

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ В СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Макарова Е.И.

ПГУПС, Санкт-Петербург, lenmak75@mail.ru

Среди актуальных проблем защиты и сохранения биосферы проблема загрязнения окружающей среды отходами занимает особо важное место. В промышленной индустрии ежегодно скапливаются в огромном объеме разнообразные отходы. Предприятия тратят миллионы на их вывоз и захоронение, а ведь содержание полезных элементов, в этих отходах подчас выше, чем в природных ресурсах.

Преобладание на территории России предприятий цветной металлургии, химических, нефте- и лесохимических производств привело к катастрофическому загрязнению окружающей среды. Особенно остро экологические проблемы проявляются в городах, перенасыщенных промышленными предприятиями, где значительное загрязнение окружающей среды происходит в результате деятельности металлургических производств. Предотвратить загрязнение практически невозможно из-за специфики высокотемпературной технологии восстановления руд.

Таким образом, в условиях сложившейся экологической ситуации в России крайне необходим ресурсосберегающий и экологически обоснованный подход к организации промышленного производства. При этом наиболее рациональна такая организация промышленных комплексов, при которой отходы одного производства являются сырьем для другого.

Образование отхода производства кристаллического кремния. При производстве кристаллического кремния в процессе выплавки металла образуются в больших количествах газообразные вещества и пылевидные отходы. Источниками последних являются частицы загружаемого сырья и продукты плавки, а также продукты реакций, происходящих в высокотемпературной зоне. Ежегодно выход данного отхода, по данным Н.А. Лоховой (Обжиговые..., 2002.) на одном только Братском алюминиевом заводе достигает 32 тыс. т.

Мельчайшие пылевидные частицы, являющиеся отходом производства кремния и представляют собой конденсаты паров кремния (монооксида кремния), состоят из глобул, средний диаметр которых 0,1 - 0,2 мкм, являются аморфными и характеризуются высоким содержанием SiO₂ (от 84 до 98%).

Цвет пыли может варьироваться от светло-серого до черного, что, зависит от содержания углерода и железа.

В работе рассматривается пылевидный отход, отобранный на Братском алюминиевом заводе, данные химического анализа, которого приведены в таблице 1.

Таблица 1. Химический анализ отхода

Содержание соединений, масс. %							
SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O+K ₂ O	Al ₂ O ₃	SO ₂	SiC
90,0-94,0	1-3	0,7-1,4	0,2-0,4	0,1-0,5	0,7-1,5	до 0,09	до 3

Физико-технические характеристики отхода производства кристаллического кремния представлены в таблице 2.

Таблица 2. Физико-технические характеристики отхода

Насыпная плотность, кг/м ³	Истинная плотность, кг/м ³	Удельная поверхность, м ² /г	Влажность, %	pH
150 - 380	200 - 2180	25 - 35	2 - 3	5 - 7

Образование отходов от сжигания топлива. Ежегодно на Иркутской ТЭС-7 г. Братска от сжигания углей Ирша-Бородинского месторождения образуется до 24 тыс. т. золы-унос. В отвалах предприятия накоплено более 800 тыс. т зольных отходов, химический анализ которых приведен в табл. 3. Следует отметить, что зола-унос является отходом от сжигания топлива, который выносится дымовыми газами из топки котла и улавливается золоуловителями.

Таблица 3. Химический состав (масс. %) золы-унос от сжигания углей Ирша-Бородинского месторождения

SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃
40,0-55,0	6,0-14,0	4,0-10,0	20,0-35,0	3,0-6,0	0,3-1,5	0,2-0,5	0,9-5,0

Физико-технические характеристики золы-унос представлены в табл. 4

Таблица 4. Физико-технические характеристики отхода

Насыпная плотность, кг/м ³	Истинная плотность, кг/м ³	Удельная поверхность, см ² /г	Остаток на сите № 0,08 %	pH
820 - 980	2920	3900 - 4300	2 - 3	10,5

Использование отходов при получении фосфатных материалов. Для современного уровня развития характерен поиск технологий безопасной утилизации, которые содержали бы фундаментальные единые основы. Такой фундаментальной основой может быть учет изменения энергии систем при осуществлении в них самопроизвольных химических процессов. Особенностью предлагаемого подхода является использование внутренней энергии веществ в обеспечении безопасной утилизации отходов.

На кафедре «Инженерная химия и естествознание» Петербургского Государственного Университета Путей Сообщения предложено использовать отход производства кристаллического кремния и золу-унос при производстве безобжиговых фосфатных материалов, которые получают самопроизвольным взаимодействием тонко измельченных оксидов 3d-металлов, алюмосиликатов или гидроксидов алюминия с фосфорной кислотой, в том числе технической (Рояк С.М., Специальные цементы. 1983; Сычев М.М. Твердение вяжущих веществ. 1974).

В результате реакций 1 - 4 (табл. 5) образуются нерастворимые соединения, способные блокировать отходы в каменной глыбе (Л.Б. Сватовская Новые комплексные технологии защиты окружающей среды на транспорте. 2005; Макарова О.Ю. Фосфатные материалы для строительства и отделки на основе алюминий- и железосодержащего сырья. 1999).

Таблица 5. Примеры изменения термодинамических функций в некоторых процессах обезвреживания отходов

Процесс	ΔH_{298} , кДж/моль	ΔG_{298} , кДж/моль
1. $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O + 6 H_3PO_4 = 2(SiO_2 \cdot 2H_2O) + 2 Al(H_2PO_4)_3 + H_2O$	-417,5	-86,7
2. $FeO + 2/3 H_3PO_4 + 1/3 H_2O = 1/3 Fe_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$	-394,1	-236,9
3. $ZnO + 2/3 H_3PO_4 + 1/3 H_2O = 1/3 Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$	-332,2	-184,4
4. $CuO + 2/3 H_3PO_4 = 1/3 Cu_3(PO_4)_2 \cdot 3H_2O$	-678,3	-484,8

Исследования показали, что при получении фосфатных материалов может быть использовано до 30 % отхода производства кристаллического кремния и до 30 % золы-унос (табл.6 и 7).

Анализ результатов показал, что при замене 15 % песка в фосфатном материале на отход кристаллического кремния прочность материала повышается до 10 МПа, при полной замене песка прочность повышается до 13 МПа, что является выше, чем у контрольного образца (7,4 МПа).

При введении в состав фосфатного материала до 15 % золы-унос, прочность повышается до 10,0 МПа, полная замена песка на золу-унос повышает прочность материала до 8,5 МПа.

Рост требований к надежности строительных материалов тесно связан с необходимостью их полной безопасности для здоровья человека тем более, если в качестве сырья используются отходы различных производств. В связи с этим проведен анализ водных вытяжек полученных материалов. Исследования показали, что полученный фосфатный материал является экологически безопасным, так как водные вытяжки не содержат токсичных веществ.

Таблица 6. Физико-механические показатели материала, содержащего отход производства кристаллического кремния

Состав сухой части, %				Ж/Т	Прочность материала при сжатии на 28 сутки, МПа
Глина	Песок	FeO	отход производства кристаллического кремния		
70	30	15	-	0,3	7,4
70	15	15	15	0,3	10,0
70	0	15	30	0,3	13,0
60	20	15	20	0,3	8,6

Таблица 7. Физико-механические показатели материала, содержащего золу-унос

Состав сухой части, %				Ж/Т	Прочность материала при сжатии на 28 сутки, МПа
Глина	Песок	FeO	Зола-унос		
70	30	15	0	0,3	7,4
70	15	15	15	0,3	6,2
70	0	15	30	0,3	8,50

Предотвращенный экологический ущерб. Определение величины предотвращенного экологического ущерба окружающей природе в результате недопущения к размещению 1 тонны отходов *i*-го класса опасности в результате осуществления *n*-го направления природоохранной деятельности определялся по формулам:

$$Y^{omx} np_1 = Y^{omx} y \partial_r \cdot \sum_{ki} M_{ir} \cdot K^{\circ}_i \quad (1)$$

$$Y^{omx} np_2 = Y^{omx} y \partial_r \cdot \sum_i \Delta M_i \cdot K^{\circ}_i \quad (2)$$

где Уотхудг – показатель удельного ущерба окружающей природной среде *r*-го региона в результате размещения 1 тонны отходов IV класса опасности, руб./т (Уотхудг = 248,4 руб./т в ценах 2003 года);

$Y^{omx} np_1$ – предотвращенный экологический ущерб в результате недопущения к размещению 1 тонны отходов *i*-го класса опасности от *k*-го объекта за счет их использования, обезвреживания либо передачи другим предприятиям для последующего использования, обезвреживания, тыс. руб.;

M_{ir} – объем отходов *i*-го класса опасности от *k*-го объекта за счет их использования, обезвреживания либо передачи другим предприятиям для последующего использования, или обезвреживания, тонн;

$Y^{omx} np_2$ – предотвращенный ущерб в результате ликвидации ранее размещенных отходов *i*-го класса опасности за счет их вовлечения в хозяйственный оборот, тыс. рублей;

ΔM_i – снижение объемов размещения отходов за счет вовлечения их в хозяйственный оборот в результате осуществления соответствующего направления природоохранной деятельности, тонн;

K°_i – коэффициент, учитывающий класс опасности *i*-го химического вещества, не допущенного (предотвращенного) к попаданию в почву, либо ликвидированного имеющего загрязнение в результате осуществления соответствующего направления природоохранной деятельности.

Для оценки величины предотвращенного экологического ущерба окружающей среде в результате недопущения к размещению 1 тонны либо ликвидации размещенных ранее отходов i-го класса опасности в результате использования их в качестве добавки для производства фосфатных материалов объем отходов принят равным 56 тыс. т.

Величина предотвращенного экологического ущерба окружающей природной среде в результате недопущения к размещению 56 000 т отходов 4 класса опасности составит:

$$56\,000 \cdot 248,4 = 13910400 \text{ рублей} = 13,9 \text{ млн. рублей}$$

Заключение. Таким образом, утилизация отходов производства кристаллического кремния Братского алюминиевого завода и золы-унос от сжигания углей Ирша-Бородинского месторождения при производстве фосфатных материалов снижает экологический ущерб на 13,9 млн. рублей.

Полученные материалы могут служить для футеровки башен и резервуаров на химических производствах, для устройства полов в цехах с агрессивными средами. Материалы не разрушаются водой и могут применяться в качестве защитных слоев (футеровок) по железобетону и металлу. Кроме того, возможно применение при производстве декоративных изделий. На фосфатный материал разработаны технические условия и технологический регламент.

ЛИТЕРАТУРА

Н.А. Лохова, И.А. Макарова, С.В. Патраманская Обжиговые материалы на основе микрокремнезема. – Братск: БрГТУ, 2002. – 163 с.

Макарова О.Ю. Фосфатные материалы для строительства и отделки на основе алюминий- и железосодержащего сырья: Автореф. дис. ... канд. техн. наук / Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 1999. – 24 с.

Рояк С.М., Рояк Г.С. Специальные цементы: Учеб. пособие для вузов. – М.: Стройиздат, 1983. – 279 с.

Л.Б. Сватовская, Н.И. Якимова, Е. И. Макарова Новые комплексные технологии защиты окружающей среды на транспорте. Санкт-Петербург, ПГУПС, 2005г.

Сычев М.М. Твердение вяжущих веществ. – М.: Стройиздат, 1974. – 56 с.

Е.И. Макарова, М. Абу-Хасан, Е.В. Бенза, М.В. Шершнева, М.С. Старинец. Идея блокирования нефтесодержащих загрязнений в строительные материалы с учетом основных термодинамических показателей. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.Ф. Блинохватова «Образование, наука, медицина: эколого-экономический аспект». – Пенза: РИО ПГСХА, 2005. С. 127 -128.

УЧЕТ ИЗМЕНЧИВОСТИ ЛАНДШАФТНЫХ УСЛОВИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПОИСКОВО–ГЕОХИМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Макарова Ю.В.

ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург, Yuliya_Makarova@vsegei.ru

Традиционные способы обработки поисково-геохимических данных, рекомендуемые «Инструкцией по геохимическим методам поисков рудных месторождений» (1983 г.) и многими другими руководствами, дос-