

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛЫ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК, РАБОТАЮЩИХ НА ДРЕВЕСНОМ ТОПЛИВЕ

Марцуль В. Н., Шибeka Л. А.

Белорусский государственный технологический университет

Повышенное внимание к биотопливу, как альтернативному источнику энергоресурсов в Республике Беларусь, обусловлено ростом цен на энергоносители. Использование древесных отходов лесного комплекса в качестве топлива в Республике Беларусь при выработке тепловой и электрической энергии эквивалентно 2,5 млн. т.у.т. В случае вовлечения в этот процесс специально выращиваемой биомассы, отходов, образуемых в коммунальном хозяйстве, при эксплуатации дорог, содержании садово-паркового хозяйства, в различных видах строительства эта цифра станет более внушительной. С увеличением объемов использования древесины для получения энергии закономерно возрастет количество золы, остающейся в результате процесса сжигания (зольность древесной массы колеблется от 0,5 % (мягкая древесина) до 5-8 % (кора)).

Древесная зола, образующаяся в процессе сжигания биомассы, относится к отходам третьего класса опасности. В настоящее время ее либо размещают в золоотвалах, либо применяют на сельскохозяйственных полях или в лесах в качестве удобрения, зачастую бесконтрольно. Для обоснования направлений использования золы необходим комплексный анализ ее физико-химических свойств.

Целью данной работы является оценка возможности применения древесной золы в процессах очистки сточных вод.

В процессе сжигания древесины образуются различные типы древесной золы: зольный остаток, остающийся в камере после сжигания, и два вида зольной пыли, уносимой воздушным потоком, отличающейся размерами частиц (крупнодисперсная и мелкодисперсная фракция). В качестве объекта исследования в работе использовали зольный остаток.

Известно, что древесная зола характеризуется неоднородным дисперсным составом, что определяется условиями сжигания. Исходя из этого, можно предположить, что состав и свойства частиц древесной золы, отличающихся размерами, будут разными. В этой связи, зольный остаток подвергали фракционированию.

Объектами исследования были: зола, образованная на ОАО “Мостовдрев” при сжигании древесных отходов, и два образца золы, образованные при сжигании щепы на Осиповической ТЭЦ-1 отобранные для анализа в разное время. Помимо этого исследованию подвергали отдельные фракции золы, полученные путем разделения исходного зольного остатка с использованием сит с размерами отверстий: 10; 7; 4,5; 3,5; 3,25; 2,5 и 2 мм. В работе проводили исследования с “активированными” фракциями золы. Активация проводилась в среде жидкого азота, при температуре 850-900 °С в течение 1,5 часов.

Известно, что в древесной золе содержится значительное количество калия (30-120 г K_2O /кг золы) и фосфора (20-60 г P_2O_5 /кг золы). Определение карбонат- и бикарбонат-ионов в водной вытяжке золы проводили титриметрическим методом /1/. При определении содержания ионов магния и кальция в водной вытяжке золы использовали метод, основанный на образовании прочного комплексного соединения трилона Б с ионами кальция и магния. Определение удельной поверхности образца золы проводили по сорбции метиленового голубого /2/. Определение pH проводили потенциометрическим методом. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика древесных остатков

Показатель	Зола ОАО “Мостов- древ”	Зола Осиповической ТЭЦ-1	
		первый образец	второй образец
Содержание карбонат-иона в вытяжке, моль/кг золы	70	н/о	н/о
Содержание бикарбонатов в вытяжке, ммоль/кг золы	35	н/о	н/о
Содержание магний-иона в вытяжке, ммоль/кг золы	4	44	40
Содержание кальций-иона в вытяжке, ммоль/кг золы	14	14	12
pH водной вытяжки	10,2	7,9	8,3
Удельная поверхность золы по метиленовому голубому, м ² /г	1,6	1,1	1,1

Из данных, представленных в таблице видно, что содержание ионов кальция в вытяжках исходных образцов золы находится в диапазоне 12-14 ммоль/кг золы, содержание ионов магния – 4-44 ммоль/кг золы. В образцах Осиповической ТЭЦ-1 карбонат- и гидрокарбонат-ионов не обнаружено (н/о).

Используя метод атомно-абсорбционной спектроскопии, было определено содержание некоторых металлов в золе, образованной на ОАО "Мостовдрев". Результаты анализа представлены в таблице 2.

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в золе ОАО "Мостовдрев"

Металл	Содержание, мг/кг сухой золы
As	н/о
Cd	0,38
Co	0,30
Cr	1,74
Cu	6,37
Fe	192
Mn	332
Mo	н/о
Ni	1,00
Pb	1,14
Zn	18,1

Из таблицы 2 видно, что в золе содержится больше всего марганца, чуть меньше железа и цинка и отсутствуют такие металлы как мышьяк и молибден. Присутствие значительного количества марганца и железа в древесной золе обусловлено повышенным содержанием этих элементов в подземных водах Республики Беларусь.

Определение дисперсного состава образцов золы показало (таблица 3), что содержание отдельных фракций в образцах золы значительно отличается. Для ОАО "Мостовдрев" больше всего содержится золы с размерами частиц 4,5-7 мм, меньше всего содержится фракции с размерами частиц 3-3,25 мм. Для первого и второго образцов золы Осиповичской ТЭЦ-1 больше всего содержится золы с размерами частиц меньше 2 мм, меньше всего содержится фракции с размерами частиц $3,25 \leq d < 3,5$ мм и не содержится частиц с размерами 10 мм и более. Выявленные отличия, вероятно, обусловлены особенностями проведения процесса сжигания древесных материалов. Вместе с тем, четко прослеживаются сходные тенденции в отношении содержания отдельных фракций и величины зольности образцов золы, отобранных в разное время на Осиповичской ТЭЦ-1.

Из представленных результатов (таблица 3) видно, что зольность фракций золы увеличивается при уменьшении размера частиц и это является закономерным.

Для изучения возможности использования золы в процессах очистки сточных вод объединили фракции с размерами частиц $d \geq 10$ и $7 \leq d < 10$, $4,5 \leq d < 7$ и $3,5 \leq d < 4,5$, $3,25 \leq d < 3,5$ и $3 \leq d < 3,25$ мм (об-

ладающие близкими значениями зольности и дисперсным составом), получая фракции I, II, и III соответственно.

Таблица 3

Содержание отдельных фракций и зольность золы

Размер частиц фракции (d), мм	Зола ОАО "Мостовдрев"		Зола Осиповичской ТЭЦ-1			
			Первый образец		Второй образец	
	Содержание, %	Зольность, %	Содержание, %	Зольность, %	Содержание, %	Зольность, %
$d \geq 10$	4,8	3,39	0	-	0	-
$7 < d < 10$	9,4	9,37	3,5	32,3	7,8	44,7
$4,5 \leq d < 7$	29,1	5,86	7,0	43,1	4,8	27,0
$3,5 \leq d < 4,5$	18,6	0,94	5,6	23,2	4,7	29,3
$3,25 \leq d < 3,5$	5,3	12,7	1,5	27,6	2,3	26,5
$3 < d < 3,25$	4,7	13,1	3,8	26,0	9,1	70,3
$2,5 \leq d < 3$	7,5	84,3	5,7	31,6	13,1	71,9
$2 \leq d < 2,5$	7,4	24,6	11,9	38,9	18,4	81,5
$d < 2$	13,2	70,7	60,8	86,5	39,8	94,3
Исходная зола	100	22,0	100	66,3	100	50,0

Исследования по использованию золы в качестве материала для очистки сточных вод от органических соединений проводили со сточными водами ОАО "Белорусские обои", ОАО "Брестский чулочный комбинат" и ОАО "Мостовдрев".

Исследование процессов очистки сточных вод проводили следующим образом. К определенному объему сточной воды прибавляли навеску золы, пробу, периодически перемешивая, оставляли до установления равновесного состояния (сутки). По изменению величины ХПК и мутности системы судили о степени очистки сточных вод от растворенных и взвешенных частиц. Определение ХПК проводили экспресс-методом. Результаты исследований очистки сточных вод представлены в таблице 4.

Из таблицы 4 видно, что самая высокая степень очистки для сточной воды ОАО "Белорусские обои" по ХПК наблюдается при использовании I активированной золы ОАО "Мостовдрев" – 39,6 %. Наихудше результаты наблюдаются для образцов золы, взятой с Осиповичской ТЭЦ-1, что, вероятно, обусловлено химическим и дисперсным составом образцов. Степень очистки, рассчитанная по оптической плотности, достигает высоких значений практически для всех образцов золы ОАО "Мостовдрев".

Для сточной воды ОАО "Брестский чулочный комбинат" вы-

сокая степень очистки наблюдается также для I активированной золы – 99,1 %, наименьшая – для I неактивированной золы ОАО “Мостовдрев” – 11,8 %. Высокая степени очистки, в данном случае, наблюдаются и для образцов золы, взятой с Осиповичской ТЭЦ-1 (60-80 %). Высокая степень очистки (70-80 %), рассчитанная по величине оптической плотности, наблюдается при использовании всех активированных образцов золы ОАО “Мостовдрев”.

Таблица 4

Степень очистки исследуемых вод

Исследуемый образец	Зольность, %	Степень очистки по оптической плотности, %	Степень очистки по ХПК, %
Сточные воды ОАО “Белорусские обои”			
1	2	3	4
Зола ОАО “Мостовдрев”: исходная зола	24,9	70,5	12,5
I активированная зола	6,38	76,9	39,6
II активированная зола	3,4	87,6	10,4
III активированная зола	12,9	88,9	22,9
I неактивированная зола	6,38	45,2	27,0
II неактивированная зола	3,4	79,0	28,9
III неактивированная зола	12,9	75,7	37,5
Зола Осиповичской ТЭЦ-1: – первый образец	66,3	–	4,1
– второй образец	50	–	1,9
Сточные воды ОАО “Брестский чулочный комбинат”			
Зола ОАО “Мостовдрев”: исходная зола	24,9	20,5	58,8
I активированная зола	6,38	79,1	99,1
II активированная зола	3,4	72,9	82,4
III активированная зола	12,9	79,1	52,9
I неактивированная зола	6,38	50,9	11,8
II неактивированная зола	3,4	65,4	52,9
III неактивированная зола	12,9	68,2	88,2
Зола Осиповичской ТЭЦ-1: – первый образец	66,3	–	81,9
– второй образец	50	–	63,9
Сточные воды ОАО “Мостовдрев”			
Зола ОАО “Мостовдрев”: исходная зола	24,9	–	22,7
I активированная зола	6,38	–	20,5
II активированная зола	3,4	–	3,4
III активированная зола	12,9	–	2,3
I неактивированная зола	6,38	–	51,0

1	2	3	4
II неактивированная зола	3,4	—	20,0
III неактивированная зола	12,9	—	9,0
Зола Осиповической ТЭЦ-1:			
— первый образец	66,3	—	1,1
— второй образец	50,0	—	6,9

Для сточных вод ОАО “Мостовдрев” высокая степень очистки наблюдается при использовании I неактивированной золы – 51 %. Наименьшими величинами характеризуются образцы золы с Осиповической ТЭЦ-1.

Таким образом, для достижения высоких значений степени очистки для каждого вида сточных вод необходимо предварительное фракционирование и проведение активации образцов золы.

Для определения оптимальных параметров очистки были проведены дополнительные исследования.

При исследовании зависимости степени очистки сточных вод от времени установлено, что достаточно высокая степень очистки вод достигается уже через 4 часа. Для сточных вод ОАО “Белорусские обои” степень очистки через 4 часа составляет 31,8 % (через сутки – 39,6 %), для ОАО “Брестский чулочный комбинат” – 75,9 % (через сутки – 99,1 %). Для сточных вод ОАО “Мостовдрев” степень очистки по истечению 4 часов составляет всего 3,37%, но так как это вода из накопителей сточных вод, то продолжительность очистки можно увеличить до суток и более.

Разделения очищенной воды и золы проводили фильтрованием, центрифугированием и отстаиванием. В связи с различным дисперсным составом золы, использованной при очистке сточных вод, часть зольных частиц после центрифугирования и отстаивания всплывала на поверхность, что в свою очередь затрудняло процесс отделения твердой и жидкой фазы.

Таким образом, оптимальными условиями очистки сточных вод являются:

1) Для сточных вод ОАО “Белорусские обои” использование I активированной золы ОАО “Мостовдрев” с размерами частиц 7 мм и больше с продолжительностью обработки 4 часа.

2) Для сточной воды ОАО “Брестского чулочного комбината” использование активированной фракции золы ОАО “Мостовдрев” с размером частиц 7 мм и больше и продолжительностью обработки 4 часа.

3) Для воды из накопителя ОАО "Мостовдрев" использование неактивированной фракции золы ОАО "Мостовдрев" с размером частиц больше 7 мм и продолжительностью обработки 24 часа и более.

Разделение жидкой и твердой фаз во всех случаях желательно производить путем фильтрования.

Таким образом, на предприятиях, где образуются исследуемые сточные воды, может быть реализована система их очистки с использованием древесной золы.

Основными стадиями процесса очистки являются: подготовка древесной золы (разделение на фракции по дисперсному составу исходной золы, ее активация. Эти процессы могут протекать как на предприятии, где образуется зола, так и на предприятии, где будет протекать очистка сточных вод); смешение со сточными водами; непосредственный контакт древесной золы с водой при периодическом перемешивании; разделение твердой и жидкой фазы (например, путем фильтрования). Очищенная вода может направляться на повторное использование на производство или поступать, в случае необходимости, на дополнительную очистку на очистные сооружения. Зола, содержащую загрязняющие вещества, можно отправлять на регенерацию (например, удаление органических примесей можно проводить термическим путем) или подвергать захоронению.

Внедрение предложенной системы очистки возможно в случае создания межотраслевых комплексов (например, на основе предприятий деревообрабатывающей, топливной и химической отраслей промышленности).

Трудности в реализации предложенной системы очистки сточных вод могут иметь место на начальном этапе создания такой кооперации производств. Это обусловлено необходимостью проведения первоначальных исследований по изучению особенностей дисперсного и химического состава древесной золы; определения технологических параметров очистки стоков (времени контакта, способа отделения жидкой и твердой фаз, способа регенерации древесной золы и др.). Однако эти трудности могут быть благополучно решены в случае заинтересованности всех сторон в реализации такого проекта.

Заинтересованность во внедрении данной системы на предприятиях, где образуются стоки, связана с тем, что указанная система позволит возвращать в производство очищенные сточные воды, что обеспечивает экономное использование водных ресурсов и позволит предприятию снизить затраты на водопотребление и водоотведение

(в том числе уменьшить платежи за сбросы сточных вод).

В свою очередь, предприятиям, где образуется древесная зола, реализация предложенной системы очистки позволит снизить экологические платежи за размещение отходов и найти применение отхода производства – древесной золе.

В целом, применение древесной золы в процессах очистки сточных вод позволит дорогостоящие реагенты и материалы, используемые в процессах очистки стоков от органических веществ, заменить на отход производства – древесную золу; уменьшить площадь земель, отводимых под места хранения древесной золы; снизить воздействие на компоненты окружающей среды.

Литература

1. ГОСТ 26424–85. Почвы. Метод определения ионов карбоната и бикарбоната в водной вытяжке. М.: Изд-во стандартов, 1986. – 48 с.
2. Адсорбция метиленового голубого из водных растворов на силикагелях / Д.П. Пошкус, Р.М. Казлаускас // Коллоидный журнал. – 1965. - №5. – с. 738 – 744.