

УДК 628.15.16 + 662.613.11

**ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ ФОСФОРНОГО
ПРОИЗВОДСТВА С ПОЛУЧЕНИЕМ НЕОРГАНИЧЕСКИХ
МАТЕРИАЛОВ**

Доктор хим. наук Р.А. Казова
С.Ж. Ирюков
Доктор тех. наук М.Б. Глебаев

Рассмотрен вопрос обезвреживания и использования твердых отходов фосфорного производства (вскрышные и пустые породы, забалансовые руды, литологические разности, отсеvy мелких фракций сырья, шлаки, шламы и др.) бассейна Каратау для получения неорганических материалов в термолитических условиях, что позволяет снизить экологическую нагрузку на окружающую среду с эколого-экономическим эффектом.

В процессе добычи, предварительной подготовки фосфоритов образуется значительная масса твердых отходов: вскрышные и пустые породы, забалансовые руды, литологические разности, отсеvy мелких фракций сырья, шлаки, шламы и др. Уровень использования этого техногенного сырья недостаточен: 10...12 % золошлаковых отходов и фосфогипса, 3...4 % отходов добычи [1, 4]. В основном перерабатываются рядовые фосфориты, а забалансовые руды и фосфатно-кремнистые сланцы, фосфатизированные кремни, глинистые сланцы ввиду отсутствия приемлемых методов их переработки не используются [1]. Известно, что руды бассейна Каратау характеризуются сложными и неоднородными минералого-петрографическим составом, а большое разнообразие форм связей минералов друг с другом, наличие в фосфате пелитоморфных включений кремнистых, карбонатных и других компонентов представляет трудности разделения руд по минеральному составу [2].

Сложный и непостоянный состав руд Каратау, наличие в них различных примесей затрудняет вовлечение этого сырья в прямую переработку на фосфорную кислоту методом экстракции. Это обстоятельство и явилось ос-

новой причиной широкого распространения электротермического метода переработки фосфатных руд. Однако наличие в фосфоритоносных пластах глинистых сланцев, щелочей и серы создает определенные сложности при переработке таких фосфоритов упомянутым методом.

В настоящее время в виде вскрышных пород в отвал вывозятся значительные объемы фосфорсодержащего сырья, в котором количественный состав некоторых компонентов не удовлетворяет требованиям стандарта. Сюда входят фосфориты забалансовые, фосфатно-кремнистые породы и фосфатизированные кремни. В то же время, с точки зрения производственного процесса, вовлечение в переработку этих видов отходов допустимо только в том случае, если их смесь с обогащенной рудой будет аналогична по составу кондиционным кварцитам и фосфоритам [3].

Нами разработана технология получения керамзита с использованием шихты, состоящей из некондиционного фосфорита (фракция отсева), глинистого сланца и сланцевой руды. Характеристика исходных материалов показана в табл. 1.

Таблица 1

Состав исходных материалов

Компонент	Содержание, %							
	P_2O_3	CaO	SiO_2	Fe_2O_3	MgO	Al_2O_3	$Na_2O + K_2O$	CO_2
Забалансовый фосфорит	16,4	32,2	29,7	2,5	2,2	1,2	0,9	7,2
Глинистый сланец	11,2	21,3	51,2	3,4	1,9	3,8	2,1	4,9
Сланцевая руда	–	1,3	57,5	8,6	2,0	18,6	4,4	2,1

Из таблицы 1 следует, что основную часть шихты составляют силикаты, алюмосиликаты, фосфаты.

Эксперименты по обжигу гранулированной сланцевой руды проводились в лабораторной шахтной печи с газораспределительной решеткой [5]. Воздух подавали под решетку компрессором. Температуру в печи контроли-

ровали и автоматически поддерживали с помощью самопишущего потенциометра КСП-2. Реакционная зона печи представляла собой кварцевую трубу (рис.1), обогреваемую силитовыми стержнями.

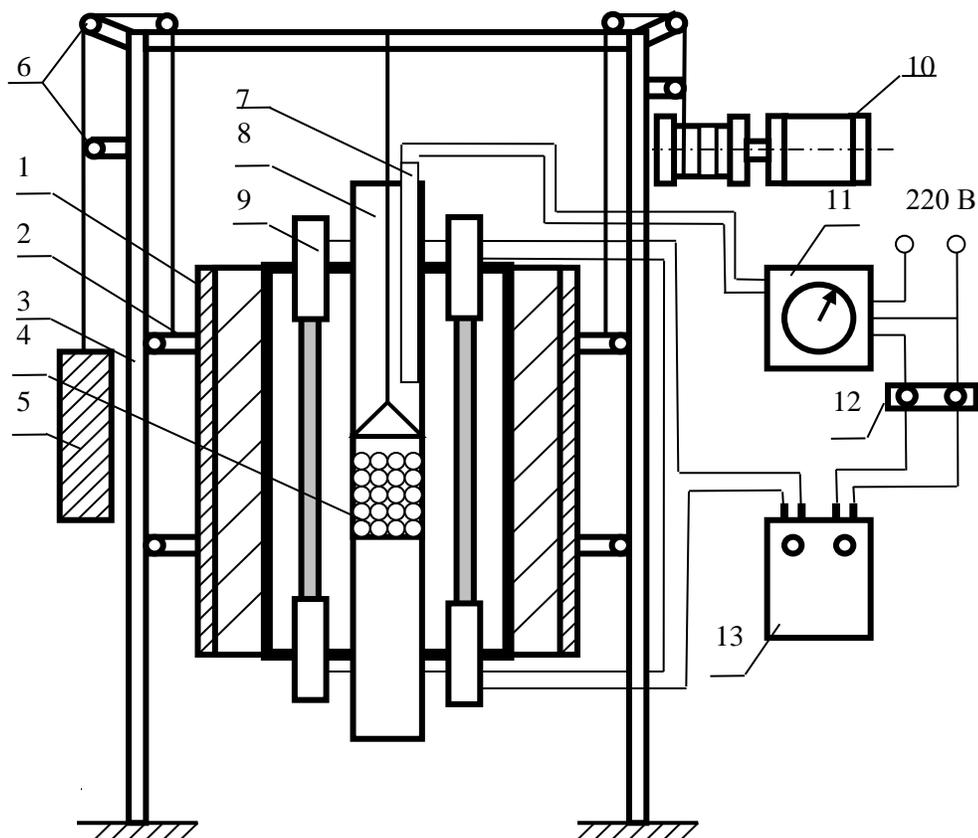


Рис. 1. Лабораторная шахтная печь: 1 – корпус шахтной печи; 2 – крепление; 3 – направляющие стойки; 4 – корзина с материалом; 5 – противовес; 6 – ролики; 7 – термопара; 8 – трубчатый реактор; 9 – силитовые стержни; 10 – редуктор с двигателем; 11 – потенциометр КСП-4; 12 – переключатель; 13 – регулятор напряжения.

Материал загружался в металлическую корзину. Печь совершала возвратно-поступательное движение относительно корзины с помощью специального привода. Это позволяло моделировать прохождение материала

через зоны сушки, подогрева, обжига и охлаждения. Вначале, когда температура воздуха поднималась до заданной, печь медленно поднималась вверх; по достижении корзиной зоны обжига задавали выдержку в соответствии с продолжительностью обжига. Затем печь продолжала движение вверх, неподвижная корзина «оказывалась» в зоне охлаждения. Печь теплоизолирована огнеупорным материалом.

Определение оптимальных условий окатывания и обжига гранулированной шихты проводили по методу планирования многофакторного химико-технологического эксперимента. Была составлена матрица планирования для 25 экспериментов. Независимые параметры X_1, X_2, \dots, X_5 даны в кодированных значениях по уровням от первого до пятого в натуральных величинах (табл. 2). Ставилась задача отыскания функции, адекватно описывающей влияние всех изучаемых факторов на насыпную плотность, прочность полученного керамзита с целью оптимизации процесса, выявления оптимальных технологических параметров. Область факторного пространства показана в таблице 2. Изучено влияние температуры (800...1200 °С), продолжительности термохимической обработки (2...60 мин), скорости воздуха (0,05...0,35 м/с), высоты слоя (36...180 мм), класса гранул (7...20 мм).

Получены частные функции (Y_1, Y_2, \dots, Y_n), описывающие влияния отдельных факторов (X_1, X_2, \dots, X_n) на значения насыпной плотности и их расчетные значения (табл.3). Частные функции анализировали на значимость. Выявлено, что функции Y_4, Y_5 – незначимы. Таким образом, высота слоя и класс гранул в изучаемом интервале факторов слабо влияют на насыпную плотность керамзита.

На основании частных функций (табл. 3) получено обобщенное уравнение по методу М.М. Протогьяконова, описывающее влияние всех изучаемых факторов на вспучиваемость керамзита. Причем незначимые функции Y_4, Y_5 заменяются в обобщенном уравнении на значение генерального среднего (1,87).

Уровни изучаемых факторов

Фактор	Уровень				
	1	2	3	4	5
Температура X_1 , °C	800	900	1000	1100	1200
Продолжительность X_2 , мин	2	4	10	20	60
Скорость воздуха X_3 , м/с	0,05	0,125	0,2	0,275	0,35
Высота слоя X_4 , мм	36	72	108	144	180
Класс гранул X_5 , мм	7	10	12	15	20

Таблица 3

Расчетные значения частных функций

Функция	Уровень				
	1	2	3	4	5
$Y_1 = 34,15 - 3,75 \cdot 10^{-8} \cdot X_1^3 +$ $+ 1,06875 \cdot 10^{-4} \cdot X_1^2 - 0,1015312 \cdot X_1$	2,13	2	1,99	1,88	0,986
$Y_2 = 1,189 \cdot 10^{-4} \cdot X_2^2 - 0,0143 \cdot X_2 +$ $+ 2,028$	2	1,973	1,897	1,79	1,6
$Y_3 = 13,3333 \cdot X_3^2 - 5,3333 \cdot X_3 +$ $+ 2,248$	2,015	1,769	1,715	1,769	2,015
$Y_4 = 1,8 + 6,47 \cdot 10^{-4} \cdot X_4$	1,823	1,847	1,87	1,893	1,916
$Y_5 = 1,194 - 4,26 \cdot 10^{-3} \cdot X_5^2 +$ $+ 0,11502 \cdot X_5$	1,79	1,918	1,961	1,961	1,79

Обобщенное уравнение имеет вид:

$$Y_{об} = \frac{(34,15 - 3,75 \cdot 10^{-8} \cdot X_1^3 + 1,06875 \cdot 10^{-4} \cdot X_1^2 - 0,1015312 \cdot X_1) \cdot (13,33 \cdot X_3^2 - 5,33 \cdot X_3 + 2,248)}{(1,87)^2 \cdot [(1,189 \cdot 10^{-4} \cdot X_2^2 - 0,0143 \cdot X_2 + 2,028)]^4}, \quad (1)$$

где $Y_{об}$ – насыпная плотность керамзита, г/см³; X_1, X_2, \dots, X_5 – факторы.

Адекватность уравнения оценена по значению коэффициента корреляции, который составил $R = 0,95$, его значимость $t_R = 13,62$. Значение R свидетельствует о близости найденного уравнения функциональному. Сопоставительный анализ экспериментальных и расчетных данных для 25 опытов показал приемлемую сходимость (см. табл. 1). Полученная модель с приемлемой точностью описывает процесс вспучивания сланцевой руды при обжиге в условиях газодинамики подвижного слоя.

На основании обобщенного уравнения (1) определены оптимальные условия обжига шихты: температура 1200 °С; продолжительность обжига – 20 мин.; скорость воздуха – 0,2 м/с; высота слоя – 36 мм; класс гранул – 12...15 мм. В этих условиях насыпная плотность керамзита соответствует требованиям ГОСТа – 9759 – 83 и ГОСТа – 9759 – 71.

Использование отходов позволило снизить экологическую нагрузку на окружающую среду с эколого-экономическим эффектом более 5 млн. тенге в год.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бержанов Д.С., Джусипбеков У.Ж., Казова А.М., Турлыгазиев С. Химическая и термическая подготовка фосфорного сырья для электротермии. – Алматы: Изд-во «Гылым», 1997. – 175 с.
2. Крикливый Д.М. Новые технические решения в производстве фосфора при восстановлении фосфатного сырья природным газом. //Автореферат дис. докт. хим. наук. –Харьков, 1993. – 40 с.
3. Мухтаров М.А. Исследование в области химической технологии. //Труды ЛенНИИгипрохим. – 1989. –Вып.23. – С.8 – 13.
4. Нуркеев С.С., Казова Р.А., Казова А.М., Ахметбекова А.М. Утилизация твердых отходов фосфорной промышленности. – Алматы, 2005. – 28 с.

