

УДК 621.311

**ВТОРИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭЦ
RECYCLING ASH AND SLAG WASTE OF COMBINED HEAT
AND POWER PLANTS**

В.А. Новикова

Научный руководитель – Н.В. Пантелей, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

V. Novikova

Supervisor – N. Panteley, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: В данной статье рассмотрено отрицательное влияние отходов, получаемых на ТЭЦ, в ходе сжигания твёрдого топлива, а также возможность повторного их использования в различных отраслях экономики, в том числе в строительстве.

Abstract: This article examines the negative impact of waste generated at CHP plants during the combustion of solid fuels, as well as the possibility of their reuse in various sectors of the economy, including construction.

Ключевые слова: твердое топливо, токсичность, золошлаковая смесь, промышленная ценность, магнитный концентрат, вторичный уголь, инертная масса, полезные компоненты.

Key words: solid fuel, toxicity, ash-slag mixture, industrial value, magnetic concentrate, secondary coal, inert mass, useful components.

Введение

При работе предприятий по сжиганию твердого топлива образуется много золошлаковых отходов (ЗШО), использование которых в хозяйственных целях весьма ограничено, в том числе из-за их токсичности. Хранение и золой, и шлака отрицательно влияет на экологию и существенно снижает экономичность процесса горения, однако, учитывая важные компоненты этих отходов, можно сделать вывод, что они довольно полезны в различных сферах экономики [1].

Основная часть

Золошлаки и их характеристика.

На ТЭЦ твердое топливо (уголь) подвергается процессу горения при температурах от 1100 до 1600 °С, в ходе которого формируются различные вещества, в зависимости от составляющих используемого топлива. К примеру, органическая составляющая угля сжигается с образованием летучих веществ, а несгоревшая составляющая – твердых остатков, представляющих собой пылевидную золу и кусковой шлак. Объем золы и шлака в топливе занимает практически половину от всего объема угля, поэтому первоначально уголь измельчают и для более эффективного сгорания к нему добавляют небольшое количество мазута. В процессе такого сжигания самые легкие частицы золы смешиваются вместе с дымовыми газами и уносятся в атмосферу. Эти частицы получили название «золы уноса», а их размер варьируется от 5 до 150 микрон.



Рисунок 1 – Зола уноса и микрофотография образца микроSil [2]

Улавливание золы уноса осуществляется при помощи золоуловителей, которые поддерживают как мокрое золоулавливание (скрубберы), так и сухое (электрофильтры). Отсеянная зола оседает, образуя более крупные частицы шлака размером от 0,05 до 30 см, которые впоследствии размельчаются и удаляются с помощью воды. Сначала измельченный шлак и зола удаляются по отдельности, а после они объединяются и формируют золошлаковую смесь. Количество золы и шлака в упомянутой смеси зависит от вида котла, типа топлива и режима его сгорания. В среднем, содержание золы может достигать 70-80 % от общего объема смеси, когда содержание шлака – 10-20 %.

Для ТЭЦ, работающих на каменном угле, свойственно высокое содержание оксида серы в составе золы и малое содержание оксидов кремния, железа и магния, по сравнению с ТЭЦ, использующих бурый уголь в качестве топлива. Если говорить про шлаки, то они, наоборот, имеют высокую концентрацию вышеперечисленных оксидов металлов и низкое содержание оксида серы.

Таблица 1 – Примерный химический состав ЗШО на ТЭЦ

Элементы (оксид)	Содержание, %		Элементы (оксид)	Содержание, %	
	Min – Max	Средний показатель		Min-Max	Средний показатель
SiO_2	51-60	54,5	TiO_2	0,5-0,9	0,75
Al_2O_3	16-22	19,4	Na_2O	0,2-0,6	0,34
Fe_2O_3	5-8	6,6	P_2O_5	0,1-0,4	0,24
CaO	3,0-7,3	4,3	MnO	0,1-0,3	0,14
MgO	1,1-2,1	1,64	SO_3	0,09-0,2	0,14
K_2O	0,7-2,2	1,56	и т.п.	5,8-18,8	10,6

Ценные компоненты золошлаков.

В составе ЗШО можно обнаружить довольно полезные составляющие, например, вторичный уголь и инертная масса.

Вторичный уголь получается путем флотации и часто его называют угольным концентратом. Данный компонент обладает высокой теплотворной способностью, из-за чего его также называют «зольным углем». Такой уголь получил широкое применение не только в качестве топлива для сжигания на ТЭЦ, но и для его продажи в форме брикетов.

Инертная масса – это остаточная фракция, которая остается после извлечения из золы полезных компонентов и вредных примесей. Ее объем занимает примерно половину от общей массы золошлака, а химический состав сопоставим с химическим составом исходной золы, но с более низкой концентрацией оксида железа и токсичных веществ [1].

Инертная масса благодаря своим физико-химическим и экологическим свойствам является ценным вторичным сырьем. Она активно используется в производстве строительных материалов, а также в качестве заполнителя для дорог и насыпей в строительстве.

Ещё одним направлением использования инертной массы является сельское хозяйство, где данная фракция применяется в качестве мелиоранта, заменяющего традиционную известковую муку. Она улучшает структуру почвы и делает ее более плодородной.

В настоящее время можно выделить следующие направления использования зольно-шлаковых отходов:

- изготовление строительных материалов;
- изготовление наполнителей;
- применение в дорожном строительстве;
- использование в сельском хозяйстве.

Строительные материалы.

При производстве строительных материалов из ЗШО можно получать кирпич, цемент, блоки, основными составляющими которых являются оксид кальция, диоксид кремния, окиси алюминия и оксид железа. Золошлаки с высоким содержанием кальция характеризуют изготовление цемента, в то время как низкое содержание кальция свойственно для производства бетона.

Одним из наиболее эффективных методов утилизации ЗШО является производство геополимеров. Геополимеры рассматриваются как наиболее экологичная альтернатива традиционным стройматериалам. Однако для оптимизации процесса и улучшения качества материала требуются дополнительные исследования.

Инертные заполнители.

В качестве замены традиционным заполнителям в строительстве может применяться искусственный пористый материал – аглопорит, который формируется путем синтеза песчано-глинистой породы, некоторого алюмосиликатного материала и, собственно, зольно-шлаковых отходов. В сравнении с простым использованием ЗШО как заполнителя, в процессе производства аглопорита происходит спекание при высокой температуре, что приводит к образованию прочного и долговечного материала с уникальной структурой. В результате этого процесса готовый продукт становится более прочным и устойчивым к низким температурам, чем другие материалы подобного типа.



Рисунок 2 – Искусственные пористые заполнители на основе ЗШМ [3]

Современное строительство все чаще обращается к сборному железобетону, стремясь оптимизировать его характеристики. При рассмотрении легкого бетона можно отметить, что такой вид широко используется в дорожном строительстве, а именно: закатывается в цементобетон (слой основания) либо же используется в составе асфальтобетонной фракции (верхний слой). Такие дороги имеют свойство не промерзать и срок службы у них гораздо выше. Если говорить про другой вид бетона – тяжелый – то он хоть и является традиционным материалом в строительстве, но в настоящее время довольно уступает место легкому бетону с применением искусственных пористых заполнителей. Одним из наиболее распространенных таких заполнителей является как раз-таки аглопорит, который обеспечивает низкую плотность и в результате готовые конструкции меньше весят [3].

Ввод в эксплуатацию легких бетонов на основе аглопорита дает значительное снижение нагрузки на фундамент и несущие конструкции здания, что ведет к уменьшению затрат на их возведение. Помимо этого, такие бетоны обладают более низкой теплопроводностью, что приводит к улучшению теплоизоляции здания и существенно снижает расходы на отопление и кондиционирование.

Дорожное строительство.

На сегодняшний день ЗШО ТЭЦ все чаще применяются при построении мостов, эстакад, путепроводов, а также для производства шпал железных дорог. Особо высокий потенциал для использования зольно-шлаковых отходов в

железнодорожном строительстве имеют такие направления, как производство шпал из железобетона и возведение насыпей для ж/д путей [4].

Аналогично железнодорожному строительству, золошлаки могут быть использованы в строительстве взлетно-посадочных полос и объектов аэропортовой инфраструктуры. В данной области используется зола уноса тепловых электростанций на подобии той, которая утилизируется в качестве стройматериала – бетона.

Золошлаковые материалы.

Новосибирская ТЭЦ-3, крупнейший источник энергии в Новосибирске, внедрила инновационный подход к утилизации золы. Пару лет назад стартовала пилотная программа по передаче твердых отходов, в частности, золы, на специализированное предприятие «Спецавтохозяйство». Это стало значительным шагом в решении проблемы утилизации отходов теплоэнергетики и снижении экологической нагрузки на город. Зола, прошедшая тщательную проверку и экологическую экспертизу, получила сертификат, подтверждающий ее статус золошлаковых материалов (ЗШМ). Это означает, что она отвечает всем необходимым требованиям безопасности и может быть использована в различных отраслях промышленности [4].

Значительное количество ЗШМ найдет применение в качестве насыпи для неиспользуемого карьера. Засыпание карьера ЗШМ преследует две основные цели. Во-первых, это значительное сокращение объёма отходов, которые в противном случае были бы захоронены на традиционных золоотвалах, занимающих значительные площади и представляющих угрозу для окружающей среды. Золоотвалы, как правило, требуют постоянного мониторинга и специальных мероприятий по предотвращению внедрения вредных веществ в почву и грунтовые воды. Использование ЗШМ для засыпки карьера позволяет избежать создания новых подобных объектов, практически сводя к нулю негативное воздействие на ландшафт и экосистемы.

Во-вторых, засыпка карьера ЗШМ не допускает возникновения пожаров на существующей свалке. Золошлаковые материалы обладают низкой горючестью и, благодаря своей плотности, эффективно перекрывают доступ кислорода к горючим отходам, а значит существенно снижают риск самовозгорания.

Мелиорант и почвенное удобрение.

Золошлаки также могут иметь хорошее достоинство в применении их в сельском хозяйстве. Как уже говорилось выше, инертная масса, которая является одним из компонентов золошлаков, имеет высокие показатели для ее применения в качестве материала для почвенной стабилизации. При добавлении ЗШО в почву ее гидрофильные свойства заметно увеличиваются, что приводит к повышению эффективности полива и удерживающей способности необходимых питательных веществ. Качество использования золошлаков в с/х проявляется характеристиками почвы, на которой и планируется внедрение зольно-шлаковых отходов [3].

Вторичная руда металлов.

Золошлаковые отходы могут быть использованы в качестве сырья для производства железного концентрата, глинозема и магнезия за счет извлечения из них металлов.

Одним из более перспективных направлений использования ЗШО является извлечение глинозема. Например, в Китае активно развивается технология по добыче глинозема из ЗШО является одной из наиболее развивающихся. Для производства же глинозема страна активно импортирует бокситы, однако с течением времени такие операции становятся довольно неэкономичны. Поэтому для уменьшения числа импортного глинозема, Китай все больше внедряется в современные технологии по извлечению данного компонента.

Как результат, недавно была обнаружена зола, в которой содержание глинозема в разы превышает обычное его количество, в связи с чем, данный вид золы был включен в список приоритетных материалов промышленного производства Китая. А в существующих реалиях в Китае уже работают свыше 10 зольно-глиноземных заводов, способных производить 5 млн тонн глинозема ежегодно из затраченных 15 млн тонн ЗШО [5].

Заключение

Золошлаковые отходы (ЗШО), возникающие при сжигании твердого топлива на тепловых электростанциях, являются ценным сырьем и обладают множеством важных свойств, которые могут быть эффективно использованы в различных областях экономики. Так, широкое распространение утилизации ЗШО получили такие направления, как использование золошлаков в качестве удобрений почв, обеспечение насыпей карьеров и добыча некоторых полезных веществ, в том числе глинозема. Использование золошлаков же в строительной отрасли также активно развивается и однозначно может привести к положительным экономическим, технологическим и экологическим эффектам.

Литература

1. Комплексная переработка золошлаковых отходов ТЭЦ [Электронный ресурс] / Комплексная переработка золошлаковых отходов ТЭЦ. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnaya-pererabotka-zoloshlakovyh-otvodov-tets-rezultaty-laboratornyh-i-polupromyshlennyh-ispytaniy/viewer> /. – Дата доступа: 14.02.2009.
2. Жаростойкий бетон [Электронный ресурс] / Жаростойкий бетон в Туле. – Режим доступа: <https://www.zavod-7.com/structure/himicheskij-sostav-zoly-unosa.htm> /. – Дата доступа: 14.02.2023.
3. Химический состав золы уноса [Электронный ресурс] / Химический состав золы уноса. – Режим доступа: <https://tula.prom-gbi.ru/zharostojkij-beton/> /. – Дата доступа: 03.09.2018.
4. Утилизация золошлаковых отходов: пути решения проблемы [Электронный ресурс] / Утилизация золошлаковых отходов: пути решения проблемы. – Режим доступа: <https://dprom.online/chindustry/utilizatsiya-zoloshlakov-puti-resheniya/> /. – Дата доступа: 28.01.2022.
5. Утилизация золошлаков ТЭС как новая кроссотраслевая задача [Электронный ресурс] / Утилизация золошлаков ТЭС как новая кроссотраслевая задача. – Режим доступа: <https://energypolicy.ru/utilizacziya-zoloshlakov-tes-kak-novaya-k/energetika/2020/13/21/> /. – Дата доступа: 21.07.2020.