

А. Е. Семерикова, Е. Р. Магарил,  
*Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия*

## **АНАЛИЗ ЛУЧШИХ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРАКТИК В СФЕРЕ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ ТЭС**

Waste from the fuel and energy complex can be used in various directions. An overview of the main ways of using waste from thermal power plants was conducted. The features of the optimal organization of the TPP waste processing enterprise are determined.

Одним из основных видов отходов, образующихся на тепловых электростанциях, являются золошлаки – твердые минеральные продукты сгорания топлива, образующиеся при температуре 1700–1900 °С, представленные шлаком и летучей золой. Ежегодно ТЭС средней мощности выбрасывает в отвалы до 1 млн т золы и шлака, а ТЭС, сжигающая многозольное топливо, – до 5 млн т [1].

В ЕС, Китае, Индии действуют политические директивы (в т. ч. стандарты *LCPD, IED*), регулирующие выбросы угольной промышленности, что привело к росту количества перерабатываемых отходов угольных ТЭС. В США, Германии, Китае объем переработки составляет более 75 %, в Скандинавских странах – до 100 % [2]. В РФ используется менее 10 % золошлаковых отходов (ЗШО), что связано с отсутствием законодательно установленных правил по обращению и вовлечению в оборот данных отходов [3].

Золы ТЭС состоят на 85–90 % из оксидов кремния, алюминия, железа, кальция и магния, что позволяет рассматривать их в качестве сложного техногенного сырья. Также большая часть ЗШО имеет V класс опасности («неопасные»), что делает их пригодными для повторного применения в различных отраслях. Рассмотрим наиболее распространенные методы использования.

**Строительная отрасль.** Одним из самых распространенных методов утилизации ЗШО ТЭС является их применение в строительной отрасли.

*Производство цемента.* Золошлаковые отходы тепловых и гидроэлектростанций можно применять в производстве цементов с минеральными добавками. Добавление 15–30 % ЗШО в цемент улучшает его

характеристики и повышает прочность [4]. Кроме того, т. к. золы не требуют термической обработки, снижается объем выбросов CO<sub>2</sub> по сравнению с традиционным способом производства цемента. Примерно 6–9 млн т цемента в РФ может быть заменено золошлаками, что позволит уменьшить выбросы CO<sub>2</sub> в строительной отрасли примерно на 3–5 млн т [5].

*Производство бетона.* Добавление в бетон ЗШО улучшает водонепроницаемость в сравнении с обычными видами бетона. Одним из перспективных золошлаков является безобжиговый зольный гравий, полученный из высококачественной золы уноса и силикат-глыбы, который в 1,5 раза снижает теплопроводность по сравнению с керамзитобетоном. Однако добавление в бетон золошлаков в объеме более 50 % снижает его прочность и морозостойкость, поэтому необходимо использовать другие способы повышения качества, например, метод электрической сепарации органических компонентов от минеральной части.

**Получение геополимерных материалов.** ЗШО являются перспективным материалом для получения геополимеров. В качестве теплоизоляторов используют пористые геополимерные материалы, полученные путем затворения золы уноса ТЭС натриевым жидким стеклом в присутствии перекиси водорода в качестве пенообразователя [4]. Кроме того, геополимеры из ЗШО, метокаолина и заполнителей используют при производстве бетонов и керамического кирпича.

**Транспортная отрасль.** В мировой практике золошлаки угольных ТЭС применяют при строительстве эстакад, мостов, путепроводов и производстве железнодорожных шпал. В России перспективным направлением является сооружение насыпей для путей и производства железобетонных шпал. Также в будущем будет развиваться производство прочных геополимерных шпал, доля ЗШО в которых может составлять до 80 % [5].

**Получение ценных компонентов.** В золошлаковых отходах содержится большой спектр ценных компонентов. Так, при переработке можно выделить алюминий, железо, титан, золото, алюмосиликатные микросферы, глинозем, магний и др. С помощью магнитной сепарации получают железосодержащий

концентрат для черной металлургии. Фторидным методом выделяют из электромагнитной фракции глинозем, аморфный кремнезем, диоксид железа.

Отходы теплоэнергетики также содержат сырье для высокотехнологичных производств – редкоземельные компоненты. Метод ионной флотации, отличающийся простотой, позволяет извлекать их даже при низких концентрациях веществ из отходов. Для максимального извлечения с помощью метода бактериального выщелачивания из золы уноса получают 49 % лантана, 45 % иттрия и 75 % скандия. Одним из перспективных способов, ускоряющим процесс выщелачивания редких металлов, является использование импульсного и непрерывного электромагнитного микроволнового излучения.

**Сельское хозяйство.** Отходы ТЭС содержат органические микроэлементы, оксиды, калий и являются неопасными, поэтому возможно их применение в сельском хозяйстве в качестве удобрений, мелиорантов и для рекультивации земель. Золой улучшают водно-физические и агрохимические показатели почв, повышают плодородие, способствуют росту растений, накоплению в них макро- и микроэлементов и защищают от вредителей. Использование ЗШО для рекультивации актуально для близких к местам выработки месторождений ТЭС. Также золошлаки потенциально можно использовать в качестве изолирующего слоя на мусорных полигонах как техногенный грунт для пересыпки ТКО.

На основе проведенных аналитических исследований способов использования ЗШО, были определены особенности выбора оптимальной инфраструктуры, связанной с обращением с данным видом отходов [2]:

– объем образования, технологические особенности обращения с отходами (сбор, хранение, обработка) непосредственно связаны с параметрами и показателями производственно-технической деятельности ТЭС;

– ЗШО как вторсырье физически находятся на территории предприятий энергетики;

– транспортирование необработанной золы экономически не выгодно (из-за образования большого количества не утилизируемых отходов, образующихся после обработки ЗШО);

– экономически эффективна только транспортировка дробленого шлака, определенного размера и качества в виде готового сырья для других отраслей.

Таким образом, оптимальным промышленным объектом, перерабатывающим золошлаки, может стать комплекс по обработке и утилизации, находящийся на территории ТЭС и связанный с потребителями продукции и работ с использованием золошлакового сырья, материалов [6]. Отрасли использования вторичного сырья будут определяться логистическими связями предприятий-потребителей и переработчика ЗШО.

Также данный комплекс будет обеспечивать само предприятие теплоэнергетики сырьем для собственных нужд (например, для рекультивации земель и мест выработки, и т. д.).

В результате, рассмотрение широкого спектра применения золошлаковых отходов тепловых электростанций: строительство, транспортная отрасль, сельское хозяйство и др., позволило сделать вывод о том, что наиболее эффективным способом организации предприятия по переработке ЗШО является промышленный комплекс непосредственно на территории ТЭС, логистически связанный с предприятиями-потребителями.

Увеличение доли использования зол тепловых электростанций в РФ необходимо, т. к. вовлечение отходов обратно в оборот позволит снизить нагрузку топливно-энергетического комплекса на окружающую среду и сократить использование первичных ресурсов.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Техногенные вторичные ресурсы / Отходы. ру. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=1862> (дата обращения 25.03.2023).

2. Кожуховский, И. С. Организационно-экономические и правовые аспекты создания и развития производственно-технических комплексов по переработке золошлаковых отходов в строительную и иную продукцию / И. С. Кожуховский, Е. Г. Величко, Ю. К. Цельковский // Вестник МГСУ. – 2019, № 6 (129).

3. Пичугин, Е. А. Аналитический обзор накопленного в Российской Федерации опыта вовлечения в хозяйственный оборот золошлаковых отходов тепловых электростанций / Е. А. Пичугин // Проблемы региональной экологии. – 2019, № 4.

4. Худякова, Л. И. Использование золошлаковых отходов тепловых электростанций / Л. И. Худякова, А. В. Залуцкий, П. Л. Палеев // XXI век. Техносферная безопасность. – 2019, № 3 (15).

5. Утилизация золошлаков ТЭС как новая кроссотраслевая задача / Энергетическая политика. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://energypolicy.ru/utilizacziya-zoloshlakov-tes-kak-novaya-k/energetika/2020/13/21/> (дата обращения 01.03.2023).

6. Цховребов, Э. С. Эколого-экономические аспекты планирования размещения и проектирования промышленных объектов по обработке, утилизации, обезвреживанию отходов / Э. С. Цховребов // Вестник МГСУ. – 2018. – Т. 13, № 11. – С. 1326–1340.

*Angelina E. Semerikova, Elena R. Magaril,  
Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia*

## **ANALYSIS OF THE BEST EXISTING PRACTICES IN THE FIELD OF WASTE MANAGEMENT OF THERMAL POWER PLANTS**