

УДК 338.45:622.3:622.004.82 © И.А. Ганиева✉, Г.В. Шепелев, 2024

UDC 338.45:622.3:622.004.82 © I.A. Ganieva✉, G.V. Shepelev

АНО «Научно-образовательный центр «Кузбасс»,
650000, г. Кемерово, Россия
✉ e-mail: ikolesni@mail.ru

Research and Academic Centre «Kuzbass»,
Kemerovo, 650000, Russian Federation
✉ e-mail: ikolesni@mail.ru

Экономические и технические аспекты утилизации золошлаковых отходов*

Economic and technical aspects of fly ash disposal

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-4-22-26>

ГАНИЕВА И.А.

Доктор экон. наук, директор АНО
«Научно-образовательный центр «Кузбасс»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: ikolesni@mail.ru

ШЕПЕЛЕВ Г.В.

Канд. физ.-мат. наук, ведущий специалист
АНО «Научно-образовательный центр «Кузбасс»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: shepelev-2@mail.ru

Проблема утилизации золошлаковых отходов (ЗШО) рассмотрена с точки зрения экономической привлекательности для возможных заинтересованных организаций. Рассмотрены основные направления утилизации ЗШО, проведена оценка потенциальной доходности и объемов рынков продуктов переработки.

Показано, что достаточно серьезным препятствием, осложняющим организацию бизнеса на переработке ЗШО, является то, что продукты переработки являются непрофильным бизнесом для генерирующих компаний. Препятствием для привлечения крупных инвестиций могут являться не очень большие объемы потребления соответствующих продуктов. Крупные потенциальные потребители также могут встретить проблемы, связанные с вариативностью состава ЗШО и, соответственно, состава конечного продукта.

Наиболее заинтересованными структурами в организации переработки запасов ЗШО могут быть малые и средние предприятия. Для них основными проблемами будут доступность инвестиционных средств и доступ к крупным потребителям продукции, обеспечивающие рентабельность бизнеса.

Ключевые слова: золошлаковые отходы, ЗШО, переработка отходов ТЭС, экономика переработки отходов.

Для цитирования: Ганиева И.А., Шепелев Г.В. Экономические и технические аспекты утилизации золошлаковых отходов // Уголь. 2024;(4):22-26. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-22-26.

* Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, соглашение от 28.09.2022 № 075-10-2022-115 «Разработка и реализация эффективной системы управления исследованиями, инновациями, производством и выводом на рынок новых продуктов на основе научно-производственного партнерства научных и образовательных организаций и реального бизнеса».

Abstract

The problem of waste disposal is considered from the point of view of economic attractiveness for possible interested organizations. The main directions of waste disposal are considered, an assessment of the potential profitability and volume of the markets of processed products is carried out.

It is shown that a rather serious obstacle complicating the organization of business in the processing of ashes and slag waste is that the processed products are a non-core business for generating companies. An obstacle to attracting large investments may be not very large volumes of consumption of the relevant products. Large potential consumers may also encounter problems related to the variability of the composition of the PO and, accordingly, the composition of the final product.

Small and medium-sized enterprises may be the most interested structures in organizing the processing of ashes and slag waste reserves. For them, the main problem will be the availability of investment funds and access to large consumers of products, ensuring the profitability of the business.

Keywords

Fly ash, waste processing of thermal power plants, the economy of waste processing.

For citation

Ganieva I.A., Shepelev G.V. Economic and technical aspects of fly ash disposal. *Ugol'*. 2024;(4):22-26. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-22-26.

Acknowledgment

The work was carried out with the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Agreement No. 075-10-2022-115 dated 28.09.2022 "Development and implementation of an effective management system for research, innovation, production and launch of new products on the basis of scientific and industrial partnership of scientific and educational organizations and real business".

ВВЕДЕНИЕ

С 2022 г. реализуется комплексная научно-техническая программа полного инновационного цикла (КНТП) «Чистый уголь – Зеленый Кузбасс» [1]. За это время уже были разработаны технологии, которые заинтересовали угледобывающие компании как в Кузбассе, так и в других регионах страны. Один из блоков работы в рамках КНТП «Чистый уголь – Зеленый Кузбасс» называется Экология и здоровьесбережение [2]. В рамках КНТП предусмотрены работы в том числе по использованию золошлаковых отходов ТЭС. Успешность трансфера результатов научно-технических разработок, полученных в рамках КНТП, во многом определяется не только техническими, но и экономическими показателями разрабатываемых технологий. В данной статье такой анализ проведен на примере анализа имеющихся технологий утилизации золошлаковых отходов (ЗШО). Дополнительную актуальность такому анализу придает то, что в настоящее время реализуется работа по Распоряжению Правительства Российской Федерации, направленная на повышение степени переработки ЗШО [3].

ПРОБЛЕМА НАКОПЛЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ЗШО

Вопросы переработки и утилизации золошлаковых отходов (ЗШО) тепловых электростанций (ТЭС) давно стоят на повестке дня [4]. В настоящее время, по различным данным, накопленные запасы ЗШО составляют от 1,3 млрд т [5] до 1,8 млрд т. В России эксплуатируются 172 ТЭС на угле, которые потребляют в год 123 млн т угля [6]. Ежегодный прирост объемов ЗШО оценивается разными экспертами от 18 (по данным Минэнерго России) до 26 млн т (по данным Росприроднадзора).

Площадь земель, занимаемая золоотвалами, составляет примерно 28 тыс. га [7]. Одним из прямых экономических рисков от сохранения текущей системы обращения с ЗШО в России является заполнение текущих емкостей золоотвалов [8]. В течение ближайшего года могут быть заполнены проектные емкости четырех ТЭС, в течение следующих трех лет – еще 11 ТЭС. Необходимость увеличения емкостей размещения в перспективе до 2030-2035 гг. возникнет на 43 ТЭС из 172 в Российской Федерации. Совокупно до 2035 г. потенциальные дополнительные капитальные расходы отрасли на строительство новых золоотвалов могут составить 60 млрд руб. При этом с учетом всех сопряженных с реализацией инвестиционных мероприятий затрат (налог на имущество, обслуживание кредитных средств) совокупные расходы генерирующих компаний на строительство новых емкостей могут достигнуть 113,7 млрд руб.

Хотя ЗШО относятся к 5 классу опасности (практически неопасные), длительное хранение ЗШО без принятия соответствующих мер безопасности может приводить к накоплению вредных веществ выше предельно допустимых концентраций. Поэтому накопление ЗШО требует дополнительных затрат, препятствующих негативному воздействию на экологию и здоровье населения.

ПОТЕНЦИАЛ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗШО

Потенциал использования ЗШО может реализовываться по нескольким направлениям. В настоящее время известно довольно много технологий переработки ЗШО с выделением одного или нескольких целевых продуктов. Обзоры некоторых технологий можно найти как в отечественной [9], так и в зарубежной [10] литературе. Наиболее простое применение ЗШО – как инертного материала при строительстве автомобильных дорог. По существу, ЗШО используется вместо песка, что определяет возможный экономический эффект в размере 200-250 руб. в расчете на тонну ЗШО [11].

В отечественной литературе очень мало данных по экономике использования ЗШО. Например, основное внимание в статье [12] уделено вопросам влияния транспортных затрат на экономические показатели использования ЗШО для строительства. Поскольку при таком использовании ЗШО конкурируют с обычным инертным материалом – песком, экономическая эффективность использования дешевого материала будет лимитироваться затратами на его транспортировку. По расчетам разных авторов, такая стоимость материала ограничивает зону его рентабельного использования расстоянием 100-200 км от места складирования.

Таблица 1

Продукты ЗШО и их рыночная стоимость
Ashes and slag waste products and their market value

Продукт	Концентрация в ЗШО, %	Стоимость 1 т продукта, тыс. руб.	Стоимость на 1 т ЗШО, руб.
Несгоревший уголь (недожег)	от 0 до 15	7-15	1000
Алюмосиликатная микросфера	от 0,1 до 3	25,1-133	1500
Окислы железа	от 4 до 17	4,9-26	500
Al ₂ O ₃	от 9 до 37	32,2-170,7	25000
SiO ₂	от 30 до 63	107-114	20000

В то же время в составе ЗШО имеются составляющие, которые по стоимости сильно превышают стоимость песка (см. табл. 1, где приведены некоторые из компонентов, их концентрация и стоимость на рынке).

В зависимости от используемого угля (месторождения) и методов сжигания концентрация полезных продуктов может меняться в широких пределах (см. табл. 1). Средняя стоимость продуктов, которые могут быть выделены из ЗШО, существенно превышает стоимость песка.

Отдельно укажем потенциал по редким (РМ) и редкоземельным (РЗМ) металлам – их добыча из ЗШО часто обсуждается в литературе. В табл. 2 приведены данные по содержанию наиболее дорогих РМ и РЗМ в отвалах одной из ТЭС, стоимость за грамм и примерная стоимость соответствующего элемента в 1 т ЗШО. Общее количество РМ и РЗМ может составлять около 700 г на 1 т ЗШО, а общая стоимость только этих элементов составляет более 80 тыс. руб. на 1 т ЗШО, то есть примерно равна или даже превышает стоимость угля, из продуктов сгорания которого можно выделить эти элементы.

Однако себестоимость выделения компонентов из угля может оказаться довольно значительной, и в результате чистый доход (прибыль) от переработки ЗШО оценочно составит примерно 10% от продажной цены, то есть 200-2500 руб. на 1 т ЗШО.

**ЧТО ПРЕПЯТСТВУЕТ
РАЗВИТИЮ УТИЛИЗАЦИИ ЗШО.
РИСКИ И ИХ НЕЙТРАЛИЗАЦИЯ**

Несмотря на имеющийся потенциал, использование ЗШО скорее исключение, чем правило. По оценкам экспертов, доля переработки ЗШО в ежегодно генерируемых объемах не превышает десяти процентов. Рассмотрим основные причины такой ситуации.

Экономические риски

Если принять стоимость угля около 200 дол. США за 1 т [13] (или около 15 тыс. руб. за 1 т), то затраты на уголь, при сжигании которого образуется 1 т ЗШО, составят примерно 75 тыс. руб. Соответственно, чистый доход от продажи переработки ЗШО в перерасчете на 1 т исходного угля составит 0,5-5% его исходной стоимости. Понятно также, что для ТЭС производство экономически рентабельной продукции из ЗШО является непрофильным, то есть потребует привлечения специалистов, которые изначально отсутствуют в штате ТЭС. Масштаб такого непрофильного бизнеса (с учетом того, что стоимость угля – не единственные затраты при производстве электроэнергии) составит несколько процентов от основной деятельности и, как следствие, не представляет значимого коммерческого интереса для энергогенерирующих компаний.

Таблица 2

Редкие и редкоземельные металлы из ЗШО и их рыночная стоимость
Rare and rare earth metals produced from the ashes and slag waste and their market value

Элемент	Содержание, г/т	Стоимость, руб. за 1 г	Стоимость на 1 т ЗШО, тыс. руб.
Rb	28,6	2300,0	65780,0
Sc	22,1	140,0	3090,5
Pr	20,8	130,0	2707,3
Li	207,7	12,0	2492,7
Ce	191,6	10,0	1916,0
Ga	32,4	40,0	1295,0
Y	77,7	15,0	1165,5
Nd	79,5	9,0	715,3
Hf	9,1	75,0	678,8
Eu	2,8	220,0	610,5
Be	7,8	75,0	585,0
Dy	13,3	40,0	531,0
Tm	1,1	500,0	525,0

Объемы рынков

Если говорить о потенциальных масштабах возможной утилизации ЗШО с производством востребованных продуктов, то следует оценить потенциальные рынки по целевым продуктам. В табл. 3 приведены данные по оценке накопленных и ежегодных запасов по различным продуктам и данные по рынкам, включая объемы импорта и экспорта соответствующих продуктов.

Видно, что только рынки концентрата железа и глинозема могут обеспечить спрос, достаточный для утилизации вновь генерируемых объемов ЗШО. Рынки прочих продуктов малозначимы в масштабах годовой генерации ЗШО и могут представлять интерес только для малых производств, рассчитанных на локальных потребителей. Глобальное решение проблемы накопления ЗШО они не обеспечат.

Технические риски

В первую очередь следует сказать о неоднородности состава ЗШО. Состав ЗШО сильно зависит от состава исходного угля и может варьироваться в широких пределах. Это приводит к большим разбросам концентрации различных веществ в ЗШО (см. табл. 1). Соответственно, даже реализованные технологии придется адаптировать к условиям конкретной ТЭС.

Дополнительным фактором является то, что в зависимости от технологии сжигания угля и транспортировки ЗШО в шлакохранилища состав в различных местах шлакохранилища также может значительно меняться.

Экологические платежи и штрафы

Существующие ставки платежей за генерацию отходов составляют около 20 руб. за 1 т ЗШО и на фоне общих затрат ТЭС не являются значимым фактором, стимулирующим переработку даже вновь генерируемых объемов ЗШО.

Возможные меры поддержки

Меры возможной поддержки решения задачи организации переработки ЗШО с учетом проведенного обсуждения можно разделить на несколько групп: научно-технические, организационные и экономические методы стимулирования.

Научно-техническая поддержка

Потребители перспективной в экономическом плане продукции переработки ЗШО относятся к разным отраслям, поэтому для реализации производственных технологий требуется набор инженерных компетенций в разных областях.

С учетом того, что деятельность по переработке ЗШО является непрофильной для большинства потенциальных участников, список наилучших доступных и перспективах технологий (НДТ) целесообразно расширить с учетом перспектив различных технологий и масштабов рынков соответствующей продукции.

Целесообразно разработать библиотеки типовых проектов на переработку с учетом состава ЗШО, характерного для различных месторождений энергетических углей.

Такую работу целесообразно провести централизованно, чтобы обеспечить единые методы оценки перспективности технологий для конкретных ТЭС.

Организационные меры поддержки

Наиболее наглядным может быть проведение такой работы в составе технопарка, где можно было бы организовать демонстрацию различных технологий и при необходимости обеспечить заинтересованные организации консультациями по организации соответствующих производств.

На основе обобщения опыта можно обеспечить консультации по применимым технологиям переработки для конкретного отвала ЗШО.

В частности, целесообразно разработать типовой набор исследований состава ЗШО для определения перспективных вариантов переработки для конкретных ТЭС. Необходимо разработать списки рекомендуемого аналитического оборудования для обеспечения определения состава ЗШО.

Экономические стимулы

Из стимулов экономического характера можно рассмотреть следующие варианты:

- дотации на проведение испытаний ЗШО (дотации из фонда, в который проводят отчисления из уже реализованных проектов, получивших субсидии);
- субсидирование создания производств по переработке ЗШО;
- льготное кредитование производств по переработке ЗШО;
- гарантированные закупки продуктов переработки ЗШО (обеспечение подписания соглашений с крупными потребителями глинозема, кремнезема, железа, РЗМ и др.);
- государственное задание на разработку (доработку) технологий под конкретные требования шлакохранилищ.

Довольно часто обсуждается повышение экологических платежей за хранение производственных отходов. С учетом оценки потенциала рынков такое повышение окажет лишнюю нагрузку на бизнес без варианта решения вопроса через внедрение технологий, обеспечивающих масштабную переработку ЗШО.

Прочие возможные меры воздействия, например, стимулирующие выплаты за обеспечение объемов утилизации, могли бы влиять более значимо, но такие действия достаточно сложно организовать.

Выводы

Из проведенного анализа следует, что для решения проблемы утилизации ЗШО экономические стимулы слишком слабы, чтобы обеспечить масштабное решение вопроса. Меры, предпринимаемые со стороны федеральных органов исполнительной власти, не носят определяющего характера. Радикальное решение проблемы потребует согласованных усилий нескольких министерств.

Затраты, которые необходимо вложить в организацию переработки вновь генерируемых объемов ЗШО, сравнимы со средствами, которые могут потребоваться для строительства новых золоотвалов.

Список литературы • References

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 11 мая 2022 г. № 1144-р. Комплексная научно-техническая программа полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи твердых полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения».
2. Опыт и уроки подготовки КНТП «Чистый уголь – Зеленый Кузбасс» / И.А. Ганиева, Г.В. Шепелев, П.М. Бобылев и др. Уголь. 2022. № 11. С. 17-24. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-11-17-24. Ganieva I.A., Shepelev G.V., Bobylev P.M. & Petrik N.A. Experience and lessons learned in preparing the 'Clean Coal – Green Kuzbass' Integrated Scientific and Technical Project. *Ugol'*. 2022;(11):17-25. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-11-17-25.
3. Распоряжение Правительства РФ от 15 июня 2022 г. № 1557-р «Об утверждении комплексного плана по повышению объемов утилизации золошлаковых отходов V класса опасности». URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/404744607/?ysclid=lj3wprqko0797950749> (дата обращения: 15.03.2024).
4. Государственные доклады — Минприроды России (mnr.gov.ru). URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2021_/?ysclid=lgqd72qp27276378077 (дата обращения: 15.03.2024).
5. Максимов А. В 17 российских регионах ведется разработка программ утилизации продуктов сжигания угля на ТЭС и в котельных. Министерство энергетики РФ (minenergo.gov.ru). URL: <https://minenergo.gov.ru/node/24105?ysclid=lgukssdiv7286419341> (дата обращения: 15.03.2024).
6. Восканян Е. Золошлаки: нерешенная проблема // Энергетика и промышленность России. 2019. № 05. С.10. <https://www.eprussia.ru/epr/361/>. Voskanyan E. Ash slags: an unsolved problem. *Energy and Industry of Russia*. 2019;(05):10. (In Russ.). <https://www.eprussia.ru/epr/361/>.
7. Комитет Государственной Думы по энергетике проводит круглый стол на тему: «Законодательное регулирование использования золошлаковых отходов (ЗШО) угольных ТЭС» (duma.gov.ru). URL: <http://komitet2-13.km.duma.gov.ru/Novosti-Komiteta/item/18154738> (дата обращения: 15.03.2024).
8. Золотова И.Ю., Бобылев П.М. Тарифные и бюджетные эффекты от увеличения объемов утилизации золошлаков угольных электростанций в России. КиберЛенинка. (cyberleninka.ru). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tarifnye-i-byudzhetye-effekty-ot-uvelicheniya-obemov-utilizatsii-zoloshlakov-ugolnyh-elektrostantsiy-v-rossii?ysclid=lgq9saeyj955325756> (дата обращения: 15.03.2024).
9. Энциклопедия технологий. Эволюция и сравнительный анализ ресурсной эффективности промышленных технологий. ФГАУ «НИИ «ЦЭПП». М., СПб.: Реноме, 2019. 824 с.
10. Coal Combustion Products (CCP's) Characteristics, Utilization and Beneficiation. Edited by Tom Robl, Anne Oberlin, Rod Jones. Woodhead Publishing, 2017.
11. Моснеруд. Песок и щебень. URL: <https://mosnerud.ru/catalog/pesok-s-dostavkoj/> (дата обращения: 15.03.2024).
12. Золотова И.Ю. Теоретическая экономическая модель утилизации золошлаковых отходов угольных ТЭС в России // Современная наука: Актуальные проблемы теории и практики. Экономика и право. 2020. № 8. С. 24-29. DOI: 10.37882/2223-2974.2020.08.08. Zolotova I.Yu. Theoretical economic model of coal combustion product utilization in Russia. *Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya Ekonomika i pravo*, 2020;(8):24-29. (In Russ.). DOI: 10.37882/2223-2974.2020.08.08.
13. Уголь – Фьючерсный контракт – Цены. 2008-2023 данные. 2024-2025 прогноз. (tradingeconomics.com). URL: <https://ru.tradingeconomics.com/commodity/coal> (дата обращения: 15.03.2024).

Authors Information

Ganieva I.A. – Doctor of Engineering Sciences, Research and Academic Centre «Kuzbass», Director, Research and Academic Centre «Kuzbass», Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: ikolesni@mail.ru

Shepelev G.V. – PhD (Physical and Mathematical), Leading Specialist, Research and Academic Centre «Kuzbass», e-mail: shepelev-2@mail.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 2.02.2024

Поступила после рецензирования: 28.02.2024

Принята к публикации: 26.03.2024

Paper info

Received February 2, 2024

Reviewed February 28, 2024

Accepted March 26, 2024