедент сформировался именно в связи с обострением проблемы заполнения емкостей золоотвалов. Из-за отказа в эксплуатации золоотвала на базе озера Шабарколь (Казахстан) после 29 августа 2012 года ТЭС была вынуждена задействовать свободную емкость собственного аварийного (резервного) золоотвала. Весной 2013 года произошло anomальное весеннее половодье, в результате чего повысился уровень воды на резервной секции золоотвала, и произошел перелив из золоотвала через шахтный колодец к низовому отводящему каналу.

Второй наиболее значимый риск также связан с воздействием на окружающую среду – увеличением пыления ПСТТ-ЗШО на золошлакоотвалах (код Эко1). Как отмечают специалисты Калининградского технического университета [Комонов, Озерский, 2005], пыление золошлакоотвалов напрямую связано со следующими характеристиками накапливаемых ПСТТ-ЗШО:

- размером фракций;
- содержанием влаги;
- химическим составом;
- способом размещения (наличие постоянных потоков атмосферного воздуха).

Наиболее простой мерой профилактики пыления является поддержание уровня содержания влаги в золошлаковой смеси. При концентрации влаги более чем 10% пыление на золоотвалах практически исключено. В работе [Лунев, 2019] также отмечалось, что обработка верхнего слоя ПСТТ-ЗШО на золоотвалах химическими растворами сульфоната лигнита и лигнодора в сухое лето и 25%-ным раствором

хлористого кальция во влажное лето позволяет минимизировать пыление на золошлакоотвалах. Однако необходимость осуществления подобных работ также будет приводить к увеличению расходов на обслуживание золошлакоотвалов. При подобном сценарии для ТЭС будет возрастать экономическая целесообразность активизации деятельности по вовлечению ПСТТ-ЗШО в хозяйственный оборот.

Наименее значимыми, по мнению экспертов, являются экономические риски. Однако необходимо отметить, что наименьшую значимость они показали в сравнении с другими рисками, при этом результаты экспертных оценок позволяют признать их существенными. Повышение расходов на обслуживание золоотвалов (код Э1) является неизбежной перспективой для всех ТЭС, работающих на твердом топливе и не осуществляющих деятельность по утилизации ПСТТ-ЗШО. Как было рассмотрено во втором разделе статьи, многие ТЭС будут вынуждены нести существенные расходы (от сотен миллионов до миллиардов рублей) на возведение новых емкостей для размещения ПСТТ-ЗШО. Данные расходы возможно лишь частично компенсировать за счет тарифов (цен) на электрическую и тепловую энергию или за счет бюджетных средств (в части регулируемых тарифов), что будет означать необходимость финансирования этих затрат из прибыли генерирующих компаний.

Введение дополнительных платежей и/или увеличение размера текущих платежей для электростанций, связанных с негативным воздействием на окружающую среду (код Э2), также является весьма вероятным риском. Сегодня в России сформировалась следующая практика: размер платы за НВОС ежегодно индексируется с учетом уровня инфляции. Ставка платы за размещение отходов V класса опасности, к которым относится существенная часть ПСТТ-ЗШО в России, является незначительной в масштабах экономики отдельной ТЭС. Однако на уровне компании расходы по этой статье могут составлять сотни миллионов рублей ежегодно. При этом также нельзя исключать возможность введения дополнительных платежей для минимизации экологического вреда со стороны промышленных отраслей или повышения текущих ставок платы за НВОС. В частности, до конца 2019 года активно обсуждался законопроект об установлении углеродного налога на предприятия, использующие топливо на углеродной основе. По результатам экспертных обсуждений было решено отклонить данную инициативу ввиду существенного обременения социально значимых секторов экономики (в том числе ТЭК). Однако с учетом активного развития экологической повестки на государственном уровне существует вероятность возвращения к обсуждениям мер по стимулированию снижения углеродного следа промышленных предприятий.

Высокую значимость с точки зрения и вероятности наступления, и масштаба эффектов продемонстрировали технологические риски. Результаты указывают на то, что сохранение текущей системы регулирования вовлечения ПСТТ-ЗШО в хозяйственный оборот не создает стимулов для развития отечественных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области обработки и утилизации ПСТТ-ЗШО (код Т2). Немаловажную роль играет риск увеличения технологического разрыва между Россией и зарубежными странами в части утилизации и переработки ПСТТ-ЗШО и сни-

⁴ Решение от 23.08.2013 № 2-516/2013 2-516/2013-М-511/2013 М-511/2013 // СудАкт: Судебные и нормативные акты РФ. URL: <https://sudact.ru/regular/doc/53Up8h97aWQJ/>.

жение экспортного потенциала отечественных технологий обработки отходов (код Т1), который может привести к снижению конкурентоспособности отечественной угольной генерации. Можно отметить, что сейчас оказывается ограниченная поддержка как со стороны государства, так и предприятий ТЭК научным разработкам в области переработки и обращения с ПСТТ-ЗШО. Сегодня технологии переработки и обращения с промышленными отходами не включены в перечень критических технологий Российской Федерации⁵. Наличие данного направления в обозначенном перечне могло бы способствовать оказанию дополнительной грантовой поддержки профильным научным коллективам.

В перспективе отсутствие условий для развития отечественных технологий может привести к зависимости угольных ТЭС в России от зарубежных разработок. Помимо этого, велик риск потери компетенций России в части научных исследований в области обращения с ПСТТ-ЗШО и угольной генерации в целом. Подобные последствия могут существенно подорвать стратегические цели роста в области обеспечения конкурентоспособности отечественной промышленности на внутреннем и мировом рынках. Данный тезис особенно актуален в контексте принятия Минпромторгом России Стратегии развития промышленности по обработке утилизации и обезвреживанию отходов до 2030 года и Сводной стратегии развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2035 года.

Наиболее значимым социальным риском эксперты отметили потенциальное увеличение обращений граждан в медицинские учреждения с респираторными заболеваниями в связи с загрязнением воздуха (код С5). Как отмечалось в предыдущих разделах настоящей статьи, вовлечение ПСТТ-ЗШО в хозяйственный оборот, в частности в строительную отрасль, может привести к улучшению качества атмосферного воздуха. В исследовании Университета г. Луисвилл (США) было установлено, что в группу риска приобретения заболевания в связи с проживанием вблизи угольных ТЭС и золоотвалов входят в первую очередь дети [Zierold, Sears, 2015]. Помимо респираторных заболеваний могут появляться синдром дефицита внимания и гиперактивности, а также нарушения центральной нервной системы. Повышение числа заболеваний оказывает дополнительную нагрузку на систему здравоохранения, снижает производительность труда населения. Однако необходимо отметить, что масштаб негативного воздействия будет зависеть от расположения золоотвалов (в или за пределами населенных пунктов) и от предпринимаемых действий по профилактике пыления.

Проблема обеспечения качества воздуха остро стоит в ряде городов, где доминирует угольная генерация. Поэтому необходимо рассматривать утилизацию ПСТТ-ЗШО не только как инструмент минимизации пыления золоотвалов, но и как возможность снизить негативное воздействие на атмосферный воздух со стороны промышленных пред-

Таблица 3

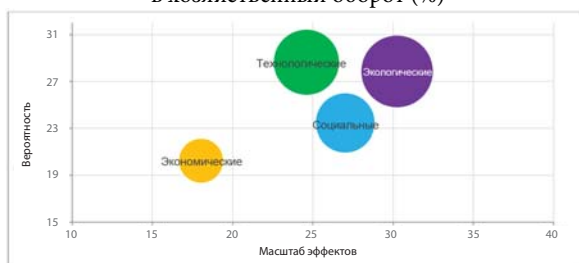
Перечень городов с действующими ТЭС, работающими на твердом топливе, с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха

Город с высоким уровнем загрязнения воздуха	Регион	Действующие угольные ТЭС в чертах города	Число случаев разового превышения концентрации вредных примесей
Ангарск	Иркутская область	Иркутская ТЭЦ-9 Иркутская ТЭЦ-10 Иркутская ТЭЦ-1	7
Абакан	Республика Хакасия	Абаканская ТЭЦ	4
Иркутск	Иркутская область	Ново-Иркутская ТЭЦ	5
Красноярск	Красноярский край	Красноярская ТЭЦ-1 Красноярская ТЭЦ-2 Красноярская ТЭЦ-3	23
Новокузнецк	Кемеровская область	Новокузнецкая ГТЭС Кузнецкая ТЭЦ	8
Улан-Удэ	Республика Бурятия	Улан-Удэнская ТЭЦ-1 Улан-Удэнская ТЭЦ-2	20
Чита	Забайкальский край	Читинская ТЭЦ-1 Читинская ТЭЦ-2	16
Бийск	Алтайский край	Бийская ТЭЦ-1	1
Барнаул	Алтайский край	Барнаулская ТЭЦ-2 Барнаулская ТЭЦ-3	6
Благовещенск	Амурская область	Благовещенская ТЭЦ	1
Братск	Иркутская область	Братская ТЭЦ	8
Минусинск	Красноярский край	Минусинская ТЭЦ	5
Новосибирск	Новосибирская область	Новосибирская ТЭЦ-1 Новосибирская ТЭЦ-2 Новосибирская ТЭЦ-3 Новосибирская ТЭЦ-4 Новосибирская ТЭЦ-5	8
Рязань	Рязанская область	Рязанская ГРЭС	2
Черемхово	Иркутская область	Иркутская ТЭЦ-12	7
Шелехов	Иркутская область	Иркутская ТЭЦ-5	7
Назарово	Красноярский край	Назаровская ГРЭС	3

Источник: подготовлено автором на основе доклада Минприроды России. URL: http://www.mnr.gov.ru/docs/proekty_pravovykh_aktov/proekt_gosudarstvennogo_doklada_o_sostoyaii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii/.

⁵ Перечень критических технологий Российской Федерации. Администрация Президента Российской Федерации. URL: <http://kremlin.ru/supplement/988>.

Рис. 2. Карта метарисков сохранения текущей системы регулирования вовлечения ПСТТ-ЗШО в хозяйственный оборот (%)



Источник: подготовлено автором.

приятный. В первую очередь этот тезис актуален для строительной отрасли. Согласно наиболее актуальному докладу Минприроды России «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации», семнадцать городов⁶, имеющих на своей территории ТЭС, работающих на твердом топливе, были отнесены к населенным пунктам с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха (табл. 3). Наибольшее число случаев разового превышения концентрации вредных примесей в атмосферном воздухе было зарегистрировано в населенных пунктах Красноярского края и Иркутской области. Во всех перечисленных в табл. 3 городах присутствуют промышленные предприятия строительной, металлургической и химической отраслей. Тем самым вовлечение ПСТТ-ЗШО и сопутствующая минимизация вредных выбросов в атмосферу позволят существенно улучшить экологическую ситуацию в перечисленных регионах. Однако сохранение текущей системы регулирования вовлечения ПСТТ-ЗШО в хозяйственный оборот ставит серьезные барьеры для крупнотоннажной утилизации ПСТТ-ЗШО.

Наиболее вероятным социальным риском эксперты назвали сокращение рабочих мест в угольной промышленности в связи со снижением спроса на уголь для градообразующих предприятий (код С2). На рис. 2 представлена карта метарисков сохранения текущей системы регулирования обращения с ПСТТ-ЗШО.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенного исследования указывают на то, что проблема низкого уровня вовлечения ПСТТ-ЗШО в хозяйственный оборот в первую очередь несет экологические, социальные и технологические риски. Это подтверждает тезис, что исследуемая проблематика является кросс-отраслевой. Более низкая значимость экономических рисков по сравнению с другими метарисками объясняется именно тем, что они актуальны только на микроуровне, то есть для экономики конкретных генерирующих компаний, тогда как потенциальные экологические, социальные и технологические риски могут затронуть все аспекты жизнедеятельности общества и экономики и на микро-, и на макроуровнях.

Таким образом, можно утверждать, что повышение объемов утилизации ПСТТ-ЗШО лежит в плоскости межотраслевого взаимодействия. Утверждение целевого показателя

по утилизации ПСТТ-ЗШО в рамках Энергостратегии-2035 является лишь первым шагом к выработке комплексного решения. На стратегическом уровне требуется закрепление аналогичных показателей для ключевых отраслей потребителей ПСТТ-ЗШО, в частности в строительной отрасли. Существенных инвестиций требуют системы обращения и переработки ПСТТ-ЗШО (например, системы золоудаления). Реализацию подобного перевооружения основных средств угольных ТЭС невозможно реализовать без государственной поддержки. Отдельным сложным вопросом является необходимость формирования рынка сбыта продукции, производимой с использованием ПСТТ-ЗШО. Все перечисленные аспекты потребуют детальной проработки в будущих научных исследованиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Делицын Л.М., Ежова Н.Н., Власов А.С., Сударева С.В. (2012). Золоотвалы твердотопливных тепловых электростанций как угроза экологической безопасности // Экология промышленного производства. № 4. С. 15–26.
2. Кожуховский И.С., Величко Е.Г., Цыльковский Ю.К., Цховребов Э.С. (2019). Организационно-экономические и правовые аспекты создания и развития производственно-технических комплексов по переработке золошлаковых отходов в строительную и иную продукцию // Вестник МГСУ. Т. 14. № 6(129). С. 756–773.
3. Комонов С.В., Озерский Д.А. (2005). Экспериментальное исследование процесса пыления поверхности намывного пляжа золошлакоотвала // Интерэкспо Гео-Сибирь. Т. 5. С. 1–6.
4. Лунев А.А. (2019). Обоснование расчетных значений механических характеристик золошлаковых смесей для проектирования земляного полотна: Дис. ... канд. тех. наук. Омск.
5. Пичугин Е.А. (2019). Аналитический обзор накопленного в Российской Федерации опыта вовлечения в хозяйственный оборот золошлаковых отходов теплоэлектростанций // Проблемы региональной экологии. № 4. С. 77–87.
6. Федорова Н.В., Чибинёв К.Н., Шматько М.Е., Пикина Е.В., Садовничий А.И., Щеглов Ю.В. (2016). Исследование сорбирующих свойств золошлаковых материалов ТЭС // Горный информационно-аналитический бюллетень. № 3. С. 411–416.
7. Cleaning up: Policies and penalties to ensure 100 per cent fly ash utilization // Powerline India. URL: <https://powerline.net.in/2019/06/04/cleaning-up-3/>.
8. Environmental benefits // Ash Development Association of Australia. URL: <http://www.adaa.asn.au/resource-utilisation/environmental-benefits>.
9. Saaty T.L. (1987). Principles of the analytic hierarchy process // Expert judgment and expert systems. Berlin; Heidelberg: Springer. P. 27–73.
10. Typical charge (gate fee and landfill tax) for legal landfilling of non-hazardous municipal waste in EU Member States and regions // European Environmental Agency. URL: <https://>

⁶ Проект государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды российской федерации в 2018 году» // Минприроды России. URL: http://www.mnr.gov.ru/docs/proekty_pravovyykh_aktov/proekt_gosudarstvennogo_doklada_o_sostoyaii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii/.

www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/typical-charge-gate-fee-and.

11. Valeev D., Kunilova I., Alpatov A., Mikhailova A., Goldberg M., Kondratiev A. (2019). Complex utilisation of Ekibastuz brown coal fly ash: Iron & carbon separation and aluminum extraction // *Journal of Cleaner Production*. Vol. 218. P. 192–201.
12. Van Berkel R., Fujita T., Hashimoto S., Geng Y. (2009). Industrial and urban symbiosis in Japan: Analysis of the Eco-Town program 1997–2006 // *Journal of Environmental Management*. Vol. 90. No. 3. P. 1544–1556.
13. Yao Z., Xia M.S., Sarker P.K., Chen T. (2014). A review of the alumina recovery from coal fly ash, with a focus in China // *Fuel*. Vol. 120. P. 74–85.
14. Zierold K.M., Sears C.G. (2015). Community views about the health and exposure of children living near a coal ash storage site // *Journal of Community Health*. Vol. 40. No. 2. P. 357–363.

REFERENCES

1. Delitsyn L.M., Ezhova N.N., Vlasov A.S., Sudareva S.V. (2012). Zolootvaly tverdotoplivnykh teplovykh elektrostantsiy kak ugroza ekologicheskoy bezopasnosti [Coalash landfills of solid fuel power stations as a threat to environmental security]. *Ekologiya promyshlennogo proizvodstva [Ecology of Industrial Production]*, 4, 15-26.
2. Kozhukhovskiy I.S., Tselykovskiy Yu.C., Tshovrebov E.S. (2019). Organizatsionno-ekonomicheskie i pravovye aspekty sozdaniya i razvitiya proizvodstvenno-tehnicheskikh kompleksov po pererabotke zoloshlakovykh otkhodov v stroitel'nyu i inuyu produktsiyu [Organizational, economic and legal aspects of creating and developing technological complexes on recycling ash and slag waste in construction and other products]. *Vestnik MGSU [MGSU Bulletin]*, 14, 6(129), 756-773.
3. Komonov S.V., Ozerskiy D.A. (2005). Eksperimental'noe issledovanie protsessa pyleniya poverkhnosti namynogo plyazha zoloshlakootvala [An experimental study of coal ash particle dusting coal ash ponds]. *Interexpo Geo-Sibir' [Interexpo Geo-Siberia]*, 5, 1-6.
4. Lunev A.A. (2019). *Obosnovanie raschetnykh znacheniy mekhanicheskikh kharakteristik zoloshlakovykh smesey dlya proektirovaniya zemlyanogo polotna: Dis. ... kand. tekhn. nauk. [Estimation of ash-slag mixture mechanical characteristics for road subgrade construction. Diss. ... Cand. of Tech. Sci.]*. Omsk.
5. Pichugin E.A. (2019). Analiticheskiy obzor nakoplennoy Rossiyskoy Federatsii opyta vovlecheniya v khozyaystvennyy oborot zoloshlakovykh otkhodov teploelektrostantsiy [Analytical survey of Russian experience in ash-slag waste utilization]. *Problemy regional'noy ekologii [Issues of Regional Ecology]*, 4, 77-87.
6. Fedorova N.V., Chibineev K.N., Shmat'ko M.E., Pikina E.V., Sadovnichiy A.I., Shcheglov Yu.V. (2016). Issledovanie sorbiruyushchikh svoystv zoloshlakovykh materialov TES [Study sorbed properties ash and slag materials of TPP]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' [Mining Informational and Analytical Bulletin]*, 3, 411-416.
7. *Cleaning up: Policies and penalties to ensure 100 per cent fly ash utilization*. Powerline India. URL: <https://powerline.net.in/2019/06/04/cleaning-up-3/>.
8. *Environmental benefits*. Ash Development Association of Australia. URL: <http://www.adaa.asn.au/resource-utilisation/environmental-benefits>.
9. Saaty T.L. (1987). Principles of the analytic hierarchy process. In: *Expert judgment and expert systems*. Berlin, Heidelberg, Springer, 27-73.
10. *Typical charge (gate fee and landfill tax) for legal landfilling of non-hazardous municipal waste in EU Member States and regions*. European Environmental Agency. URL: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/typical-charge-gate-fee-and>.
11. Valeev D., Kunilova I., Alpatov A., Mikhailova A., Goldberg M., Kondratiev A. (2019). Complex utilisation of Ekibastuz brown coal fly ash: Iron & carbon separation and aluminum extraction. *Journal of Cleaner Production*, 218, 192-201.
12. Van Berkel R., Fujita T., Hashimoto S., Geng Y. (2009). Industrial and urban symbiosis in Japan: Analysis of the Eco-Town program 1997-2006. *Journal of Environmental Management*, 90, 3, 1544-1556.
13. Yao Z., Xia M.S., Sarker P.K., Chen T. (2014). A review of the alumina recovery from coal fly ash, with a focus in China. *Fuel*, 120, 74-85.
14. Zierold K.M., Sears C.G. (2015). Community views about the health and exposure of children living near a coal ash storage site. *Journal of Community Health*, 40(2), 357-363.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Ирина Юрьевна Золотова

Директор Центра отраслевых исследований и консалтинга, ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации». Область научных интересов: экономика электроэнергетики, ценообразование, инвестиционная деятельность в электроэнергетике, система государственного регулирования естественных монополий.
E-mail: IYZolotova@fa.ru

ABOUT THE AUTHOR

Irina Yu. Zolotova

Director at the Center of Sectoral Research and Consulting, Financial University under the Government of the Russian Federation. Research interests: electric energy economics, pricing, investments in electric energy, government regulation of natural monopolies.
E-mail: IYZolotova@fa.ru