

УДК 661.635:546.41+546.42+546.431+546.46

М.И. Кузьменков (канд.техн.наук),  
С.В. Плышевский, С.И. Черевиченко

## РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ОДНОЗАМЕЩЕННЫХ ОРТОФОСФАТОВ ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

Получение однозамещенных ортофосфатов щелочноземельных металлов является первой стадией в непрерывном способе производства метафосфатов.

Для установления оптимальных температурно-временных технологических параметров получения указанных однозамещенных ортофосфатов использовали метод планирования эксперимента [1]. Были выбраны три фактора, влияющие на процесс получения однозамещенных ортофосфатов путем нейтрализации  $H_3PO_4$  карбонатами щелочноземельных металлов:  $X_1$  - норма фосфорной кислоты (избыток  $P_2O_5$  от стехиометрии, %),  $X_2$  - температура процесса;  $X_3$  - время нейтрализации.

Табл. 1. Дробный трехфакторный эксперимент

Номер опыта	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_1, \%$	$X_2, ^\circ C$	$X_3, \text{мин}$	$y, \%$
1	-	-	+	0	50	60	90,6
2	-	+	-	0	90	20	89,0
3	+	-	-	4	50	20	91,2
4	+	+	+	4	90	60	93,6



Табл. 2. Значение уровней факторов и шагов варьирования

Фактор	Основной уровень	Шаг варьирования
$X_1$ , %	4	0,5
$X_2$ , °C	100	10
$X_3$ , мин	20	2

Получена математическая модель в виде линейного уравнения регрессии:

$$y = 91,1 + 1,3X_1 - 0,2X_2 + 1X_3$$

Данная модель адекватна (  $F$  - критерий  $\leq F$  табличн).

Для того чтобы оптимизировать выход целевого продукта ( $y$ , %), выбирали новые основные уровни и шаги варьирования влияющих факторов (табл. 2).

В качестве выходного параметра оптимизации процесса был принят выход целевого продукта - однозамещенного ортофосфата ( $y$ , %).

Для вывода математической модели процесса в виде уравнения регрессии использовали матрицу дробного трехфакторного эксперимента.

Результаты эксперимента по получению однозамещенного ортофосфата бария приведены в табл. 1.

На основании выбранных уровней влияющих факторов и шагов варьирования строили матрицу планирования и вычисляли выход продукта (табл. 3).

Табл. 3. Условия и результаты планирования

Номер опыта	$X_1$ , %	$X_2$ , °C	$X_3$ , мин	$y$ , % расч	$y$ , % эксп
1	4,05	102,89	21,02	96,81	96,5
2	3,95	102,89	21,02	96,68	96,41
3	4,00	94,22	21,02	98,48	98,12
4	4,00	100,00	16,94	93,24	93,20
5	4,00	100,00	23,10	99,4	99,28



Как видно из табл. 3, расхождение между рассчитанными с помощью модели [1] значениями выхода целевого продукта и экспериментальными значениями небольшое.

Анализ процесса нейтрализации, проведенной на основании адекватного его отображения математической моделью [1], позволил установить, что оптимальными условиями получения бария фосфорнокислого однозамещенного являются: 4,0 ÷ 4,5%-ный избыток 40%-ной  $H_3PO_4$  (по  $P_2O_5$ ) по отношению к  $BaO$ ; температура процесса  $100^\circ C$ , время нейтрализации 21–23 мин.

Аналогичным образом найдены оптимальные технологические параметры получения кальция фосфорнокислого однозамещенного: 1,9 ÷ 2,1%-ный избыток 40%-ной  $H_3PO_4$  (по  $P_2O_5$ ) по отношению к  $CaO$ ; температура процесса  $44 - 60^\circ C$ ; время нейтрализации 38 – 42 мин. Наибольший выход магния фосфорнокислого однозамещенного наблюдается при следующих условиях: 3 ÷ 3,5%-ный избыток 40%-ной  $H_3PO_4$  (по  $P_2O_5$ ) по отношению к  $MgO$ ; температура  $90 - 95^\circ C$ , время нейтрализации 30–40 мин.

### В ы в о д

С использованием метода математического планирования эксперимента разработаны оптимальные параметры получения однозамещенных ортофосфатов щелочноземельных металлов, которые являются полупродуктом в производстве метафосфатов.

### Л и т е р а т у р а

1. Саутин С.Н. Планирование эксперимента в химии и химической технологии. Л., 1975, с. 28.