

*В.А. РАХМАНОВ, председатель Совета директоров, чл.-корр. РААСН, проф.,
М.Н. ГОРБОВЕЦ, зам. генерального директора, канд. техн. наук, почетный строитель
России, А.И. КОЗЛОВСКИЙ, зав. лабораторией химических добавок, канд. техн. наук,
почетный строитель России (ОАО "ВНИИжелезобетон")*

БЕТОН НА ОСНОВЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ МУСОРОСЖИГАНИЯ

Жизнедеятельность человечества неразрывно связана с образованием бытовых и хозяйственных отходов. Масса потока твердых бытовых отходов (ТБО), поступающая ежегодно в биосферу мира, достигла почти геологического масштаба и составляет около 400 млн. т. Опыт стран ЕЭС по контролю за образованием отходов потребления показывает прямую связь ВВП с ростом отходов. Вопрос обращения с ТБО является актуальной проблемой, особо острой стоящей перед коммунальными хозяйствами крупных городов мира.

Только в Москве отходы жизнедеятельности превышают 5 млн. т ежегодно, а в Подмосковье еще 3,5 млн. т.

О большой актуальности вопросов обезвреживания и утилизации отходов, в том числе ТБО, свидетельствует проведение заседания Госсовета стран СНГ по вопросам обеспечения экологической безопасности и ликвидации накопленного экологического ущерба.

Решению одного из вопросов обеспечения экологической безопасности были посвящены исследования, проведенные в ОАО "ВНИИжелезобетон", результаты которых представлены в настоящей статье.

Установлено, что за счет предварительной сортировки удастся отобрать и полезно использовать часть этих отходов, таких как дерево, стекло, бумага, строительный мусор и др. В ряде случаев процент отбора и эффективного использования ТБО достигает 30...40%, однако в РФ объем вторичных полезных материалов составляет только 10...12%, а остальная часть ТБО подвергается захоронению в специальных мусорных полигонах или сжигается. Только вокруг Москвы имеется 61 санкционированный полигон, из которых 27 уже исчерпали свою емкость, а 19 заполнены на 90%. Кроме них, зарегистрировано более 100 стихийных свалок, не отвечающих необходимым требованиям. По данным Минприроды РФ, все полигоны на юге столицы уже через 2-3 года исчерпают свои ресурсы, а новые возможны лишь за пределами 100 км зоны. В то же время захоронение отходов связано с большими потерями земельных участков, заражением земли, окружающей атмосферы и водных источников, растущими затратами средств на перевозку ТБО и эксплуатацию полигонов. Следует отметить, что за рубежом во многих случаях имеет место запрет на захоронение ТБО с показателем теплоты сгорания более 5%.

Радикальным способом решения вопроса является термическое обезвреживание ТБО с выработкой тепловой и электрической энергии, применяемое в Европе, а также в ряде крупных городов РФ (Москве, Мурманске и др.) [1, 2]. Расширение строительства мусоросжигательных заводов (МСЗ) сдерживается по экономическим и экологическим причинам из-за несовершенства выбираемых систем очистки воздуха; нарастанием использования пластиковой тары, а также в связи с образованием после сжигания токсичных зол и шлаков в количестве до 20% и более от массы сжигаемого мусора, которые также нуждаются в захоронении. Вместе с тем, уже получили распространение высокоэффективные системы очистки воздуха от выделяемых в атмосферу диоксинов (например, на Московском мусоросжигательном Спецзаводе № 2) и разработаны меры по использованию эффективных способов физико-химической детоксикации токсичных золошлаковых отходов (ЗШО).

В настоящее время в мировой практике снижение уровня токсичности золошлаковых отходов мусоросжигания достигается в основном путем повышения температуры сжигания ТБО с 850-900 °С до температуры их оплавления (1500-1700 °С) или же за счет многоступенчатого процесса экстракции и пересадки вредных примесей в кисло-щелочных средах с последующей их фильтрацией и промывкой осадка. В первом случае основным недостатком является относительно высокая энергоемкость процесса и его экономическая нецелесообразность, а во втором – образование концентрированного осадка вредных примесей, нуждающихся в последующем захоронении.

В институте "ВНИИжелезобетон" были проведены глубокие научные исследования, связанные с получением бетонных изделий с применением детоксифицированных золошлаковых отходов мусоросжигательных заводов, обеспечившие серьезный практический результат.

На основе данных о составе твердых бытовых отходов Москвы, исследования химического состава шлаков и зол, полученных при сжигании ТБО в условиях действующего Мусоросжигательного завода № 3, была разработана технология физико-химической детоксикации золошлаковых отходов и их утилизации [3]. Суть ее заключается в применении комплексного детоксиканта "ВНИИжелезобетон", при использовании которого образуются малоподвижные

Составы бетонной смеси с использованием отходов мусоросжигания

№№ составов	Состав бетона и раствора, мас. %										Состав добавки – модификатора, мас. %			
	Ц	ОМ	З	ДМ	ДД	КВД	СИ	ХГ	ВРК	ВП	В	Кремнеземистая добавка	Пластифицирующая добавка	Ускоритель твердения
1	20	46,0	30	0,075	0,35	–	–	–	–	0,25	остальное	0	35 (С-3)	65 (СН)
2	22,5	50,0	15	0,02	0,175	–	–	–	–	0,08	-/-	29 (МРШ)	26 (мелмент)	45 (АН)
3	20	46,0	30	0,075	0,35	–	–	–	–	0,25	-/-	0	35(С-3)	65 (СН)
4	22,5	50,0	15	0,02	0,175	–	–	–	–	0,08	-/-	29(МКК)	26 (мелмент)	45 (АН)
5 (прот)	27	58,0	–	–	–	2,5	0,42	0,25	5,0	0,25	-/-	–	–	–
6 (конт)	20	46,0	30	2,7	0,175	–	–	–	–	0,25	-/-	–	35 (С-3)	65 (СН)

Ц - цемент; ОМ - отходы мусоросжигания; З - заполнитель; ДМ - добавка-модификатор; ДД - добавка-детоксикант; КВД - комплексная водопонижающая добавка; СИ - смесь ионитов; ХГ - хелатолиганды; ВРК - водный раствор крепителя; ВП - вредные примеси; В - вода затворения; МКК - микрокремнезем; МРШ - маршалит; СН - сульфат натрия; АН - алюминат натрия

Таблица 2

Физико-механические параметры бетона

Наименование параметра	Единица измерения	Величина параметра для номеров составов приведенных в табл. 1					
		1	2	3	4	5	6
Плотность	кг/м ³	2400	2200	2370	2250	2000	2400
Прочность	МПа	49,8	42,0	39,7	41,2	25,0	44,2
Морозостойкость	цикл	205	180	157	190	75	210
Токсичность	ПДК, (<или>)	<ПДК	<ПДК	<ПДК	<ПДК	<ПДК	<ПДК
Себестоимость единицы продукции	%	74	77	75	76	100	76

водонерастворимые соединения тяжелых металлов, которые прочно закрепляются в затвердевшей бетонной матрице на активных центрах цементного клинкера. Проведенные исследования показали, что содержание вредных примесей в водных вытяжках из образцов такого бетона не превышают уровня ПДК.

В ходе исследований были определены последовательность обработки золошлаковой смеси, граничные соотношения технологических параметров воздействия, соотношения компонентов по массе в %: цемента, золошлаковой смеси, комплексной водопонижающей добавки и детоксиканта; определены параметры технологии получения легких и особо легких бетонов с использованием ЗШО.

Предложенный способ физико-химической детоксикации отличается крайней простотой, не требует специального технологического оборудования, осуществляется при обычных температурах 5-30 °С и не отличается от традиционной технологии приготовления формовочной бетонной смеси.

После сортировки и сепарации от металлических включений и несгоревших фракций золошлаковые отходы мусоросжигания вместе с цементом, заполнителем, модификатором бетона, добавкой-детоксикантом и водой затворения последовательно подаются в бетоносмеситель с последующим перемешиванием в течение 1-5 мин до получения однородной бетонной смеси, которую затем используют по назначению.

В качестве добавки-модификатора используют смесь, состоящую из микрокремнезема, пластифици-

катора и ускорителя твердения в соотношениях, обеспечивающих получение изделий, отвечающих проектным требованиям по основным параметрам качества. В качестве добавки-детоксиканта используют относительно недорогие и доступные вещества, способные вступать в химическое взаимодействие с водорастворимыми формами тяжелых и цветных металлов.

При использовании предложенного способа может быть обеспечено значительное сокращение энергетических затрат, устранение многодельности технологии, снижение технологических площадей и суммарных затрат на оборудование при уменьшении трудоемкости всего процесса.

В целях дальнейшего совершенствования технологии физико-химической детоксикации и утилизации отходов применительно к условиям Московского мусоросжигательного спецзавода № 4 разработана технология с использованием в качестве детоксиканта продукта на основе отходов лесной и нефтяной промышленности [4]. За счет изменения вида детоксикантов и устранения подавления активности цемента достигается снижение его расхода на 40%.

Гармонично сбалансированный состав исходных компонентов и их массовые соотношения с компонентами бетонной смеси позволяют получить бетон и изделия из него с повышенными физико-механическими характеристиками при минимальных затратах и обеспечении экологической безопасности изделий при их применении, например в коммунальном и дорожном строительстве. В табл. 1 представлены 6 составов бетонной смеси с содержанием до 50% отходов мусоросжигания с использованием различных видов добавок и модификаторов, в том числе добавок детоксикантов, а в табл. 2 приведены физико-механические параметры, соответствующие этим составам.

В табл. 3 показаны результаты проверки эффективности применения способа детоксикации золошлаковых отходов в бетоне с использованием золошлаковых отходов Московского мусоросжигательного спецзавода № 4. Как следует из этой таблицы, содержание вредных примесей – ниже ПДК, что подтверждено санитарно-эпидемиологическими органами.

Таблица 3

Физико-механические параметры бетона

Наименование химических элементов тяжелых и цветных металлов, содержащихся в золошлаковых отходах	Предельно допустимые концентрации, мг/л	Содержание водорастворимых форм тяжелых металлов в водных вытяжках спецзавода № 4	
		В ЗШО без применения детоксикации	В бетоне с использованием ЗШО с применением детоксикации
Марганец	0,01	< 0,01	< 0,01
Кобальт	0,005	0,113	< 0,005
Никель	0,01	0,01	< 0,01
Кадмий	0,005	< 0,001	< 0,001
Стронций	0,01	0,064	< 0,01
Медь	0,001	0,005	< 0,001
Свинец	0,001	0,50	< 0,001
Цинк	0,01	1,26	< 0,001

Наряду с использованием такого бетона для изделий городского благоустройства и дорог он может успешно применяться в конструкциях гаражей, фундаментов и др. Имеется опыт ООО "Конкур", клуб "Отрадное" в Подмосковном Отрадном, где данный способ использован при изготовлении лестничных маршей, ступеней, подоконников, половых конструкций, а также отделочной плитки общественного здания.

Применение разработанной технологии позволяет повысить эффективность мусоросжигательных заводов, снизить затраты на перевозку и захоронение золошлаков с превращением их значительной части (до 90%) в товарную продукцию; обеспечить высвобождение земельных участков под полигоны и др.

В городском хозяйстве может быть получен значительный технико-экономический эффект при организации производства бетонных изделий в едином комплексе с МСЗ на одной территории с ним или вблизи завода, что позволило бы исключить затраты на перевозку золошлаков и использовать выделяемое тепло на термообработку изделий.

Возможен также вариант организации предварительной обработки золошлаков на МСЗ и поставки их на бетонные заводы в виде сухой смеси. Таким образом, данный способ позволяет практически завершить внедрение на МСЗ процесса безотходной технологии. Реализация данного способа нуждается в экономической поддержке за счет городского заказа.

На прошедшем в 2011 г. на КВЦ "Сокольники" 14-ом Международном салоне изобретений и инновационных технологий "Архимед-2011" за "Способ утилизации золошлаковых отходов мусоросжигания" (Патент № 2311236) ВНИИжелезобетон получил медаль международного жюри.

Нет сомнения, что описанный способ утилизации золошлаковых отходов МСЗ должен найти свое применение особенно в крупных городах России и является недостающим сегодня звеном в комплексном решении вопросов экологической безопасности.

Последние требуют внятной политики государства по комплексному решению принимаемых мер по очистке территорий, окружающих города и поселения.

Очевидно, что технология МСЗ должна быть безотходной, чего, к сожалению, нет на практике. Все равно, хоть и более медленными темпами, при сжигании мусора вокруг городов продолжают расти могильники техногенных отходов. Кардинальное решение проблемы требует использования в комплексе с действующими МСЗ переработки золошлаковых отходов по инновационной патентной технологии физико-химической детоксикации "Д'Юникон" ВНИИжелезобетона. По Московскому региону эти работы по экологической безопасности должны быть выполнены за счет средств городского и областного бюджетов.

Номенклатура изделий городского, коммунального и дорожного хозяйства, рекомендуемая для изготовления с использованием детоксицированных золошлаковых отходов мусоросжигательных заводов

I. Изделия для тротуаров и городского благоустройства:

- плиты бетонные тротуарные;
- камень бетонный бортовой;
- плиты покрытия трамвайных путей;
- блок газонный;
- элемент лотковый для тротуаров и дорожек;
- малые архитектурные формы (скамьи, цветочницы, урны, столы, решетки для деревьев, шары, столбики и др.);
- плиты для обустройства каналов, теплотрасс и др.

II. Изделия для дорог:

- дорожные плиты;
- элементы откосов дорог.

III. Элементы ограждения территорий:

- заборы;
- шумозащитные ограждения.

Библиографический список

1. Развитие инженерного дела в Москве. Исторические очерки, - М.: Российская инженерная академия, 1998. - 420 с.
2. Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек // Учебное пособие для ВУЗов: - М.: Фаир-пресс., 1999. - 320 с.
3. Патент на изобретение № 2123989. Российская Федерация. С 04 В 28/00, 38/08, 38/10, В 09 В 3/00. Способ физико-химической детоксикации и утилизации золошлаковых отходов / В.А. Рахманов, М.Н. Горбовец, В.И. Мелихов, Г.В. Топильский, Е.Г. Величко, А.И. Козловский, В.Г. Довжик; заявл. 22.05.97; опубл. 27.12.98, Бюл.№ 36.
4. Патент на изобретение № 2311236 Российская Федерация. В 09 В 3/00, С 04 В 28/00, С 04 В 18/10. Способ утилизации золошлаковых отходов мусоросжигания / В.А. Рахманов, В.И. Мелихов, С.К. Казарин, А.И. Козловский, Г.Я. Амханицкий, М.Н. Горбовец; заявл. 20.07.2006; опубл.27.11.2007, Бюл. № 33.