

УДК 630*383.6:625.711.84

А.И. Науменко, ст.преп., канд. техн. наук;
П.А. Лыщик, проф., канд. техн. наук;
Д.А. Скворцов, студ. 5 курс ЛИД (БГТУ, г. Минск)

ПРИМЕНЕНИЕ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЛЕСНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В последнее время появилось много публикаций о золах и золах уноса при сжигании практически всех видов твердого топлива и растительного сырья (биомассы) [1–3] в обычных топках.

Рассмотрены особенности образования золы-уноса от условий сжигания топлива, приведены исчерпывающие данные об их свойствах, а также о возможных областях применения. Однако пока нет подобной информации о золе-уносе при сжигании влажного и высокозольного торфа в псевдоожиженном слое в среде кварцевого песка при температуре 750–800 °С.

Зола-унос из топок с псевдоожиженным слоем, которыми в последнее время оборудуются котельные установки, работающие на местном топливе, в частности, на фрезерном топливе. В таких топках сжигается фрезерный торф с высокой влажностью (до 65%) и зольностью (до 35%) в кипящем слое кварцевого песка. Кипящий слой из кварцевого песка фракцией 0,4–1,6 мм, содержащий около 2% торфа, поддерживается воздухораспределительной решеткой, через которую подводится первичный воздух.

Технология сжигания осуществляется таким образом, что подовая зола вместе с кварцевым песком подвергается циклонной сепарации, после которой крупная фракция песка и золы возвращается в топку, а мелкая объединяется с золой уноса и выделяется хвостовой циклонной системой очистки дымовых газов.

Средняя температура горения в топке не превышает 800 °С. Уловленная зола-унос представляет собой сухой темно-серый порошок с высокой дисперсностью (не имеющая остатка на сите с сеткой №008), со средней удельной поверхностью 2850 см²/г, средней плотностью 2650 кг/м³, насыпной плотностью 650–720 кг/м³. Потери при прокаливании золы уноса составляют 8,5–9%, рН равно 8, активность – 22,4 мг СаО/г.

В отопительный сезон в котельных с топками кипящего слоя образуется значительное количество золы-уноса (около 3–4 тонн в неделю), которая в настоящее время не используется и вывозится на полигоны ТБО.

Размер частиц золы-уноса не превышает 50 мкм. В ней установлено присутствие частиц четырех видов: мелкие (зерна размером менее 5 мкм);

шаровидная форма с размером 10–20 мкм; неправильной формы (многогранники, частицы овальной формы со средним размером 10–40 мкм) и агрегата, относящиеся к коксовому остатку торфа (рисунок 1).

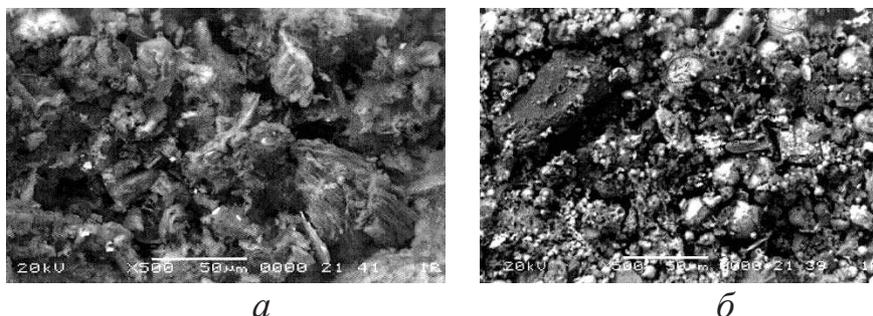


Рисунок 1 – Микрофотографии чистой торфяной золы (а) и зольного остатка (б)

Для уточнения химического и минерального состава зольного остатка привлечен метод точечного микрорентгеноспектрального анализа на сканирующем электронном микроскопе JSM – 5610 LV с системой химического анализа EDX JED-2001 JEOL (Япония). Проведены анализы как золы-уноса из топки с псевдоожиженным слоем при сжигании торфа, так и зольного остатка, полученного при сжигании торфа в лабораторной печи [4].

По результатам обработки спектров установлен химический состав изучаемых объектов (таблица 1).

Как видно по данным, приведенным в таблице 1, в золе-уносе содержится ряд оксидов и элементов, которые не обнаруживаются в торфяной золе. Это объясняется как условиями их образования, так и появлением в золе-уносе ингредиентов кварцевого песка. По нашему мнению, при фиксируемой приборами низкой температуры в объеме топки фактически в псевдоожиженном слое локально развиваются более высокие температуры, приводящие к испарению летучих элементов и оксидов как из торфа, так и с поверхности зерен кварцевого песка, в частности, Na_2O , K_2O , P_2O_5 , Cl . Пары их конденсируются на пылевидных частицах золы-уноса и песка в газовом потоке, вступают в химическое взаимодействие с ними с образованием легкоплавких аморфных соединений, представленных в золе-уносе в виде сфер (стекловидные частицы), агрегатированных ноздреватых частиц.

Появление в золе-уносе частиц с высоким содержанием оксидов железа объясняется удалением с поверхности зерен песка железистооксидной пленки за счет их взаимного трения в псевдоожиженном слое. Поскольку рентгенографическим анализом аморфные новообразования не определяются, можно предположить, что сферы и ноздреватые агрегатированные частицы по составу являются близкими к алюмоферритам и алюминатам кальция.

Таблица 1 – Химический состав образцов торфяной золы и золы-уноса из топки с псевдоожиженным слоем при сжигании торфа, мас. %.

Элементы и оксиды	Торфяная зола	Зола-унос			
		усредненный состав	мелкие и овальные частицы	сферы	частицы агрегированные круглой и многогранной формы
C	6,56	6,74	-	-	-
Al ₂ O ₃	5,24	4,40	1,49–4,25	3,30	5,42
SiO ₂	7,03	23,94	71,42–80,93	5,88	7,71
SO ₃	2,61	0,84	-	-	-
CaO	43,40	28,29	9,49–10,60	31,79	32,91
FeO	35,16	30,47	8,08–13,80	54,68	52,95
Na ₂ O	-	0,28	-	-	-
MgO	-	0,56	-	0,71	0,78
P ₂ O ₅	-	1,31	-	2,71	-
Cl	-	0,18	-	-	-
K ₂ O	-	0,99	-	0,93	-
TiO ₂	-	-	-	-	0,22
V ₂ O ₅	-	-	0–0,13	-	-

Присутствуют в золе-уносе, как установлено методом термогравиметрии, также вторичные карбонаты кальция и магния. Сопоставление содержания оксидов элементов в золе торфа и в золе-уносе позволяет предположить, что зола торфа и кварцевый песок в золе-уносе находится примерно в соотношении (2–3):1. Причем, частицы кварцевого песка имеют высокую дисперсность и покрыты, по-видимому, кальцийалюмоферитной пленкой (мелкие и овальные частицы).

Сравнительная характеристика объекта исследования и золы-уноса некоторых видов топлива при сжигании в высокотемпературных топках котельных приведена в таблице 2.

Таким образом, зола-унос из топок с псевдоожиженным слоем, работающих на торфе, при сжигании его в слое кварцевого песка по минералогическому составу, форме частиц близка к золе-уносу бурого и каменного углей. Но по химическому составу она отличается соотношением SiO₂ и CaO, более высоким содержанием FeO + Fe₂O₃, меньшим содержанием MgO, Al₂O₃, SO₃. Дополнительно содержит в своем составе P₂O₅.

По показателям свойств исследованную золу-унос можно отнести к нейтральной, обладающей слабой активностью. Активность ее обусловлена присутствием несвязанного дисперсного SiO₂, прошедшего термическую обработку [4].

Таблица 2 – Сравнительная характеристика исследованной золы-уноса и зол уноса при сжигании бурого и каменного углей

Наименование свойства, характеристики	Показатели свойств		
	Зола-унос котельной установки РУП ЖКХ, г. Ошмяны	Зола-уноса Рязанской ГРЭС, работающей на бу-ром угле месторождения Ирша	Зола-уноса ТЭС, работающей на буром угле Канско-Ачинского месторождения
C	6,74	-	-
Al ₂ O ₃	4,40	10,86	16,1
SiO ₂	23,94	46,44	47,2
SO ₃	0,84	2,17	2,2
CaO	28,29	22,15	19,6
CaO _{своб.}	-	3,55	-
FeO+ Fe ₂ O ₃	30,47	10,00	7,1
Na ₂ O	0,28	0,74	0,3
MgO	0,56	5,98	3,7
P ₂ O ₅	1,31	-	-
Cl	0,18	-	-
K ₂ O	0,99	0,56	0,8
TiO ₂	-	0,60	-
ППП, %	8,09	0,54	3,0
Гигроскопическая влага, %	1,07	0,07	2,0
Удельная поверхность, м ² /кг	286	374	-
Остаток на сите 008, %	0,00	7,00	5,0
Насыпная плотность, кг/м ³	600	-	920
Истинная плотность, кг/м ³	2450	-	2941
pH	8,0	-	-
Химич. активность, мг СаО/г	22,4	-	-
Mo	1,02	0,55	0,37
Ma	0,18	0,23	0,34
K _{осн.} по Баженову	1,02	0,40	0,26
Класс	II	II	II
Применение	A, B	A, B	A, B

В соответствии с требованиями ГОСТ 25818 и 25592 к золом и золе-уносу энергетических установок золу-унос из топок с псевдоожиженным слоем, работающих на торфе, при сжигании его в слое кварцевого песка, по химическому составу и дисперсности можно от-

нести к классу II, по применению – к группе А и Б, т. е. она может использоваться в составе бетонов и строительных растворов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bavbel E.I., Naumenko A.I. Laboratory studies to strengthen the local soils of forest roads / E.I. Bavbel, A.I. Naumenko // *Sciences of Europe*. 2018. № 31–1 (31). С. 38–42.

2. Bavbel E.I., Naumenko A.I., Zhilinsky M.V. Development of the composition of low-cement composite binder to strengthen the local road soils / E.I. Bavbel, A.I. Naumenko, M.V. Zhilinsky // *Sciences of Europe*. 2018. № 31–1 (31). С. 43–46.

3. Лыщик П.А., Бавбель Е.И., Науменко А.И. Состав минерального вяжущего для укрепления дорожных грунтов / П.А. Лыщик, Е.И. Бавбель, А.И. Науменко // *Труды БГТУ. №2. Лесная и деревообрабатывающая промышленность*. 2014. № 2 (166). С. 33–36.

4. Плышевский, С.В. Физико–химические исследования золы–уноса из топки с псевдоожиженным слоем при сжигании фрезерного торфа / С.В. Плышевский, П.А. Лыщик, А.И. Науменко, Л.М. Виноградов, С. М. Добкин // *Тепло– и массоперенос – 2014: сб.тр. – Минск: Институт тепло– и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси*, 2015. – С. 30–35.

УДК 630*383.4

П.А. Лыщик, проф., канд. техн. наук;

Е.И. Бавбель, доц., канд. техн. наук;

К.А. Петрович, студ. 4 курс ЛИД (БГТУ, г. Минск)

ТРАССИРОВАНИЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ ЛЕСНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ОСНОВЕ CREDO-ТЕХНОЛОГИЙ

При проектировании транспортного освоения лесных массивов Трассирование лесных автомобильных дорог является одним из существующих видов проектно-изыскательских работ, требующий творческий подход и трудно поддается автоматизации. Трасса дороги на долгие годы определяет ее технические и эстетические свойства, поэтому трассирование лесных автомобильных дорог требует определенного архитектурного искусства, которое приходит с опытом и по мере овладения техникой трассирования [1-3].

Благодаря уникальному алгоритмическому и программному обеспечению геометрического проектирования, основанного на мето-