

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ СИБИРИ

Макарова Е.И., Абу-Хасан Махмуд, Старинец М.С., Бенза Е.В.

Петербургский Государственный Университет Путей Сообщения кафедра  
«Инженерная химия и естествознания», г. Санкт-Петербург  
lenmak75 @ mail.ru

На сегодняшний день состояние промышленности таково, что только 2% потребляемых природных ресурсов превращается в конечную продукцию, все остальное переходит в отходы. На территории России накоплено более 80 млрд. т отходов.

Сибирь в настоящее время дает большую часть всех производимых в России энергоресурсов: 67% нефти, 92% газа, 64% угля, 29% электроэнергии. Эксплуатация природных богатств региона породила ряд достаточно острых проблем.

Преобладание предприятий цветной металлургии, химических, нефте- и лесохимических производств привело к катастрофическому загрязнению окружающей среды. Особенно остро экологические проблемы проявляются в городах, перенасыщенных промышленными предприятиями (Новокузнецк, Братск, Красноярск, Челябинск и др.), где значительное загрязнение окружающей среды происходит в результате деятельности металлургических производств. Из-за специфики высокотемпературной технологии восстановления руд (1500...2000 °С) предотвратить загрязнение практически невозможно. Например, при производстве ферросилиция и 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.

Согласно [1] несмотря на различия в химическом составе, цвете и содержании углерода, мельчайшие пылевидные частицы, являющиеся отходами производства кремния и ферросилиция, обладают некоторыми общими свойствами:

- представляют собой конденсаты паров кремния (монооксида кремния);
- преимущественно состоят из глобул, средний диаметр которых составляет 0,1...0,2 мкм (в 100 раз меньше размера частиц цемента);
- являются аморфными;
- характеризуются высоким содержанием SiO<sub>2</sub> (84-98%).

Цвет пыли варьируется в основном от светло-серого до почти черного, что, в основном, зависит от содержания углерода и в меньшей степени – от наличия железа.

В работе предложен способ утилизации пылевидного отхода Братского алюминиевого завода химический анализ, которого представлен в таблице 1.

Таблица 1.

## Химический анализ отхода

Содержание соединений, масс.%							
SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	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

Второй актуальной проблемой являются отходы предприятий цветной металлургии и топливно-энергетического комплекса. По данным Иркутскоблкомприроды ежегодно в отвалы добавляется свыше 3 млн. тонн золошлаков, а используется в качестве вторичного сырья всего 6-8% от этой массы.

Зола-унос является отходом от сжигания топлива, который выносится дымовыми газами из топки котла и улавливается золоуловителями. Ежегодное образование золы-уноса на Иркутской ТЭС-7 г. Братска от сжигания углей Ирша-Бородинского месторождения достигает 24 тыс. т. В настоящее время в отвалах накоплено более 800 тыс. т. зольных отходов, химический анализ которых приведен в таблице 2.

Таблица 2.

## Химический состав (масс.%) золы-унос от сжигания углей

## Ирша-Бородинского месторождения

SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	П.П.П.
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	не более 2

Из работы [1] известен способ утилизации описанных отходов при производстве керамических материалов, однако проблема остается актуальной, поэтому на кафедре «Инженерная химия и естествознание» Петербургского государственного университета путей сообщения предложено использовать описанные отходы при производстве безобжиговых фосфатных материалов.

Фосфатные материалы отличаются высокими механическими свойствами, термостойкостью, антикоррозийностью.

Фосфатное твердение происходит при взаимодействии некоторых тонко измельченных оксидов и специальных составов с фосфорной кислотой. Вяжущие свойства систем «оксид – фосфорная кислота» зависит от ионного потенциала, представляющего собой отношение электронного заряда иона к его эффективному радиусу. Ускорение процесса схватывания и твердения наступает по мере уменьшения ионного потенциала катиона в группах с однородной электронной структурой и, наоборот, с увеличением ионного потенциала этот процесс замедляется. Основой синтеза фосфатных вяжущих материалов является высокая химическая активность фосфорнокислых растворов по отношению к порошкам различного химического состава. Существует мнение, что фосфатные материалы твердеют за счет реакций, в результате которых образуются либо кислые, либо средние фосфаты, то есть реакцией с передачей протона от более кислого компонента к более основному. Фосфатные композиции можно рассматривать как дисперсные

системы типа твердое – жидкость, в которой происходят с определенной скоростью необратимые химические реакции по схеме кислотно-основного взаимодействия. В качестве исходного твердого компонента фосфатных систем следует использовать минеральные продукты сложного химико-минералогического состава как природного, так и техногенного происхождения, например глина. Основная реакция, протекающая при получении фосфатных материалов, схематически представлена уравнением:



В работе фосфатные материалы получены путем затворения порошка оксида железа (FeO), кембрийской глины, ортофосфорной кислотой (плотность 1,77). В указанный состав вводились описанные отходы в разном процентном соотношении, полученные результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3

№ п/п	Количество вводимого отхода, %		Прочность материала при сжатии, МПа, после водонасыщения
	пылевидный отход Братского алюминиевого завода	зола-унос от сжигания углей Ирша-Бородинского месторождения	
1	0	0	9,0
2	10	0	11,7
3	13	0	11,8
4	15	0	12,0
5	18	0	11,3
6	0	3	10,4
7	0	5	11,5
8	0	10	11,9
9	0	15	9,3

Анализ результатов показывает возможность утилизации в фосфатные материалы до 15 % пылевидного отхода Братского алюминиевого завода и до 10% золы-унос от сжигания углей Ирша-Бородинского месторождения, при этом прочность материала по сравнению с контрольным образцом № 1 увеличивается. В водных вытяжках из образцов полученных материалов токсичные соединения отсутствуют, что позволяет сделать вывод, о том, что отходы «блокируются в камне» и не представляют угрозу для окружающей среды.

Утилизируя, описанные отходы в фосфатные материалы, решается не только главная экологическая задача (обезвреживание отходов), но и получается экономически выгодный материал с улучшенными техническими характеристиками, соответствующими ГОСТ.

## Список литературы

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