

САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОДУКТОВ СЖИГАНИЯ ТБО И БЕТОНОВ НА ИХ ОСНОВЕ

Дорофеев В.С., Жудина В.И., Майстренко О.Ф.
(Одесса)

Проведена санитарно-гигиеническая оценка продуктов сжигания твердых бытовых отходов и бетонов на их основе. Определена рациональная область применения полученных материалов.

В Одесской государственной академии строительства и архитектуры получены бетоны с использованием продуктов сжигания твердых бытовых отходов (ТБО) в качестве заполнителей. Применялись фракционированные продукты сжигания ТБО заводов Днепропетровска, Киева, Севастополя, Харькова.

Нами испытаны следующие составы бетонов:

Бетон на гранитном щебне с использованием золошлаковой смеси в качестве мелкого заполнителя.

Бетон на известняковом щебне с использованием золошлаковой смеси в качестве мелкого заполнителя.

Бетон на щебне из продуктов сжигания ТБО.

Бетон на золошлаковой смеси и кварцевом песке.

Мелкозернистый бетон на фракционированных золошлаковых смесях.

Бетон с применением золы-унос в качестве наполнителя.

Бетоны на заполнителях из продуктов сжигания ТБО отвечают нормативам по физико-механическим свойствам. Санитарно-гигиеническую оценку полученных материалов проводили по трем направлениям:

определение радиоактивности;

определение выщелачиваемости тяжелых металлов;

определение миграции летучих соединений.

Определение радиоактивности продуктов сжигания ТБО проводилось в радиологической лаборатории Одесской областной санэпидемстанции. Установлено, что суммарная удельная активность природных радионуклидов для продуктов сжигания ТБО Крымского, Киевского и Харьковского термических заводов не превышает нормативов [1] для строительных материалов первого класса ($A_{\text{сум}} \leq 370$ Бк/кг), а искусственные радионуклиды отсутствуют (табл. 1). Исследования проводились методами гамма-спектрометрии на АИ-1024 и на радиометре "БЕТА".

Величина суммарной удельной активности ($A_{\text{СУМ}}$) определялась как взвешенная сумма удельной активности радия-226 ($A_{\text{РА}}$), тория-232 ($A_{\text{Тн}}$) и калия-40 ($A_{\text{К}}$) по формуле:

$$A_{\text{СУМ}} = A_{\text{РА}} + 1,31 A_{\text{Тн}} + 0,085 A_{\text{К}} \quad (1)$$

где 1,31 и 0,085—взвешивающие коэффициенты тория-232 и калия-40 соответственно по отношению к радю-226.

Таблица 1

Результаты исследований на радиоактивность

Термический завод	Обнаруженная концентрация, Бк/кг				
	Цезий-137	Калий-40	Радий-226	Торий-232	$A_{\text{СУМ}}$
Крымский	9,3	96,2	99,9	66,6	195,3
Киевский	8,2	59,2	88,8	59,2	171,3
Харьковский	8,2	26,3	88,8	59,2	168,5

Таким образом, из табл. 1 видно, что величина радиоактивности ($A_{\text{СУМ}}$) не накладывает ограничений ни на количество продуктов сжигания ТБО в строительных материалах, ни на область применения материалов, изготовленных на их основе.

Исследования выщелачиваемости тяжелых металлов проводились в нейтральной среде из сырья (зола-унос, золошлаковая смесь, шлак, цемент, гипс, известняк-ракушечник) и строительных материалов (кирпич, гипсобетон, бетон), полученных с использованием продуктов сжигания Крымского термического завода. Применяемые образцы измельчались и отбиралась фракция, проходящая через сито 0,14 мм. Для кирпича исследовалась также фракция, проходящая через сито 20 мм. Образцы готовились при соотношении образец : вода – 1 : 25. В табл. 2 приведены средние результаты выщелачивания тяжелых металлов из сырьевых компонентов и строительных материалов на их основе.

Таблица 2

Выщелачиваемость тяжелых металлов из исследуемых образцов, %

Образец	Медь	Свинец	Цинк	Хром	Кадмий
Зола-унос	0,0049	0,0069	0,0022	0,016	0,00013
Золошлаковая смесь	0,0033	0,0033	0,0085	0,009	0,00026
Шлак	0,0024	0,0106	0,006	0,031	0,00034
Известняк-ракушечник	-	0,001	-	0,023	0,0015
Цемент	0,0011	0,0112	0,0009	0,014	0,0003
Кирпич, менее 0,14мм	0,0012	0,0072	0,00048	0,021	0,00085
Кирпич, более 20мм	0,00002	0,0003	0,00031	0,0005	0,00007
Гипсобетон	0,0021	0,0067	0,0005	0,017	0,0003
Бетон	0,0023	0,005	0,00032	0,018	0,00035

Следовательно, продукты сжигания ТБО, а также бетон, гипсобетон и кирпич, полученные на их основе, имеют выщелачиваемость тяжелых металлов, сопоставимую с выщелачиваемостью из традиционного строительного материала и сырья (известняк, цемент, гипс). Поэтому считаем, что этот показатель не накладывает ограничений на применение продуктов сжигания ТБО в производстве строительных материалов.

Определение летучих органических веществ, содержащихся в продуктах сжигания ТБО Крымского термического завода (табл. 3), проводилось в Киевском НИИОКГ РНГЦ методом масс-спектропии [2].

Таблица 3
Состав летучих органических веществ в продуктах сжигания ТБО, (%)

Компоненты	ПДК _{р.з.} , мг/м ³	Класс опасности	100% в смеси
Бензол	5,0	II	2,9
Толуол	50	II	9,6
Ксилол	50	III	11,2
Пропил-бензол	10	III	3,4
Метилстирол	5	III	2,8
Фенол	0,3	II	2,9
Крезол	22	III	5,3
Метанол	5	III	2,0
Ацетон	200	IV	8,1
Парафины	300	II	7,9
Олефины	0,4	II	17
Диены	15,6		отс.

В качестве гигиенических показателей для сравнения использовались максимально разовые предельно допустимые концентрации для рабочей зоны (ПДК_{р.з.}). Наибольшую опасность для окружающей среды могут представлять фенол и олефины, так как они имеют наименьшую ПДК из обнаруженных соединений.

Изучение состава газовой выделения из образцов бетонов В5 с использованием продуктов сжигания ТБО проводилось в Одесском экологическом центре "ХРОМАТОГРАФИСТ" газохроматографическим (ГХ) и фотоколориметрическим (ФЭК) методами (табл. 4).

В качестве гигиенических показателей использовались максимально разовые ПДК для атмосферного воздуха (ПДК_{а.в.м.р.}) и максимально разовые ПДК для рабочей зоны (ПДК_{р.з.м.р.}).

Из табл. 4 следует, что исследуемые образцы бетона выделяют в воздух ряд химических веществ, из которых только два вещества фенол и формальдегид превышает ПДК для атмосферного воздуха. Их концентрации выше допустимого уровня газовой выделения для строительных материалов, применяемых в жилищном строительстве. Однако, концентрации фенола и формальдегида в пробах примерно в два раза ниже допустимых для воздуха рабочей зоны.

Таблица 4

Химические вещества, выделяемые из образцов бетона

№	Наименование компонентов	ПДКа.в.м.р мг/м ³	ПДКр.з.м.р мг/м ³	Фактические концентрации и мг/м ³
1	Алифатические углеводороды			не обнаруж.
2	Ароматические углеводороды			не обнаруж.
3	Этанол	5,0	1000,0	2,0
4	Фенол	0,01	0,3	0,18
5	Формальдегид	0,035	0,5	0,22
6	Оксид углерода			не обнаруж.
7	Аммиак			не обнаруж.
8	Фтористый водород	0,02	0,5	0,012
9	Оксид азота	0,6	5,0	0,3
10	Диоксид азота	0,085	2,0	0,012

Выделение фенола и формальдегида исследовано из бетонов различных составов. Исследования проведены нами совместно с сотрудниками Украинского НИИ медицины транспорта.

В качестве заполнителей при изготовлении серии бетонных образцов использовались продукты сжигания ТБО разных заводов и фракций, песок речной, а в качестве вяжущего – цемент и гипс.

В образцах серии № 1 продукты сжигания предварительно промывались, в образцах серии № 2 вместо продуктов сжигания для сравнения использовался речной песок, в образцах серии № 3 использовались в качестве заполнителя продукты сжигания Киевского завода, фракция 1,25...2,5 мм. В образцах серии № 4 в качестве вяжущего использовался гипс, в образцах серии № 5 и № 6 использовались цемент и смесь продуктов сжигания в равных количествах Крымского и Киевского заводов, фракции 0...1,25 мм. Кроме того, для сравнения количества газовой выделений образцы серии № 6 оштукатуривались цементно-песчаным раствором. Состав образцов серии № 7 аналогичен образцам серии № 1 (продукты сжигания не промывались). Расход материалов для каждого состава приведен в табл. 5.

Таблица 5

Расход материалов на 1 м³ бетона, кг

Наименование материалов	№ серии образцов						
	1	2	3	4	5	6	7
Вода	220	340	750	930	350	350	350
Песок речной	700	1800	—	—	—	—	700
Цемент марки 300	400	600	750	—	350	350	400
Гипс	—	—	—	900	—	—	—
Щебень Крымского завода, промытый, фракции 5...20 мм	1150	—	—	—	—	—	—
Щебень Крымского завода, фракции 5...20 мм	—	—	—	—	—	—	1150
Золошлаковая смесь Киевского завода, фракции 1,25...2,5 мм	—	—	2750	2750	—	—	—
Смесь в равной пропорции золошлаковой смеси Крымского и Киевского заводов, фракции 0...1,25мм	—	—	—	—	1270	1270	—

Для всех образцов определяли выделения фенола и формальдегида (табл. 6).

Таблица 6

Результаты лабораторных исследований газовыделений из серий образцов бетонов

	Фенол			Формальдегид		
	ПДК _{а.в.м.р} мг/м ³	ПДК _{р.з.м.р} мг/м ³	Концентрация, мг/м ³	ПДК _{а.в.м.р} мг/м ³	ПДК _{р.з.м.р} мг/м ³	Концентрация, мг/м ³
1	0,01	0,3	0,006	-	-	не обнар.
2	0,01	0,3	0,007	-	-	не обнар.
3	0,01	0,3	0,008	-	-	не обнар.
4	0,01	0,3	0,007	0,035	0,5	0,012
5	-	-	не обнар.	0,035	0,5	0,051
6	0,01	0,3	0,019	-	-	не обнар.
7	0,01	0,3	0,005	-	-	не обнар.

Анализ табл. 6 показал, что газовыделение происходит из всех образцов, имеющих в составе продукты сжигания, а также, и из образцов, включающих только речной песок и цемент (серия № 2). Это объясняется тем, что в составе вяжущих также имеется ряд соединений способных к газовыделению.

Сравнивая образцы № 1 и № 7 можно судить, что промывка щебня на газовыделение из бетонов не влияет.

Выделение формальдегида из образцов № 1, 2, 3, 6, 7 не обнаружено, а концентрация фенола не превышает ПДК для атмосферного воздуха и в 40 раз ниже ПДК для рабочей зоны, за исключением образцов № 6.

Газовыделение в образцах № 1, 3, 4, 7 (с наличием в составе продуктов сжигания ТБО) аналогично образцам № 2 (на речном песке и цементе).

Содержание фенола в образцах № 6 превышает допустимый уровень ПДК для атмосферного воздуха в два раза. Это объясняется тем, что в них использовались продукты сжигания с размерами меньше 1,25 мм. Исходя из морфологического состава ТБО, содержание несгоревших органических частиц таких фракций выше, чем во фракциях более 1,25 мм.

Следовательно, на данном этапе исследований установлено, что фенол выделяется из бетона в концентрациях выше ПДК для атмосферного воздуха. Показатели наличия летучих органических веществ в продуктах сжигания бытовых отходов значительно уменьшаться при соблюдении режима сжигания ТБО и предварительной выдержке продуктов сжигания в отвалах перед их использованием. Кроме того, необходимы дополнительные исследования по каждому заводу с целью более полного изучения качественного и количественного состава летучих органических веществ.

Заполнители из продуктов сжигания ТБО не рекомендуется использовать для строительных материалов применяемых в жилищном строительстве. Рекомендуемая область применения для тяжелых и легких бетонов, применяемых в промышленном и сельскохозяйственном строительстве при строительстве помещений вспомогательного назначения (с кратковременным пребыванием людей) типа складских помещений, гаражей, котельных, бойлерных, трансформаторных подстанций, и т.п., а также изделий для обустройства территорий и фундаментов.

Литература

1. ДБН В.1.4-0.01-97, ДБН В.1.4-0.02-97, ДБН В.1.4-0.03-97, ДБН В.1.4-0.04-97 Система норм і правил зниження рівня іонізуючих випромінювань природних радіонуклідів. 2. Жудина В.И., Майстренко О.Ф. Оценка влияния отвалов продуктов сжигания твердых бытовых отходов на окружающую среду. // Сб. науч. ст. ОЦНТЭИ – Одесса: 1999. – С. 117 – 119.