

## РАЗРАБОТКА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЗОЛЫ ОТ СЖИГАНИЙ АКТИВНОГО ИЛА

Шавва Андрей Александрович

*старший преподаватель Высшей школы гидротехнического и энергетического строительства  
СПб ПУ г. Санкт-Петербург (Россия)*

e-mail: [ashavvaand@gmail.com](mailto:ashavvaand@gmail.com)

***Аннотация** - В статье ставится задача рассмотреть эффективное использование зол, образующийся в результате переработке твёрдых бытовых отходов – далее ТБО и её дальнейшее использование в строительстве. Авторы производят анализ эффективности и вторичного использования зол, полученных в результате их переработки ТБО.*

**Ключевые слова:** золы, переработка, вторичное использование.

### **Введение**

На протяжении многих лет, в научных кругах всё чаще и чаще встаёт вопрос вторичного использования продукции полученной в результате переработке твёрдых бытовых отходов. Анализ этой проблемы в Российской Федерации и за рубежом показал, что основным пригодным для вторичного использования веществом является зола. Изучив материалы по промышленному применению отходов промышленного производства и золы, мы сделали выводы о возможности использования осадков при производстве строительных материалов как в виде малых добавок, которые улучшают те или иные свойства конечных продуктов. Так и в виде компонентов, активно участвующих в качестве основного продукта и химическом процессе формирования структуры строительного материала. Физические и химические свойства КЗ зависят от многочисленных факторов, как от состава поступающих сточных вод, так и от технологии очистки воды и стоков и времени года и т.д.

В качестве примера, в данной работе, мы использовали результаты исследований по переработке осадков, полученных в результате работы Центральной станции Санкт-Петербурга и золы от сжигания ТБО. На предполагаемый участок производства строительных материалов поступает переработанная зола после сжигания в печах кипящего слоя. Зола, прошедшая термообработку, представляет собой маслянистый порошок черного цвета. Основными составляющими золы являются соединения кремния, кальция, железа и алюминия. В основном благодаря тому, что в составе присутствуют определённые соединения, это позволяет утверждать о возможности применения аналогичных по химическому составу отходов промышленности для производства материалов для строительства. Согласно приведенному составу золу можно адаптировать к широкой номенклатуре строительных материалов, к таким, как цементный камень, силикатные и керамические кирпичи, сырье для производства вяжущего, добавки в асфальтобетон и т.д.

Проводя наши исследования, мы смогли выяснить, что одним из вариантов использования коммунальных зол (КЗ) это их адаптация к глине с последующим производством вспученных гранул (керамзита). Так называемые гранулы керамзита имеют сплошную стекловидную форму, в изломе отчетливо проявляется мелкопористая структура с диаметром пор от 1 до 2 мм, набухание полученного керамзита в течение 20 суток не превышает 0,8%. Капиллярный подсос зерен незначителен из-за наличия закрытых пор и стекловидного характера оболочки с выраженными гидрофобными характеристиками. Гранулы диаметром 7-9 мм, полученные при 1150-1180°, разрушались при усилии 6800 - 7600 г, более крупным диаметром 11 - 13 мм - при 11000 -12300 г, из чего можно сделать вывод для прогноза прочностных характеристик строительного материала.

Вымывание тяжелых металлов незначительно вследствие вхождения их в решетку породообразующих минералов, формирующихся в процессах сжигания ила и производства керамзита. После добавления в керамзит стронция-90 с последующим выщелачиванием

показало, что стронций практически не переходит в жидкую фазу, что также свидетельствует о высокой химической стойкости полученного материала.

Одним из интересных из интересных аспектов применения золы является возможность использования ее в качестве составной части стеновых камней для малоэтажного и промышленного строительства. В качестве исходных - компонентов применяли негашеную дисперсную известь, неорганическую часть осадка и полуводный гипс в различных соотношениях. В процессе работы выявлена необходимость не только тщательного усреднения шихты, но и присутствия такой технологической операции, как механохимическая обработка сырьевой смеси. Благодаря такой обработке разрушается стекловидная оболочка, и вскрываются активные поверхности.

Мы применяли состав вяжущего, представленного в виде 70% золы, 30% извести и CaSO<sub>4</sub>-5% сверх 100% шихты. Образцы заранее готовили методом пластического формования в котором соотношении вяжущего и кварцевого песка 1:3. Образцы проходили гидротермальную обработку при 90° в течении 5 часов при скорости подъема температуры 20° в час. До начала гидротермальной обработки образцы должны быть выдержаны с момента изготовления 10-12 часов. Данные испытания прочности при сжатии приведены в табл.3. Проведенные нашей группой лабораторные испытания показали возможность использования золы как основного компонента сырьевой смеси при производстве товарной смеси при производстве товарной строительной продукции.

В табл. 1 приведены результаты аналогичных исследований по адаптации золы от сжигания ТБО (инертизированный шлак) к строительным материалам.

Таблица 1. Свойства строительных блоков из инертизированного шлака.

Состав вяжущего, %мас.			Удельная поверх- ность  См <sup>2</sup> /2	Прочность при сжатии, МПа	
Шлак	Известь	CaSO <sub>4</sub> сверх 100% шихты		1 сут.	20 сут.
70	30	5	4000	17,0	24,0
			6000	21,0	33,0
			9000	18,0	21,0
80	20	5	4000	17,0	30,0
			6000	23,0	..
			7000	25,0	41
			9000	13,1	25
90	10	5	4500	17,0	25,0
			6000	20,0	30,0
			8800	15,0	20,0

Анализируя полученные данные можно заявить о том, что и зола, полученная от сжигания ТБО, может успешно использоваться как один из основных компонентов сырьевой смеси при производстве товарно-строительной продукции. В табл. 2 нами приведены результаты исследований отвержденных отходов полигона Красный Бор с применением сланцевой золы. Полученные результаты свидетельствуют о том, что в процессе отверждения при составе шихты приблизительно 75% к объему жидкости получают блоки пригодные к перемещению и транспортировке с целью их захоронения или использования в качестве строительных блоков для производства ограждений, бордюров, и т.д. на территории полигона Красный Бор. Выщелачивание нежелательных продуктов из отвержденных блоков незначительное.

В ходе исследования нами была рассмотрена возможность использования золы и в обжиговых строительных материалах. В работе были исследованы составы при следующем соотношении компонентов: глина - 50 - 25% (по объему), зола - 50 - 75% (по объему). Подготовленную шихту увлажняли до 9% и прессовали при 5 МПа. Перед обжигом сырец сушили до влажности 5% в естественных условиях. Немало важно, что у образцов, содержащих золу, скорость влагоотдачи увеличивается на 20 - 30% и сушка проходит более мягко - не наблюдается коробления и дефектности заготовок, что иногда имело место у контрольных образцов, на 100% состоящих из глины. Это можно объяснить разностью степени лиофильности глины и золы. Обжиг осуществлялся при 1000°. Основные показатели образцов приведены в табл. 2 и 4.

Проводя анализ, полученных данных, можно утверждать, что по мере увеличения количества коммунальной золы свойства керамических материалов улучшаются.

Таблица 2 Свойства обжиговых строительных материалов

Глина	НСО	Сжатие, МПа	Водопоглощение	Морозостойкость, количество циклов попеременного замораживания и оттаивания, не менее
50	50	35,09	16,3	25
35	65	65,5	13,8	25
25	75	51,0	12,7	Не определялось

Таблица 3 Технические характеристики отвержденных отходов полигона "Красный Бор"

Состав шихты % объемн. (% к объему жидкости)	Прочность при сжатии МПа			
	1 сутки	5 суток	10 суток	28 суток
90	—	12	16	17
80	--	11	12	16
75	--	10	12	15
70	--	--	8	9
60	--	--	8	9

Таблица 4 Свойства обжиговых строительных материалов

Соотношение компонентов, % объемные		Свойства образцов после обжига			
Глина	Зола от сжигания ТБО	Сжатие, МПа	Водопоглощение, %	Морозостойкость	Механохимическая обработка
50	50	32,0		25	36,2
40	60	60,1		--	65,3
35	65	62,0	14	--	66,1
30	70	60,0		25	62,8
10	75	52,0		--	55,1

Таким образом, проведенные изыскания подтвердили возможность адаптации золы к технологии керамических строительных материалов, высокая механическая прочность

которых обеспечивается в процессе спекания благодаря формированию высокопрочных соединений со структурой, близкой к меллелит - нефелиновым базальтам.

Аналогичные результаты нами получены и по адаптации к обжиговым строительным материалам, зол от сжигания твердых бытовых отходов.

Резюмируя вышеизложенное, можно считать, что термическая обработка осадка сточных вод станции аэрации обеспечивает получение безвредного в санитарном отношении, удобного для транспортировки и хранения продукта, который может быть внедрен на действующих предприятиях города соответствующего профиля.

Рассмотрена возможность утилизации золы на месте ее выхода из печи. Одним из возможных вариантов является изготовление прессованного кирпича естественного твердения. Технологическая линия включает в себя приемные бункеры, сортировочные и дозировочные узлы и пресс высокого давления. Для производства такого изделия не требуется значительных вложений, сложных агрегатов типа печей для обжига или автоклавов; необходимая производственная площадь на 3 млн. штук кирпичей в год составляет 500 м<sup>2</sup>, линию обслуживают 8-9 человек в одну смену.

При 5% содержании цемента марки 400 в смеси с золой получены образцы, по свойствам сходные с кирпичом марки 75, которые используются для малоэтажного строительства (коттеджи, склады и т. д.). Разработан интересный вариант использования золы как пресс-порошка для плиток различного назначения. Немаловажную роль в придании сырцу (золы) и готовым изделиям необходимых прочностных характеристик играет природа используемого связующего. Опробованы композиции золы со связующими различной природы (ПВС, серная кислота, фосфорная кислота, смесь серной и фосфорной кислот).

#### **Вывод**

По результатам наших исследований и проведенного сравнительного анализа полученные данные свидетельствуют о том, что добавления зол полученных в результате утилизации ТБО улучшают прочностные характеристики строительных материалов, которые используются в основном в малоэтажном строительстве и строительстве промышленных предприятий. Материалы, использованные в строительстве (керамические изделия) с добавлением зол, значительно прочнее, выгоднее в экономическом и экологическом плане.

#### **Список литературы**

1. Ватин Н.И., Петросов Д.В., Калачев А.И., Лахтинен П. Применение зол и золошлаковых отходов в строительстве. Инженерно-строительный журнал. 2011. № 4. С. 16-21.
2. Чусов А.Н., Масликов В.И., Черемисин А.В., Молодцов Д.В. Рекультивация полигонов твердых бытовых отходов и утилизация энергетического потенциала биогаза. В сборнике: Архитектура, строительство - современность Сборник докладов. 2013. С. 436-439.
3. Масликов В.И., Чусов А.Н., Черемисин А.В., Рыжакова М.Г. Оценка геоэкологического риска загрязнения атмосферы выбросами полигонов ТБО для выбора мероприятий по рекультивации. Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2012. № 147 (1). с. 239-243.
4. Масликов В.И., Федоров М.П. Природно-технические системы в энергетике. Известия Российской академии наук. Энергетика. 2006. № 5. С. 7-16.
5. Федоров М.П., Чусов А.Н., Негуляева Е.Ю. Экологическая безопасность при обращении с ТБО в Ленинградской области Региональная экология. 2004. № 3-4. С. 94-96.
6. Негуляева Е.Ю., Чусов А.Н. Опыт международного сотрудничества для решения проблем обращения с отходами в Санкт-Петербурге. Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2007. № 49 (1). С. 133-138.
7. Любарский В.М., Беляева С.Д., Цыплакова Г.В., и др. Щелочная регенерация коагулянта при известковой обработке осадков // Водоснабжение и санитарная техника. 1989. №5. С.15-18.
8. Торопов Н.А., Барзаковский В.П., Лапин В.В., Курцева Н.Н. Диаграммы состояния-Л.:Наука, 1969. 821 с.

9. Семин Е.Г., Кораблев Н.М., Гаврилов В.В. и др. Условия и механизм синтеза люминисцирующего силиката цинка // В кн. Методы получения и исследования люминофоров и особо чистых веществ - Ставрополь. 1979. Вып.18.С.37-45.
10. Семин Е.Г., Федоров С.В., Шевяков А.Н. Термодинамические аспекты фазообразования в системе Ре-0 // Деп. В ОНИИТЭХИМ, б 15 ХП-Д87.55с.
11. Насекан Ю.П., Утков В.А., Иванов А.И. Утилизация осадков водопроводных станций - М.: Мин. цвет.мет. СССР, серия «В помощь экономическому образованию специалистов». Обзорная информация. 1987. Вып.
12. Гладков В. А., Алексеев А.С. Вторичное использование отходов и энергии на водопроводно-канализационных очистных сооружениях М.: В сб. Инженерное обеспечение объектов строительства. Серия 9, вып. 2. 1984.
13. Любарский В.М. Осадки природных вод и методы их обработки. М.: Стройиздат. 1980.
14. Волженский А.В., Иванов И.А., Виноградов Б.Н. Применение зол и топливных шлаков в производстве строительных материалов - М.: Стройиздат. 1984.225 с.
15. Яковлев В.А., Гусаров В.В., Семин Е.Г. Концептуальные основы выбора технологии бытовых отходов. Городское хозяйство и экология. 1999. № 1. С. 50 -56.
16. Семин Е.Г., Лихачев Ю.М., Полуэктов В.В., Федоров П.М. Система обращения ТБО в городе Санкт-Петербурге. Вестник госпитальной инженерии №1,1997, СПб. С. 13-23.
17. Баев А.С., Семин Е.Г., Трегубов А.И., Боченинский В.П., Евланов В.С. Новые подходы к проблеме экологически чистой и энергетически эффективной переработки ТБО. Кн. Безопасность и экология, ч.2., СПбГТУ, 1999. С. 176 - 177.
18. Семин Е.Г., Лыгина О.Е., Чуркина И.О., Яковенко А.М. Утилизация зол от станций сжигания активного ила и мусоросжигательного завода. Кн. Безопасность и экология, ч.2. СПбГТУ, 1999. С. 180 -181.
19. Семин Е.Г., Лихачев Ю.М., Селиванова С.В., Федоров С.В. Статика и динамика процессов утилизации зол от станций сжигания активного ила и ТБО. Кн. Безопасность и экология Санкт-Петербурга. Изд. СПбГТУ, 2000.
20. Лыгина О.Е., Семин Е.Г., Кривоносов С.И., Яковенко А.М. Утилизация осадков сточных вод станций аэрации. Научно - технические ведомости СПбГТУ №1 -2,1997. С. 23-26.
21. Семин Е.Г., Лихачев Ю.М., Федашко М.Я. Реконструкция завода МПБО, как основа энерго и ресурсосбережения. Кн. Технология энергосбережения и эксплуатация инженерных систем. СПб., Изд.-во СПбГТУ. Мат. Межд. Конф. 2000. С. 119-120.