

## ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ КАЗАХСТАНА

**Авторы:** Ермагамбет Б.Т., Нургалиев Н.У., Касенова Ж.М., Урлибай Р.К., Болат О.С., Семенова Я.А.

**Организация:** ТОО «Институт химии угля и технологии», г.Нур-Султан, Казахстан

Каждый год растет огромное количество золошлаковых отходов (ЗШО), образующихся на ТЭЦ, ГРЭС, в котельных. Текущая глобальная годовая добыча ЗШО составляет приблизительно 750 миллионов тонн [1], и в ближайшем будущем, как ожидается, это количество отходов будет расти. Данный факт является одним из серьезных экологических проблем, связанным с угрозой здоровью населения и экологической безопасности окружающей среды (ущерб для почвы, растений, атмосферы). Летучая зола может даже попасть в почву и загрязнить подземные воды тяжелыми металлами [2,3]. Из золошлаковых отходов из угля, вырабатываемых ТЭЦ, в Казахстане перерабатывается около 8 % золы (менее 1,9 млн тонн). Если использование ЗШМ останется на этом уровне, то к 2020 году объем накопленных отходов превысит более 650 млн. т, а к 2030 году – 1 млрд тонн. [4].

Цель данной работы – разработка безотходной технологии переработки ЗШО с применением электрофизических методов обработки золы. Данная технология разработана в ТОО «Институт химии угля и технологии» (г.Нур-Султан), которая в корне отличается от традиционной переработки, что подтверждено охранным документом Республики Казахстан [5]. Принципиальная схема переработки золы углей по данной технологии приведена на рисунке 1, в соответствии с которой получают следующие продукты: микросфера, техуглерод, магнитная фракция (магнетит), муллит (огнеупорный наполнитель), кремнезем ( $\text{SiO}_2$ ), глинозем.

Согласно предлагаемой технологии, зола угля после измельчения и магнитной сепарации с извлечением в основном магнетита ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), далее смешивается с водой в соотношении 1/2 соответственно и подвергается обработке мощным высоковольтным электрическим разрядом (30 кВ), с целью ослабления и/или разрыва химических связей, например, вскрытия спекших молекул муллита и сплавов. Электроразрядная установка состоит из регулятора мощности, блока конденсаторов, повышающего трансформатора (от 220 В до 30 кВ), реактора.

Выбор электроразрядной технологии связан с тем, что здесь действующими факторами являются высокие и сверхвысокие импульсные давления, мощные импульсно возникающие кавитационные процессы, мощные электромагнитные поля (десятки тысяч

эрстед), многократная ионизация соединений и элементов и многие другие сильнодействующие процессы [6]. Данные процессы могут приводить к взаимному отслаиванию друг от друга многокомпонентных твердых тел сложного фазового состава (к каким относится зола угля). Например, при электрогидравлическом дроблении горных пород и других материалов многие химические элементы и их соединения, входящие в состав этих пород, переходят в воду в виде растворимых соединений в количествах, достигающих 90-95 % от массового содержания их в исходном материале [7]. Более того, в результате ранее проводимых исследований [6] было обнаружено, что при электрогидравлической обработке угля выделяются более 50 % содержащегося в нем германия и еще 26 элементов в виде различных их соединений.

После электроразрядной обработки водный раствор золы подается на импульсно-инерционную установку (концентратор) (рис. 2), принцип действия которой основан на разделении частиц золы угля в водном растворе золы (в соотношении 7-10) по разному удельному весу под действием давления, создаваемого насосом. На выходе с установки получают 10-12 образцов золы угля с различной плотностью.

Процесс разделения происходит под импульсно-инерционным воздействием давления (напора) пульпы на частицы твердой фазы и регулируется конструктивно предусмотренными элементами управления распределением по фракциям, при этом легкая и тяжелая зольно-шлаковые фракции распределяются по верхним и нижним секциям концентрационных колонн и отбираются через выпуски. Лёгкая зольная фракция представлена в основном техническим углеродом, алюмосиликатными микросферами, легкими металлами и легко отделяется на первых стадиях процесса. Тяжелая зольная фракция содержит муллит, глинозем, кремнийорганический материал, стекловидную фазу, магнитную фракцию, тяжелые металлы. Инерционно-кавитационная установка технически проста в исполнении и мало потребляет электрической энергии (только от насоса).

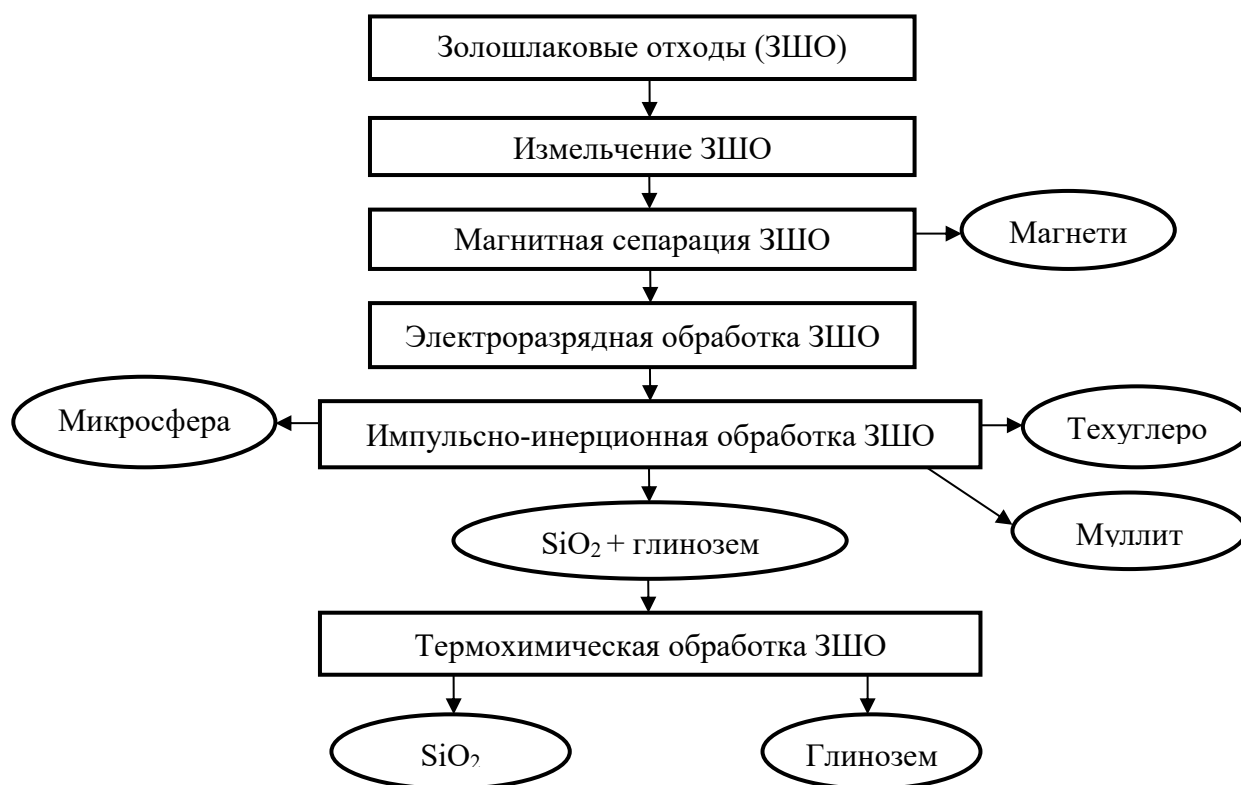


Рисунок 1 – Принципиальная схема переработки золы углей

Данная технология переработки ЗШО прошла испытания в опытном цехе в ТОО «Институт химии угля и технологии» на лабораторной импульсно-инерционной установке и на территории котельной в поселке «Акмол» (Акмолинская область) на полупромышленной импульсно-инерционной установке производительностью 2 тонн/час по сухому сырью (рис. 2). В качестве исходного сырья использовали золу Майкубенского угля и золу-уноса Экибастузского угля (ГРЭС-2), элементный состав которых представлен в таблице 1. На рисунке 3 приведены продукты (из исследуемых образцов золы углей) на данных установках (техуглерод и микросфера).

Таблица 1 – Элементный состав золы Майкубенского и Экибастузского углей

Наименование образца	Содержание, масс. %							
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O
Зола Майкубенского угля	50,16	26,63	8,27	5,84	2,79	1,05	0,87	1,16
Зола-уноса Экибастузского угля (ГРЭС-2)	61,04	23,78	5,82	2,78	0,79	1,01	0,37	0,95



а)

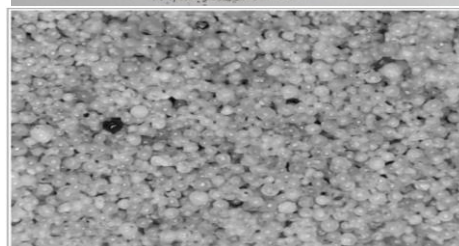


б)

Рисунок 2 – Лабораторная (а) и полупромышленная (б) установки



Техуглерод



Микросфера



Кремнезем ( $\text{SiO}_2$ ),

Рисунок 3 – Техуглерод, микросфера и кремнезем, полученные на установке

Предварительный технико-экономический расчет показал эффективность и высокую рентабельность технологии с извлечением ценных компонентов золошлаковых

отходов после сжигания Экибастузского угля. Так, при переработке 13,8 тонн/час золы себестоимость 1 тонны полученных продуктов (в тенге) составляет (в скобках указана примерная рыночная стоимость): микросфера – 469,0 тыс. ( $\approx$  800 тыс.); кремнезем – 938,1 тыс. (1600 тыс.); магнетит – 58,6 тыс. ( $\approx$  100 тыс.); муллит – 762,2 тыс. ( $\approx$  1300 тыс.). Вложенные средства на приобретение основных средств в виде оборудования окупятся в первые месяцы работы данного производства. При этом ежегодная рентабельность в среднем за 10 лет составит в пределах 52 %.

Таким образом, предлагаемая технология переработки угольной золы имеет следующие основные достоинства: использование невысоких температур - до 100 °С; применение электрофизического воздействия на сырье позволяет провести качественную подготовку золы угля для ее дальнейшей переработки в ценные продукты при более мягких технологических режимах.

#### Литература:

1. Лаврик Н.А. Сопутствующие редкие и благородные металлы ископаемых углей юга Дальнего Востока // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2007. С. 98-106.
2. Berry E.E., Enhanced resource recovery by beneficiation and direct acid leaching of fly ash / E.E. Berry, R.T. Hemmings, D.M. Golden // Fly Ash and Coal Convers. by. Prod.: Charact., Util. and Disposal: III Symp. Pittsburgh, 1987.P. 365– 380.
3. Концевой А.А., А.Д. Михнев, Г.Л. Пашков, Л.П. Колмакова. Извлечение скандия и иттрия из золошлаковых отходов // Журнал прикладной химии, 1995 – Т. 68. – № 7.
4. Борбат В.Ф., Михайлов Ю.Л., Адеева Л.Н., Голованова О.А. Гидрощелочное извлечение галлия из золы уноса экибастузских углей // Изв. вузов. Химия и химическая технология. 2000. – Т. 43. – № 1. – С. 102–105.
5. Патент РК № № 34099 на изобретение. Способ переработки золошлаковых отходов электрическим разрядом. Ермағамбет Б.Т. и др. Опубл. 08.01.2020.
6. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности. Л.: Машиностроение, 1986. 253 с.
7. Гаврилов Г.Н., Егоров А.Л., Коровин С.К. Электроимпульсная технология в горном деле и строительстве. М.: Недра, 1991. 127 с.