

## УТИЛИЗАЦИИ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

*Зверева Э.Р.<sup>1</sup>, Плотникова В.П.<sup>2</sup>, Бурганова Ф.И.<sup>1</sup>, Зверев Л.О.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Казанский государственный энергетический университет, г. Казань;

<sup>2</sup>ПАО ТГК-1, г. Санкт-Петербург;

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский университет промышленных технологий и дизайна,  
Высшая школа технологий и энергетики, г. Санкт-Петербург

**Ключевые слова:** утилизация золы, золошлаковые отходы, уголь, мазут.

**Аннотация.** При рациональном обращении с золошлаковыми отходами предприятий топливно-энергетического комплекса, возможно уменьшить негативное экологическое воздействие на окружающую среду, и получить чистую прибыль в 125 млн рублей в год от производства высококачественных изделий.

## OF UTILIZATION OF ASH AND SLAG WASTE FROM ENTERPRISES OF A FUEL AND ENERGY COMPLEX

*Zvereva E.R.<sup>1</sup>, Plotnikova V.P.<sup>2</sup>, Burganova F.I.<sup>1</sup>, Zverev L.O.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Kazan State Energy University, Kazan;

<sup>2</sup>PJSC TGC-1, St. Petersburg;

<sup>3</sup>Saint Petersburg University of Industrial Technologies and Design, Higher School of  
Technology and Energy, St. Petersburg

**Keywords:** ash utilization, ash and slag waste, coal, fuel oil.

**Abstract.** With the rational management of ash and slag waste from the enterprises of the fuel and energy complex, it is possible to reduce the negative environmental impact on the environment and get a net profit of 125 million rubles a year from the production of high-quality products.

### Введение

Сжигание топлива на предприятиях топливно-энергетического комплекса приводит к образованию летучих веществ и твердых негорючих отходов, содержащих разные, в том числе ценные вещества. Ежегодно электрические станции и котельные производят около 30 млн. тонн отходов. В России не более 10% от ежегодно образующихся золошлаковых отходов используются в качестве вторичных ресурсов, тогда как, например, в Европе утилизируют до 90 % золошлаковых отходов. Затраты на содержание золошлаковых отходов составляют 3-7% себестоимости производства электроэнергии и тепла на электрических станциях. Инвестиции в реконструкцию одного золошлакоотвала могут достигать 1 млрд рублей, стоимость строительства нового золошлакоотвала доходит до 7 млрд рублей.

Таким образом, решение проблемы рациональной утилизации золошлаковых отходов предприятий ТЭК в России позволит полезно использовать золошлаковые отходы, с целью получения новых материалов и продуктов, а также улучшить экологическую ситуацию в стране.

### **Извлечение ценных металлов**

Золошлаковые отходы электрических станций могут быть использованы для извлечения ценных металлов, при производстве композиционных материалов и изделий различного назначения. Ценность золы обусловлена ее сложным химическим составом. В зольных отходах сконцентрировано большое количество соединений кальция, железа, алюминия, хрома, никеля, марганца, редких и рассеянных элементов: ванадия, германия, галлия. В связи с истощением природных ресурсов переработка золошлаковых отходов с целью извлечения ценных и благородных металлов и дальнейшее их использование является актуальным решением в реализации политики ресурсосбережения [1-2].

Природные органические топлива являются сорбентами, содержащими примеси ценных элементов, включая редкие металлы. При сжигании их содержание в золе возрастает многократно и может представлять промышленный интерес. Однако некоторая часть ценных элементов образует при сжигании топлива летучие продукты, уходящие в атмосферу с дымовыми газами. Эта составляющая может в дальнейшем быть использована в промышленности.

Существуют несколько путей решения проблемы обогащения золошлаковых отходов при очистке дымовых газов путем улавливания оксидов металлов. Часть из них связана с применением высокоэффективных методов сжигания топлива, совершенствованием конструктивных особенностей топок котлов и разработкой фильтров, задерживающих часть вредных выбросов, второй способ решения данной проблемы заключается в разработке эффективных топливных присадок нового поколения и в усовершенствовании систем фильтрации дымовых газов. В наших работах показано, что использование присадок нового поколения, содержащих наночастицы, позволяет добиться большего связывания оксидов металлов в нелетучие соединения в зоне горения топлива и их уменьшение в составе эмиссионных газов [3-5].

С помощью магнитной сепарации можно извлечь из золошлаковых отходов предприятий ТЭК тонны железа для металлургической промышленности. Сплавы и стали на основе ванадия, алюминия, железа широко применяются во многих областях народного хозяйства: атомной энергетике, электронной, авиакосмической технике, автомобильной технике, сельском хозяйстве, химической технологии, медицине и др. Ванадий, никель, вольфрам, молибден, содержащийся в золошлаковых отходах, используется для легирования сталей с целью улучшения их конструктивных свойств. Алюминий, ванадий широко используется и в качестве катализаторов сернокислотного производства. Ценные компоненты золы – алюмосиликатные полые микросферы применяются при изготовлении различных плавучих средств; в радиотехнике; в качестве изолирующих материалов теплотрасс и др.

Обезвреженные золошлаковые материалы после извлечения из них ценных компонентов используются в качестве наполнителей для создания строительных материалов; в дорожном строительстве; для производства стекломатериалов, в том числе теплоизоляционных материалов; в сельском хозяйстве в качестве минеральных удобрений и др.[6-10].

Извлечение концентратов ценных и редких металлов из золошлаковых отходов производится при использовании процессов экстракционных, сорбционных, гравитационным и электролитическим осаждением. Известны различные способы извлечения ценных элементов из золошлаковых материалов, которые заключаются в химической обработке золошлаковых материалов после сжигания углей различными химическими реагентами. Основным методом переработки зольно-шлаковых материалов является их обработка минеральными кислотами (серной, соляной), при котором извлекаются до 80 - 90 % редкоземельных элементов.

В настоящее время имеются эффективные технологические решения, позволяющие качественно перерабатывать золошлаковые отходы с целью извлечения из них, например, с помощью выщелачивания, золота, титана, лития, бериллия, ванадия, вольфрама, меди, марганца, цинка, редкоземельных элементов и др.

Суммарная себестоимость получения 1 т редких металлов из руд составляет в среднем 200 000 \$ / т. Суммарная себестоимость получения металлов (Ti, V, Ga) из золошлаковых отходов методом термохлорирования, например, в среднем составит 80 000 \$ / т. Себестоимость извлечения редких металлов из золошлаковых отходов гораздо ниже, чем промышленное получение этих металлов из руд [11-15].

### **Производство новых изделий**

Также золошлаковые отходы целесообразно использовать при производстве бетонных изделий для дорожной и цементной отраслей методом вибропрессования материалов. Преимущества этого метода в том, что можно создать изделия с достаточно высокими показателями морозостойкости (-300F и менее), низким уровнем водопоглощения (менее 5%), четкими геометрическими формами и стабильностью характеристик. Метод вибропрессования позволяет изготовить различные строительные материалы от тротуарной плитки до стенового камня. Также данная технология дает возможность экономить пигмент, с помощью изготовления двухслойной тротуарной плитки.

### **Результаты**

На основании технико-коммерческих предложений оборудования и строительных материалов составлен бизнес план строительства завода и проведен сравнительный анализ чистой прибыли в зависимости от вида выпускаемой продукции (тротуарная плитка, бордюрный камень, пустотелый стеновой камень). Инвестиции в строительство завода составят 120 млн рублей.

Анализируя финансово-экономические показатели проекта, можно прийти к выводу, что предприятие является перспективным с точки зрения инвестирования. Такие показатели как дисконтированный период окупаемости (2,39 лет) и индекс прибыльности (4,86) показывают, что проект можно считать не только прибыльным, но и эффективным.

Чистый дисконтированный доход (463 526 тыс. руб.) говорит о целесообразности реализации инвестиций. Анализ предельных значений показал, что чистый дисконтированный доход наиболее чувствителен к изменению цены

сбыта. Учитывая, что цена заложена не максимальная и допустимое отклонение 18,9%, можно не опасаться убытков от инвестирования [16].

## Заклучение

При рациональной утилизации золошлаковых отходов предприятий топливно-энергетического комплекса, возможно снизить экологическую нагрузку на окружающую среду, извлекать ценные металлы, получать новые продукты и материалы, востребованные на предприятиях электротехнического машиностроения, металлургии, и производства качественной бетонной продукции, отказаться от инвестиций в реконструкцию и строительство нового золошлакоотвала, и получить чистую прибыль в 125 млн рублей в год от производства высококачественных бетонных изделий.

## Список литературы

1. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии», ИТС-368-2017.
2. Целыковский Ю.К. Утилизация золошлаковых материалов угольных тепловых электростанций России / Под ред. А.Г. Тумановского. – М.: ВТИ, 2003.
3. Зверева Э.Р., Шагеев М.Ф., Дмитриев А.В. и др. Использование золошлаковых отходов, образующихся при сжигании мазутов на тепловых электрических станциях //Вестник КГЭУ.2018. Т. 10, № 1 (37). С. 64-73.
4. Зверева Э.Р., Дмитриев А.В., Шагеев М.Ф., Ахметвалиева Г.Р. Результаты промышленных испытаний карбонатной присадки к мазуту // Теплоэнергетика. 2017. № 8. С. 50-56.
5. Зверева Э.Р., Мингалеева Г. Р., Хабибуллина Р. В., Ахметвалиева Г. Р. Улучшение вязкостных характеристик котельного топлива присадками // Нефтехимия. 2016. №1. С.73-75.
6. Zvereva E.R., Zueva O.S., Khabibullina R.V. Improvement of Liquid Organic Fuel Oils Operational Characteristics with Additives // Mater. Sci. Forum. 2016. V. 870. P. 666-670.
7. Zvereva E.R., Khabibullina R.V., Akhmetvalieva G.R., Makarova A.O., Zueva O.S. Influence of Nanoadditives on Rheological Properties of Fuel Oil // Advances in Engineering Research. 2017. V. 133. P. 914-920.
8. Zvereva E.R., R.V. Khabibullina, Zueva O.S., Nano Additives Influence on Fuel Oil Properties // Solid State Phenomena. 2017. V. 265. P. 374-378.
9. Зверева Э.Р., Зуева О.С., Хабибуллина Р.В. и др. Воздействие на реологические характеристики жидкого котельного топлива присадок, включающих углеродные нанотрубки // Химия и технология топлив и масел. 2016. № 5 (597). С. 15-19.
10. Zvereva E.R., Zueva O.S., Khabibullina R.V., Makarova A.O. Nanomaterial Effect Study in the Viscosity Characteristics of Fuel Oil and Alternative Fuels Used at Fuel and Energy Complex Enterprises // Journal of Engineering and Applied Sciences/ 2017. V. 11. P. 2950-2954.
11. Зверева Э.Р., Хабибуллина Р.В., Макарова А.О., Ахметвалиева Г.Р., Бурганова Ф.И., Ермолаев Д.В., Зуева О.С. Изменение реологических свойств тяжелого котельного топлива при добавлении углеродных нанотрубок и обезвоженного карбонатного шлама // Нефтехимия. 2019. Т. 59. № 1. С. 98-103.
12. Патент РФ № 76252. / Ващук В.И., Меламед Б.Г., Калинин Н.Ф., Злобин С.С., Федоров И.Б. Производственный комплекс по переработке и утилизации нефтешламов. – Оpubл. 2008, Бюл. № 26.
13. Патент РФ № 2588521. Способ комплексной переработки золошлаковых отходов (варианты) / Прокопьев С.А., Болотин М.Л. – Оpubл. 2016, Бюл.№18.
14. Патент РФ №2293134. Способ извлечения редкоземельных металлов и иттрия из углей и золошлаковых отходов от их сжигания / Кузьмин В.И., Пашков Г.Л., Карцева Н.В., Охлопков С.С. Кычкин В.Р., Сулейманов А.М. – Оpubл. 10.02.2007.

15. Концевой А.А., Михнев А.Д., Пашков Г.Л., Колмакова Л.П. Извлечение скандия и иттрия из золошлаковых отходов // Журнал прикладной химии. 1995. Т. 68. №7. С. 1075.
16. Отчет о научно-исследовательской работе «Техническое обоснование возможности разработки зольных отвалов Апатитской ТЭЦ», Российская академия наук, Кольский научный центр, Горный институт, 2006.

Сведения об авторах:

*Зверева Эльвира Рафиковна* – д.т.н., профессор кафедры Технология воды и топлива КГЭУ, г. Казань;

*Плотникова Виктория Павловна* – к.э.н., начальник центра, начальник отдела развития персонала Учебного центра ПАО «ТГК-1», г. Санкт-Петербург;

*Бурганова Фирюза Ильсуровна* – магистрант КГЭУ, г.Казань;

*Зверев Леонид Олегович* – студент Высшей школы технологий и энергетики СПбГУПТД, г. Санкт-Петербург.