

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ВЫДЕЛЕНИЯ ЦЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ ИЗ ЗОЛ УНОСА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ЮЖНО-АФРИКАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

В.А. Желнорович, М.С. Полонский

Научный руководитель: доцент, кандидат технических наук О.И. Налесник

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

Email: [van-brutus@yandex.ru](mailto:van-brutus@yandex.ru)

**ECOLOGICAL AND ECONOMICAL EXPEDIENCY OF EXTRACTION OF VALUABLE COMPONENTS FROM SOUTH-AFRICAN THERMAL POWER STATIONS' FLY ASH**

V.A. Zhelnorovich, M.S. Polonskiy

Scientific Supervisor: Docent, Candidate of technical Sciences O.I. Nalesnik

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

Email: [van-brutus@yandex.ru](mailto:van-brutus@yandex.ru)

***Abstract.** The possibility of extraction of valuable components (magnetic fraction, unburned coal, floating microspheres) from the fly ash, produced by three South-African thermal power stations, in order to use them in different sectors of industry is considered in this article. The comprehensive research of fly ash samples from three TPS (MALTA, KRIEL, MATIMBA) contained sieve separation, calcination and extraction of magnetic fraction and floating microspheres. As a result, a conclusion was made that the extraction of valuable components from that ash isn't economically expedient, but the fly ash itself could be used as an additive for building materials.*

**Введение.** Структура мирового производства электроэнергии в двадцать первом веке изменяется с каждым днём. Тем не менее, наибольшую долю в нём занимают теплоэлектростанции. При сгорании угольного топлива в ТЭС образуются отходящие газы, уносящие вместе с собой мелкодисперсную минеральную золу (золу уноса). В технологически развитых странах (Франции, Германии) зола уноса целиком используется в индустрии стройматериалов, в остальных же странах, в том числе и в России, зола удаляется вместе со шлаком и накапливается на золоотвалах вблизи ТЭС.

**Актуальность.** Очевидно, что подобное расположение золоотвалов вызывает ряд экологических проблем. Таковыми являются: сокращение площадей пригодных для развития городской инфраструктуры и сельскохозяйственного использования; опасность загрязнения окружающей среды через вынос золы с водой; просачивание воды отстоя вглубь земли с последующим загрязнением водоносных слоёв; распыление зол ветрами в засушливых климатических зонах. Одним же из вариантов решения данной проблемы можно считать использование золы уноса в промышленности.

Особую ценность в золах уноса представляют формирующиеся в них шарообразные муллитовые частицы – алюмосиликатные плавающие микросферы белого, желтоватого и коричневатого цветов. Такие микросферы могут использоваться при строительстве нефтяных и газовых скважин.

Магнетитовые микрошарики образуются при плавлении магнетита в факеле горения углей и последующем его застывании в виде сфер правильной формы. Данные сферы можно применять в производстве железного концентрата и тяжелосреднего обогащения полезных ископаемых [1, стр. 6]. В золе уноса также содержатся несгоревшие угольные частицы, отправляемые как на вторичное энергетическое использование, так и в литейное производство.

**Цель исследования.** Основной целью данного исследования стало изучение гранулометрического состава и структуры золы уноса, а также содержания в ней ценных компонентов. В исследовании использовались образцы зол уноса с трёх теплоэлектростанций Южно-Африканской республики: №1 – MALTA, №2 – KRIEL, №3 – MATIMBA.

**Материалы и методы исследования.**

1. Ситовой анализ образцов для определения гранулометрического состава согласно ГОСТ 2093-82 [2].
2. Извлечение магнитной части из каждой отдельной фракции. Магнитная фракция была выделена методом извлечения при помощи неодимового постоянного магнита, расположенного на расстоянии 10 миллиметров от слоя золы толщиной 1 миллиметр.
3. Прокаливание немагнитной и магнитной фракций для установления количества недогоревшего угля в муфельной электропечи при 800°C в течение 5 часов, с последующей фиксацией изменения массы.
4. Установление насыпной плотности через просыпание образцов в мерный цилиндр.
5. Микроскопический анализ немагнитной и магнитной частей отдельных фракций при помощи микроскопа USB Digital Microscope (20x-800x) и выделение плавающей микросферы.

**Результаты экспериментов.**

Таблица 1

Результаты исследования состава образца южноафриканской золы №3

Граничные размеры фракций, мм	$\omega$ , %	$\omega_{\text{маг}}$ , %	$\omega_{\text{нед}}$ , %	$\rho_{\text{нас}}$ , Г/см <sup>3</sup>
-0,04+0	45,10	2,17	0,54	0,836
-0,063+0,04	18,68	7,96	13,25	0,800
-0,08+0,063	8,43	9,66	0,92	0,764
-0,1+0,08	5,16	13,19	1,01	0,726
+0,1	22,63	18,22	2,42	0,694

где:  $\omega$  – массовая доля золы данной дисперсности,  $\omega_{\text{маг}}$  – массовая доля магнитного концентрата в отделённых фракциях образца,  $\omega_{\text{нед}}$  – массовая доля угольного недожога в отделённых фракциях образца,  $\rho_{\text{нас}}$  – насыпная плотность немагнитных частей фракций образца.

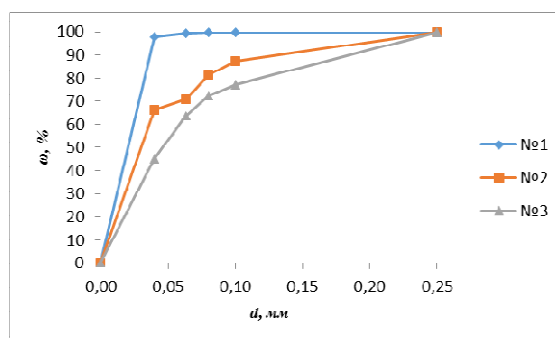


Рис. 1. Суммарная характеристика распределения массы образца по фракциям

где d – размер частиц золы.

**Анализ результатов экспериментов.** Посредством ситового анализа было установлено распределение массы трёх образцов зол уноса по фракциям (рис. 1). Наибольшая массовая доля во всех трёх образцах золы ожидаемо пришлась на самую мелкодисперсную фракцию. Наиболее ярко выражено подобная тенденция наблюдалась в образце золы со станции MALTA (97,83% массы).

Микроскопический анализ показал, что наименьшим количеством ценных для промышленности компонентов обладает зола с электростанции MALTA. Она более светлая, чем золы с двух других электростанций, что объясняется малым содержанием магнитной фракции и недогоревшего угля в ней. Основная её масса представлена бесформенными осколками размером до нескольких микрон, встречаются также белые и светло-серые шарики с матовой поверхностью больших размеров. Имеются в небольшом количестве чёрные шарики правильной и неправильной формы. К этой золе близок образец, взятый со станции МАТИМВА, имеющий, впрочем, часть белых шариков-микросфер.

Светлая масса золы со станции KRIEL имеет более выраженную шарообразную структуру с включениями бело-серых шариков размерами до 1 микрометра и их конгломератов размерами до 10 – 20 микрометров. Присутствуют в незначительных количествах блестящие белые, чёрные шарики (магнитная фракция) и частицы недогоревшего угля.

Исходя из уже имевшихся данных микроскопического анализа, во всех трёх образцах золы предполагалось обнаружить крайне малую массовую долю как магнетита, так и недогоревшего угля. Магнетит, крайне неравномерно распределённый по фракциям, составил лишь 0,48% от массы образца золы со станции MALTA, 4,17% со станции KRIEL и 8,08% со станции МАТИМВА соответственно. Недогоревший уголь, содержащийся в немагнитной части фракций, был представлен в среднем 1,78, 5,59 и 1,64% для трёх образцов соответственно. Подобные низкие значения оказались характерны и для магнитной фракции всех трёх образцов.

Содержание плавающей микросферы во всех трёх образцах крайне ничтожно (менее 0,15% весовых). В микроскоп видны только единицы белых блестящих шариков.

**Выводы.** Ранее проведенные на кафедре ОХХТ исследования золы Северской тепловой электростанции показали высокое содержание и коммерческую целесообразность извлечения вышеуказанных ценных компонентов при её комплексной переработке. Исходя из анализа полученных нами данных, можно сделать вывод, что выделение магнетита, угольного недожога и плавающей микросферы из Южно-Африканских зол уноса экономически невыгодно вследствие малого их содержания. В данном случае наиболее оптимальным представляется использование этих зол в качестве добавки к строительным материалам: для получения бетонов повышенной прочности и водонепроницаемости, кирпича с большими значениями пористости и т.д. Однако, для более точной рекомендации использования этих зол необходимы дополнительные исследования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кизильштейн Л. Я. Компоненты зол и шлаков. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 176 с. ил.
2. ГОСТ 2093-82 «Топливо твёрдое. Ситовой метод определения гранулометрического состава». – Изд. офиц. – Москва: Издательство стандартов, 1983. – 27 с.: ил. – Государственные стандарты.
3. Пантелеев В. Г. Состав и свойства золы и шлака ТЭС: справочное пособие / В. Г. Пантелеев [и др.]; под ред. В. А. Мелентьева. — Ленинград: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1985. – 285 с. ил.