

## **ПРИМЕНЕНИЕ ДРЕВЕСНОЙ ЗОЛЫ В ПРОЦЕССАХ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

Леса являются одним из основных национальных богатств Республики Беларусь, а также важнейшим средообразующим компонентом. В лесах сосредоточены главные возобновляемые источники природных ресурсов: древесина (общие древесные запасы на 01.01.2009 оцениваются в 1534,8 млн. м<sup>3</sup>), большая часть животного и растительного мира. Состояние лесов во многом определяет экологическую обстановку в стране, а в последнее время оказывает все большее влияние на экономическое благополучие: внимание к древесному сырью обусловлено повышением на мировом рынке цен на энергоносители, что заставляет искать более дешевые, желателно возобновляемые источники энергии, к которым относится древесина. Опыт отдельных государств свидетельствует о том, что использование в качестве топлива отходов древесины приводит к снижению потребления нефтепродуктов на 15-25%.

Наличие в нашей стране развитой лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности привело к использованию в качестве топлива древесных отходов. Несмотря на все достоинства применения в качестве топлива древесных отходов, следует отметить, что в процессе сжигания древесины образуется древесная зола, так как зольность древесной массы колеблется от 0,5 % для мягкой древесины до 5-8 % для коры. Древесная зола, как отход процесса сжигания, относится к третьему классу опасности. Наиболее часто древесную золу размещают на объектах захоронения отходов. С учетом роста числа теплотехнических объектов, использующих в качестве топлива древесину, следует ожидать увеличения массы древесной золы.

Целью работы является анализ способов обращения с древесной золой и исследование возможностей ее использования в процессах очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов. Проведенный анализ научно-технической литературы свидетельствует о возможности применения древесной золы в качестве удобрения, при производстве строительных материалов (например, ячеистого бетона), при строительстве дорог, обваловке дамб и т.д. Вне зависимости от направления применения древесной золы перед ее использованием необходимо определить дисперсный и химический состав золы.

Известно, что в составе древесной золы присутствует ряд элементов (фосфор, калий, кальций, магний и др.), что позволяет рассматривать золу как комплексное удобрение. На ряду с ценными и необходимыми растениям элементами, в древесной золе также содержатся тяжелые металлы (хром, медь, никель, цинк, свинец и др.), которые опасны для компонентов окружающей среды. Поступление указанных элементов в древесину наблюдается вследствие осаждения тяжелых металлов в лесной экосистеме в результате загрязнения компонентов окружающей среды, прежде всего атмосферного воздуха. Это, в свою очередь, ограничивает использование древесной золы в качестве удобрения.

Объектами исследования в работе выступали зольные остатки, остающиеся в камере после сжигания древесных отходов, образующиеся на ОАО «Речицадрев» и ОАО «Мостовдрев». Исследованию подвергали исходные образцы золы, а также их водные вытяжки.

Первоначально в работе были проведены исследования физико-химических свойств зольных остатков. Дисперсный состав золы определяли ситовым методом. Характеристика дисперсного состава древесной золы приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Дисперсный состав образцов древесной золы

Размер частиц (d), мм	Содержание, %	
	Древесная зола ОАО «Речицадрев»	Древесная зола ОАО «Мостовдрев»
$d \geq 4,5$	12,9	43,3
$3,5 \leq d < 4,5$	3,4	18,6
$3,0 \leq d < 3,5$	2,6	10,0
$2,5 \leq d < 3,0$	2,6	7,5
$2,0 \leq d < 2,5$	2,8	7,4
$d \leq 2,0$	75,7	13,2
Исходная зола	100,0	100,0

Определение дисперсного состава образцов золы показало, что исследуемые образцы древесной золы характеризуются высокой полидисперсностью и содержание отдельных фракций в золе значительно отличается. Для древесной золы, образующейся на ОАО «Речицадрев», более 75% по массе содержится золы с размерами частиц (d) меньше 2 мм, меньше всего содержится фракций с размерами частиц  $3,0 \leq d < 3,5$  мм и  $2,5 \leq d < 3,0$  мм.

Основная масса золы ОАО «Мостовдрев» (43,3%) приходится на частицы с размером более 4,5 мм. Наименьшее количество золы (7,4%) приходится на частицы размером  $2,0 \leq d < 2,5$  мм. Различие в

дисперсном составе образцов, вероятно, обусловлено видом и особенностями технологии сжигания древесного материала.

Исследование химического состава водной вытяжки образцов древесной золы показало, что в ней присутствуют такие анионы как хлориды, сульфаты, нитраты, карбонаты, гидрокарбонаты, и катионы кальция, магния, меди, цинка, железа, хрома. Причем имеет место существенные различия в содержании основных катионов и анионов в водной вытяжке образцов древесной золы, образующихся на различных предприятиях, что можно объяснить различными условиями произрастания древесного материала (в том числе, степенью загрязнения атмосферного воздуха, почвы, грунтовых вод в месте нахождения деревьев), различными породами древесины и т.д.

Учитывая особенности химического состава и физико-химические свойства золы, проведены исследования по использованию золных остатков и их отдельных фракций в процессах очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов. Исследование проводили при концентрациях металлов в пробе 0,5-10 г/л. Величину поглотительной емкости (ПЕ) древесной золы по ионам тяжелых металлов определяли по разности концентраций металлов в исходном и осветленном растворе после 1 ч контакта фаз. Исследования проводили при pH раствора 4-5. Определение концентрации меди и цинка в пробах проводили титриметрическим методом. Определение ионов меди основано на образовании малорастворимого иодида меди (I) в слабощелочной среде. Выделившийся в результате протекания химической реакции йод оттитровывали раствором тиосульфата. Титриметрический метод определения ионов цинка основан на использовании раствора ЭДТА в присутствии индикатора (дитизона).

В таблице 2 представлены данные об изменении величин поглотительной емкости древесной золы по ионам цинка и меди.

Установлено, что максимальная величина поглотительной емкости древесной золы ОАО «Речицадрев» для ионов меди составляет 0,718 мг-экв/г золы, для ионов цинка – 0,800 мг-экв/г. При этом, ход зависимостей поглотительной емкости золы от концентрации ионов металла соответствует ходу классических сорбционных кривых. Максимальная величина поглотительной емкости древесной золы ОАО «Мостовдрев» для ионов меди составляет 1,398 мг-экв/г золы, для ионов цинка – 0,640 мг-экв/г. Зависимости поглотительной емкости золы ОАО «Речицадрев» от концентрации ионов цинка в растворе аналогичны кривым для ионов меди (наблюдается лишь незначительное смещение кривой в область более высоких концентраций).

Таблица 2 – Поглощительная емкость древесной золы по ионам цинка и меди

Концентрация металла в пробе, г/л	Зола ОАО «Речицадрев»		Зола ОАО «Мостовдрев»	
	ПЕ по ионам цинка, мг-экв/г золы	ПЕ по ионам меди, мг-экв/г золы	ПЕ по ионам цинка, мг-экв/г золы	ПЕ по ионам меди, мг-экв/г золы
0,5	0,003	0,120	0	0,170
1	0,008	0,220	0,089	0,233
2	0,260	0,309	0,162	0,367
3	0,390	0,351	0,238	0,546
4	0,398	0,360	0,264	0,640
5	0,383	0,364	0,358	0,878
6	0,385	0,369	0,424	1,005
7	0,390	0,560	0,487	1,169
8	0,453	0,670	0,615	1,224
9	0,797	0,719	0,639	1,398
10	0,800	0,718	0,640	1,398

Заметный рост ПЕ золы отмечается только, начиная с концентрации 1,0 г/л. В диапазоне концентраций ионов цинка 1,0-3,0 и 7,0-9,0 г/л величина ПЕ золы увеличивается, достигая 0,39 и 0,8 мг-экв/г соответственно, и практически не изменяется в диапазоне концентраций 3,0-7,0 и 9,0-10,0 г/л, составляя при этом 0,39 и 0,8 мг-экв/г соответственно. Для образцов древесной золы, образующейся на ОАО «Мостовдрев», ПЕ по ионам рассматриваемых металлов плавно возрастает во всем исследуемом диапазоне концентраций. При этом, наблюдается значительное различие в величинах ПЕ для ионов меди и цинка. Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности использования древесной золы в качестве материала для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов. Однако для достижения высоких значений степени очистки необходимо проводить предварительное исследование состава древесной золы, осуществлять подбор режимов и условий проведения процесса очистки с учетом особенностей сточных вод.

УДК 537.56

С. А. Куманев, И. А. Василенко

(Государственное высшее учебное заведение «Украинский государственный химико-технологический университет», г. Днепропетровск, Украина)

### УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ СЖИГАНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В КОТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТАХ

Оптимизация параметров горения природного газа является важной экологической задачей, так как эти процессы используются практически во всех отраслях промышленности и являются одними из главных загрязнителей окружающей среды. Одним из возможных ме-