



УДК: 614.7:66-935.4

Т.Г. ИВАЩЕНКО, председатель правления, **В.Н. ФИЛИН**, к.т.н., старший научный сотрудник, заместитель директора ООО «Экология-Днепр 2004», г. Днепродзержинск

А.А. ШЕВЧЕНКО, к.м.н., доцент, руководитель центра

Днепропетровская государственная медицинская академия, г. Днепропетровск

ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ КЛИНКЕРА ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

Изучено содержание тяжелых и токсичных летучих металлов в отходах металлургического производства (пыль поля электрофильтров мартеновских печей, колошниковая пыль и конвертерный шлак). При использовании этих отходов в качестве железосодержащей добавки к клинкерной шихте цементного производства наиболее приемлемым с эколого-гигиенической точки зрения, является конвертерный шлак.

пыль, тяжелые металлы, конвертерный шлак, утилизация, цементная промышленность

Производство цемента является одним из источников загрязнения атмосферного воздуха. Основные технологические операции этого производства – помол и спекание сырья в печи для производства клинкера – сопровождаются пылегазовыми выбросами, большая часть которых представляет собой твердые частицы сложного химического состава размером 1–5 мкм. Как видно из данных табл. 1, объем образующихся при производстве цемента загрязнений уступает лишь объему

выброса пыли при сжигании каменного угля на тепловых электростанциях [1].

Сложный химический состав цементной пыли, который образуется в процессе спекания компонентов клинкерной шихты, содержащей в необходимом соотношении оксиды кальция, кремния, алюминия и железа, оказывает вредное воздействие на работающих и население в зоне расположения цементных заводов. Кроме того, даже на значительном расстоянии от них (30–40 км)

Таблица 1 – Выброс пыли при различных технологических процессах

Технологические процессы	Выброс пыли, млн т/год
Сжигание каменного угля	93,600
Производство цемента	53,370
Выплавка чугуна	20,210
Выплавка меди (без очистки)	6,230
Выплавка цинка	0,180
Выплавка олова (без очистки)	0,004
Выплавка свинца	0,130

почва, водоемы, растения загрязнены свинцом и марганцем, что позволяет говорить о формировании техногенных аномалий этих металлов [2]. На цементных заводах осуществляется мониторинг содержания токсичных и тяжелых металлов в пыли, таких как Hg, Cd, Tl, As, Co, Ni, Pb, Cr, Mn, V, Cu, Sn. В Украине систематический анализ цементной пыли на содержание тяжелых металлов не проводится, что связано с преимущественным использованием в качестве топлива природного газа.

В современных условиях, когда в стране растет спрос на строительные материалы, в том числе и цемент, весьма существенным для производителя является снижение себестоимости цемента за счет замены дорогостоящего природного сырья более дешевым. Например, использование доменного шлака в качестве компонента клинкерного сырья вместо природного известняка на Днепродзержинском цементном заводе уменьшает выброс диоксида углерода в атмосферу города на 52,4 тыс. т/год [3].

Рециклинг – повторное использование отходов – приводит к сокращению потребления природных материалов и утилизации самих отходов [4]. На Днепродзержинском цементном заводе, входящем в концерн «HeidelbergCement» (Германия), доля отходов в производстве продукции (преимущественно цемента марок ШПЦ III/A-400 и ПЦ II/Б-Ш-400) в 2003 году составила 92,2 %, тогда как природных сырьевых материалов – только 7,8 % [3].

Известно, что для получения высококачественного клинкера в исходной клинкерной шихте необходимо строго выдерживать определенное соотношение оксидов кальция, кремния, алюминия и железа. В качестве железосодержащей сырьевой добавки используют различные железосодержащие отходы – пыли и шлаки металлургического производства. В 2005 году в Днепропетровской области таких отходов образовалось более 1 млн т/год, в т.ч. около 217 тыс. т колошниковой пыли, 110 тыс. т окалины, 730 тыс. т железосодержащего шлама пылегазоочистных установок [5]. С одной стороны, несомненно, что повторное использование отходов в производстве экономически выгодно. С другой стороны, использование отходов в строительных технологиях должно гарантировать

стабильность и безопасность технологического процесса и готовой продукции, сохранение окружающей среды, а готовый продукт должен соответствовать требованиям нормативных документов в той же степени, что и полученный из естественных материалов [6]. Наиболее значимыми гигиеническими проблемами, возникающими при рециклинге отходов в производстве, являются следующие: защита организма работающих при контакте с опасными компонентами отходов, предотвращение распространения опасных компонентов отходов в окружающую среду, обеспечение приемлемых эколого-гигиенических характеристик готовой продукции.

Цель данных исследований – сравнительная эколого-гигиеническая оценка некоторых железосодержащих добавок, используемых в качестве компонента клинкерной шихты в цементном производстве.

Для сравнительного анализа были изучены пробы железосодержащих отходов различных предприятий – пыли после электрофильтров мартеновского производства, колошниковой пыли и шлаков конвертерного производства стали – на содержание в них опасных компонентов (тяжелых металлов). Анализы выполнялись методом атомно-абсорбционной плазменной спектроскопии [7].

В результате проведенных исследований установлено, что мелкодисперсная пыль, улавливаемая в электрофильтрах после мартеновских печей, содержит в своем составе большое количество опасных металлов, металлоидов и их соединений, которые к тому же обладают высокой летучестью. В табл. 2 представлены результаты анализа содержания тяжелых металлов в образцах пыли электрофильтров мартеновского производства стали с учетом норм ПДК по ГСанПиН 2.2.7.029-99.

Таблица 2 – Содержание тяжелых металлов в пробах пыли электрофильтров мартеновского производства стали

Тяжелый металл	Концентрация, мг/кг			
	Подвижная форма при 25 °С		Валовая форма	
	пыль	ПДК в почве	пыль	ПДК в почве
Свинец (Pb)	<0,1	–	133,3	32,0
Кадмий (Cd)	457,0	–	1400	–
Цинк (Zn)	8000	23,0	33 600	–
Марганец (Mn)	4700	–	80 000	1500
Медь (Cu)	20,0	3,0	2700	–
Хром (Cr)	<0,1	6,0	67,0	80,0
Никель (Ni)	14,6	4,0	122,0	–

Колошниковая пыль содержит в своем составе около 50 % FeO + Fe₂O₃, а также вредные примеси, частично



переходящие в клинкер и большей частью – в атмосферу, в т.ч. (% масс.): SO_3 – 0,6–1,4; P_2O_5 – 0,07–0,09; Cl^- – 0,05–0,07. Анализ колошниковой пыли ОАО «Днепропетровский меткомбинат им. Дзержинского» (г. Днепродзержинск) на содержание тяжелых металлов, выполненный в Технологическом центре концерна «HeidelbergCement», представлен в табл. 3.

Таблица 3 – Содержание тяжелых металлов в пробах колошниковой пыли

Тяжелый металл	Концентрация, мг/кг	
	Пыль	ПДК в почве
Цинк (Zn)	2680	23,0*
Свинец (Pb)	<2,7	32,0**
Кадмий (Cd)	2,1	–
Марганец (Mn)	1880	1000**
Медь (Cu)	17,9	3,0*
Хром (Cr)	16,1	6,0*
Никель (Ni)	5,5	4,0*
Мышьяк (As)	14,8	10,0**
Ртуть (Hg)	<0,01	2,1**
Стронций (Sr)	97,1	–
Таллий (Tl)	0,9	–
Бериллий (Be)	0,78	–

* – подвижная форма; ** – валовая форма.

В табл. 4 приведены данные по содержанию тяжелых металлов в конечном шлаке конвертерного производства стали ШКМА (ТУУ 27.1-30299063-006-2002). Анализ образца шлака ШКМА, полученного на ОАО «Днепропетровский меткомбинат им. Дзержинского», выполнен Приднепровским региональным центром по вопросам токсиколого-гигиенической и медико-биологической оценки промышленных отходов (г. Днепрпетровск).

Таблица 4 – Содержание тяжелых металлов в шлаке кислородно-конвертерного производства стали

Тяжелый металл	Концентрация, мг/кг			
	Подвижная форма при 25 °С		Валовая форма	
	ШКМА	ПДК в почве	ШКМА	ПДК в почве
Свинец (Pb)	<0,1	–	< 0,1	32,0
Кадмий (Cd)	<0,1	–	1,3	–
Цинк (Zn)	<0,1	23,0	18,8	–
Марганец (Mn)	<0,1	–	10 000	1500
Медь (Cu)	<0,1	3,0	4,0	–
Хром (Cr)	<0,1	6,0	143,6	80,0
Никель (Ni)	<0,1	4,0	14,0	–

При анализе полученных результатов учитывалось то обстоятельство, что температура в зоне спекания клинкера цементного производства 1450 °С приводит к

уносу летучих металлов, их соединений с отходящими газами в электрофильтр и частично к выбросу в атмосферу. С учетом анализа данных таблиц 2–4 сделан вывод, что использование пыли после электрофильтров мартеповского производства в качестве железосодержащей добавки к клинкерной шихте нежелательно из-за высокого содержания в ней таких токсичных и летучих металлов, как свинец, кадмий и цинк.

В колошниковой пыли негативным фактором является высокая концентрация цинка. Эта же причина препятствует использованию в цементном производстве доменных и сталеплавильных шламов (содержание цинка в конвертерных шлаках – 1 %, в остальных – 0,4–0,6 %). Все эти отходы желательно подвергать процедуре обесцинкования.

Необходимо учитывать, что менее летучие металлы (марганец и др.) и их соединения, как правило, необратимо связываются с компонентами шихты в процессе спекания и входят в состав товарного клинкера.

Таким образом, из представленных железосодержащих добавок к клинкерной шихте цементного производства, с эколого-гигиенической точки зрения, наиболее приемлем конвертерный шлак. Кроме того, он содержит до 50 % CaO , что позволяет частично заменить им в шихте более дорогой известняк и снизить себестоимость клинкера.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Миллер, Т. Жизнь в окружающей среде [Текст] : [пер. с англ.] / Т. Миллер; под ред. Г.А. Ягодина. Москва : «Прогресс», «Пангея», 1996. – ч. III – С. 182–193.
2. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I–IV групп [Текст] : справ. изд. / под ред. В.А. Филова [и др.] – Л. : Химия, 1988. – С. 111–124.
3. Филин, В.Н. Экологические аспекты использования отходов и побочных продуктов промышленности на ОАО «Днепроцемент» [Текст] / В.Н. Филин, И.В. Бугай // Сб. материалов V науч.-практ. конф. «Переработка энергоресурсных отходов. Экологические, экономические и медицинские аспекты, 1–5 марта 2004 г., Свалявский р-н. – Киев : О-во «Знание» Украины», 2004. – 32–34 с.
4. Богоявленский, Р.Г. Мировые тенденции в области современных технологий утилизации твердых промышленных и бытовых отходов [Текст] / Р.Г. Богоявленский, В.А. Рыжов. М. : ЭКОС. – 2000. – Т. 1. – № 8–12. – С. 42–51.
5. Переметчик, Н.Н. Стратегия управления экологическими процессами промышленного города в контексте устойчивого развития [Текст] / Н.Н. Переметчик // Экополис. – 2005–2006. – № 1. – С. 3–6.

6. **Арбузова, Т.Б.** Стройматериалы из промышленных отходов [Текст] / Т.Б. Арбузов, В.А. Шабанов, С.Ф. Коренькова, Н.Г. Чумаченко – Самара : Самарское книжное издательство, 1993. – С. 96.

Вивчено відходи металургії (пил електрофільтрів мартенівського виробництва, колошниковий пил, конвертерний шлак) на вміст важких і токсичних металів. Доведено, що конвертерний шлак з еколого-гігієнічних позицій є найбільш прийнятною залізовмісною добавкою до клінкерної шихти.

7. **Симонова, В.И.** Атомно-абсорбционные методы определения элементов в породах и минералах [Текст] / В.И. Симонова – Новосибирск : Наука, 1986.

Поступила в редакцию 16.07.07

Blast furnace dust, dust of electrostatic precipitators of open-hearth steel shops and converter slag have been tested in laboratory. The results of tests concerning the containing of heavy and toxic metals in dust have shown that converter slag is the most ecologically clean addition to clinker batch for manufacturing products (of cement) that contains the iron.