

УДК 543.22+66.011.001.57

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО И ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА ЦЕМЕНТНОЙ ПЫЛИ

**Э.Б. ХОБОТОВА.,** докт. хим. наук, **М.И. УХАНЁВА**

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

---

Исследован дисперсный и химический состав пыли цементного производства. Проанализировано распределение тяжёлых металлов по фракциям пылевых частиц, установлены основные источники обогащения пыли тяжёлыми металлами. Результаты работы могут быть использованы для разработки мероприятий по устранению негативного воздействия цементной пыли на организм человека.

---

Цементное производство является одним из важных источников выбросов в атмосферу загрязняющих веществ, включая мышьяк и тяжёлые металлы (ТМ). На цементное производство приходится до 15 % загрязнений атмосферного воздуха ртутью [1]. Помимо ртути в атмосферу поступают Cd, Pb, Zn, Ni, Cu, Cr [2–4]. Присутствие в атмосферных выбросах ТМ обусловлено использованием в технологическом процессе пиритных огарков, доменных, металлургических шлаков, зол и нефелинового шлама. Основными источниками пыли являются вращающиеся печи обжига, мельницы помола клинкера, аппараты дробления исходных материалов, процессы упаковки и погрузки цемента. С газами, выходящими из печи обжига, поступает 70–80 % всей пыли цементного произ-

вых частицах, а также анализ химического состава пылевых выбросов цементного производства. Решение этих задач связано с оценкой влияния цементного производства на экологическую ситуацию в регионе предприятия «Балцем» Харьковской области.

Дисперсный состав цементной пыли определялся методом электронной микроскопии, а химический состав – методами атомно-абсорбционной спектрофотометрии и рентгенофазового анализа.

Экспериментальные результаты по определению дисперсного состава цементной пыли, улавливаемой в различных точках отбора: бункер электрофильтра, газопровод после электрофильтра, дымосос и бункер циклона, представлены в таблице 1.

**Таблица 1.**

Дисперсный состав пыли цементного производства, мкм

Технологическая стадия	$D_{50}^*$ , % по массе							
	< 0,5	0,5-0,8	0,8-1,7	1,7-2,6	2,6-3,4	3,4-4,9	4,9-7,1	> 7,1
Обжиг сырьевой смеси	2,6	5,7	21,2	15,4	15,8	12,1	11,9	15,3
Помол клинкера	0,5	3,5	0,5	2,7	27,1	7,0	7,8	50,9

$D_{50}$  – эквивалентный аэродинамический диаметр.

водства. Параметры воздушного переноса ТМ во многом обусловлены дисперсным составом выбросов и распределением металлов по размерам частиц. В то же время данные вопросы изучены мало.

Работа выполнена в рамках государственной программы охраны окружающей среды – 4-ое направление научно-исследовательских работ Министерства образования и науки Украины.

Целью работы являлось исследование корреляции между дисперсностью пыли и содержанием ТМ в пыле-

Показано, что пыль технологической стадии обжига сырьевой смеси на 55 % массы состоит из частиц, имеющих размер менее 2,6 мкм (рис. 1А). На стадии помола клинкера частицы диаметром более 7,1 мкм составляют 50 % (рис. 1Б). Это свидетельствует о недостаточно эффективной работе газоочистного оборудования, так как пробы пыли отбирались в газоходе после фильтра.

Пыль из вышеуказанных точек отбора представляет однородную высокодисперсную систему. Фракция пыли, уловленная электрофильтром, отличается большой од-

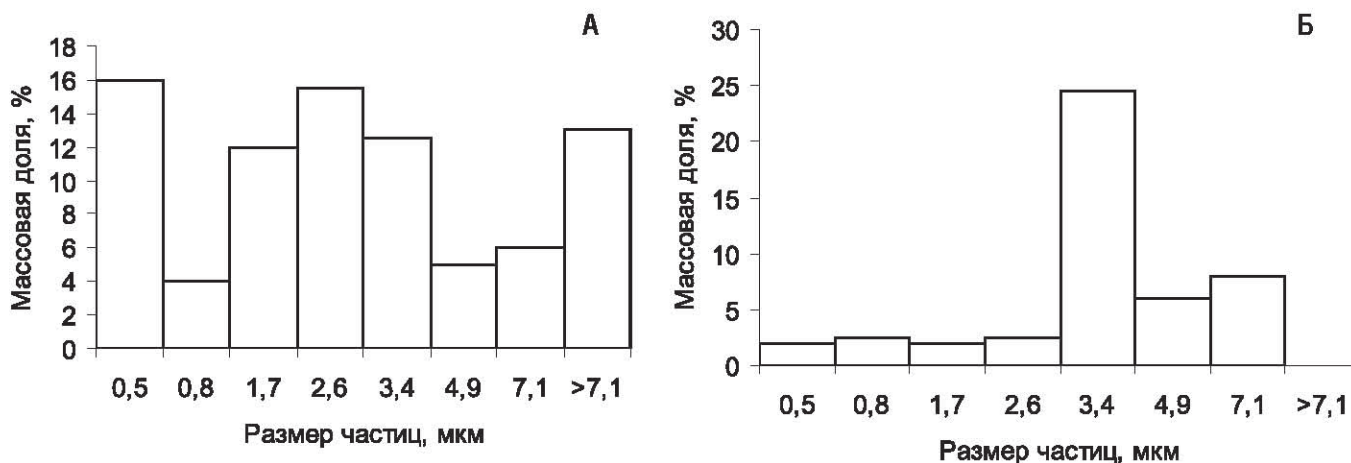


Рисунок 1. Средний дисперсный состав пыли: А – пыль обжига сырьевой смеси; Б – пыль помола клинкера

нородностью: на 90 % она представлена частицами диаметром менее 10 мкм (рис. 2). После электрофилтра повышается доля мелких частиц. Пыль из дымососа, практически являющаяся пылью, выбрасываемой в атмосферу, на 80-86 % представлена частицами размером менее 2,5 мкм. На стадии помола образуется полидисперсная пыль, на долю частиц размером около 10 мкм приходится более 50 % массы.

Методом электронной микроскопии показано, что цементная пыль представлена частицами разной формы с преобладанием продолговатых частиц. В низкодисперсных фракциях имеются как отдельные частицы, так и агрегаты различной формы и плотности – рыхлые и уплотнённые, сферические и пластинчатые. Размер крупных частиц может достигать 50-100 мкм и более.

Химический состав пыли был определён методами атомно-абсорбционной спектрофотометрии и рентгенофазового анализа. Основными компонентами пыли являются оксиды: CaO, SiO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O. Для пыли помола клинкера в отличие от пыли печей обжига характерно повышенное содержание CaO и SiO<sub>2</sub> и резкое снижение содержания Na<sub>2</sub>O и K<sub>2</sub>O. Экспериментальные данные, приведенные в таблице 2, отображают химический состав пыли стадии обжига сырьевой смеси цементного производства.

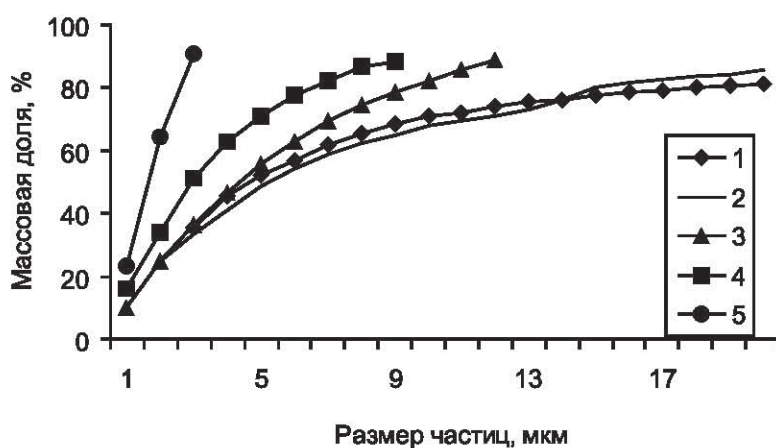


Рисунок 2. Сравнение дисперсного состава пыли стадии обжига сырьевой смеси: 1 – перед циклоном; 2 – из циклона; 3 – перед электрофилтром; 4 – после электрофилтра; 5 – из дымососа

Определено достаточно высокое содержание ТМ при значительной вариации их концентраций, мг·кг<sup>-1</sup>: Cd – 0,75-420; Pb – 20-4280; Zn – 180-2460; Cr – 10-190. Можно предположить, что колебания концентраций ТМ связаны с изменением состава добавок шлаков или пиритных огарков, либо с изменением режима работы печей, условий осаждения в системе очистки и другими факторами. Показано, что пробы пыли после очистки обогащены ТМ, в первую очередь Zn, Pb, и Cd. Содержание Hg на низком уровне. Данные таблицы 3 дают представление о содержании ТМ в пыли, уловленной на разных технологических стадиях.

Таблица 2.

Химический состав пыли стадии обжига сырьевой смеси, %

Место отбора	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	K <sub>2</sub> O
До очистки	–	48,1	28,0	6,4	–	4,1
Бункер электрофилтра	2,0	46,2	16,2	2,5	–	5,8
Газоход после электрофилтра	1,1	49,3	8,2	2,5	–	–
Дымосос	< 1	49,7	8,6	2,2	4,5	< 1

Таблица 3.

Содержание As и ТМ в цементной пыли, мг·кг<sup>-1</sup>

Стадия очистки	ЭЛЕМЕНТ						
	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Обжиг сырьевой смеси							
Без очистки	29	51	10	58	4,5	500	209
Электрофильтр	20	94	34	62	5,9	1690	390
Помол клинкера							
Рукавный фильтр	–	0,72	–	70	15	7,8	254

Коэффициент обогащения высокодисперсной фракции по отношению к низкодисперсной равен для Cd – 6,2; Pb – 10,6; Cu – 3,8. Таким образом, выявлено наибольшее обогащение мелких частиц пыли свинцом и кадмием. Экспериментальные данные приведены в таблице 4.

Таблица 4.

Распределение ТМ по размерам пылевых частиц

РАЗМЕР ЧАСТИЦ, МКМ	СОДЕРЖАНИЕ ТМ, МГ·КГ <sup>-1</sup>		
	Cd	Pb	Cu
< 2,5	290	8700	540
2,5-5,0	62	870	180
>5,0	53	760	110

В ходе работы были получены следующие экспериментальные результаты и сделаны выводы:

- установлены изменения дисперсного состава пыли при прохождении газозоудушного тракта;
- выявлено высокое содержание ряда ТМ в пыли цементного производства;
- установлено, что основным источником обогащения пыли тяжёлыми металлами являются минерально-сырьевые добавки;

- показано концентрирование тяжёлых металлов Cd, Pb и Zn в выбрасываемой в атмосферу пыли и выявлено обогащение высокодисперсных фракций пыли Cd и Pb.

В целом результаты работы могут быть использованы для обеспечения экологического моделирования переноса и выпадения соединений тяжёлых металлов и для разработки природоохранных мероприятий.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Паус К. Ф., Дуров В. В., Ломаченко В. А. и др. Определение ртути в цементе // Цемент. – 1990. – № 12. – С. 17 – 18.
2. Коугия М. В. Цементное производство и тяжёлые металлы // Цемент. – 1997. – № 3. – С. 30 – 33.
3. Коугия М. В., Беляева В. И. Редкие элементы в материалах цементного производства // Цемент. – 1996. – № 1. – С. 23 – 24.
4. Колбасов В. М., Леонов И. И., Сулименко Л. М. Технология вяжущих материалов. – М.: Стройиздат, 1987. – 432 с.