

К. А. Павлова, И. А. Махоткин, Ю. Н. Сахаров,  
Р. М. Хусаинов, Н. А. Бортникова

## ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ГАЗОВОЙ СРЕДЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ФОСФОГИПСА

*Ключевые слова:* фосфогипс, сульфат кальция, фосфат, гипсовые вяжущие материалы, разложение.

*На основе результата экспериментального исследования кинетики процесса термического разложения фосфогипса при продувке углекислым газом, азотом и воздухом доказано, что наиболее эффективно процесс протекает при продувке углекислым газом.*

*Keywords:* phosphogypsum, calcium sulfate, phosphate, gypsum binders, disintegration.

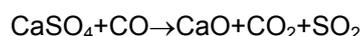
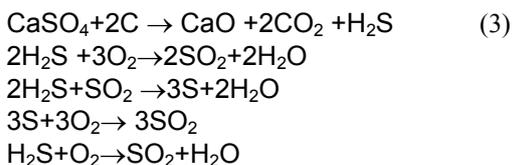
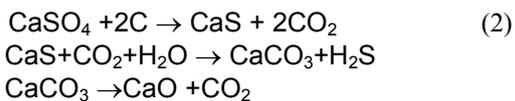
*Based on the results of experimental studies of the kinetics of the process of thermal decomposition of phosphogypsum by blowing carbon dioxide, nitrogen and air, it is proved that the most efficient process is by blowing carbon dioxide.*

Производство фосфорных минеральных удобрений сопровождается получением многотоннажного отхода - фосфогипса. К настоящему времени накоплено по различным оценкам более 100 млн. т фосфогипса в отвалах, что загрязняет природную среду. Содержание отвалов требует дополнительных капитальных вложений. В тоже время фосфогипс является ценным сырьем для производства. Фосфогипс представляет собой двуводный гипс с примесями веществ как растворимых (фосфорная и серная кислоты, моно- и дикальцийфосфат, фторсиликаты, соли натрия и калия), так и нерастворимых (кремнезем, сокристаллизованные фосфаты, нерастворимые фосфаты и фториды и др.). Его переработка позволит исключить дополнительные разработки природного гипса, что также окажет благоприятное влияние на экологическую ситуацию.

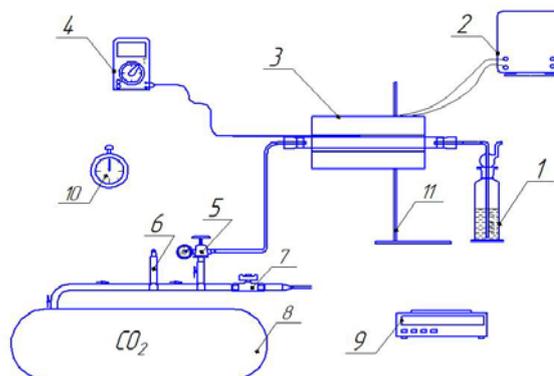
Проведя анализ отечественных и зарубежных литературных источников выявлено, что одним из перспективных способов переработки фосфогипса является термическая переработка в гипсовые вяжущие и серную кислоту [1,4]. При термическом разложении фосфогипса протекает химическая реакция образования CaO и SO<sub>2</sub>:



Реакция (1) ускоряется при смешении фосфогипса и угля. Например, процесс разложения CaSO<sub>4</sub> в присутствии антрацита может быть представлен следующими реакциями:



Из представленных реакций видно, что на эффективность процесса разложения существенное влияние оказывает не только уголь, но и газовая среда, в том числе углекислый газ и диоксид углерода. Для исследования процесса термического разложения фосфогипса создана экспериментальная установка, схема которой представлена на рис. 1.



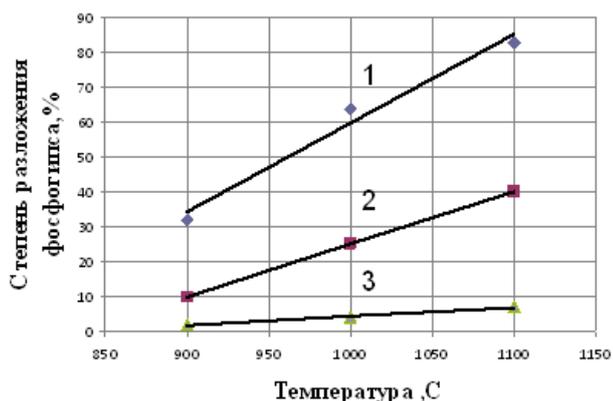
**Рис. 1 - Схема экспериментальной установки для исследования закономерностей влияния фосфогипса в присутствии газов: 1 – промывная склянка с раствором йода; 2- трансформатор; 3- печь; 4 - милливольтметр; 5 – газовый редуктор; 6 – штуцер для воздуха; 7 – газовый кран; 8 – баллон с газом; 9 – весы аналитические; 10 – секундомер; 11 – штатив**

Предварительно взвешенный образец фосфогипса с антрацитом помещают в кварцевую трубку, которую устанавливают внутри обжиговой печи. Через кварцевую трубку продувают углекислый газ. В трубчатой печи при температуре 900- 1100°C фосфогипс разлагается. Образующиеся при этом газообразные продукты в виде SO<sub>2</sub> и паров воды подаются в поглотительный сосуд, заполненный 0.05 N раствором J<sub>2</sub>. По мере завершения опытов отожженный фосфогипс анализируется на содержание CaO. Кроме того, определяется выход SO<sub>2</sub>. Концентрация SO<sub>2</sub> в

газовой смеси определяется йодометрическим методом.

Установлено, что наиболее полно процесс разложения протекает при продувке раскаленного фосфогипса углекислым газом.

На рис.2 показано, что эффективность разложения фосфогипса возрастает при продувке раскаленного фосфогипса углекислым газом. Воздушная среда практически не влияет на скорость разложения фосфогипса. В инертной среде ( в среде азота) разложение протекает медленнее, чем в присутствии углекислого газа.



**Рис. 2 - Влияние газов на процесс термического разложения фосфогипса. Зависимость степени разложения фосфогипса от температуры: 1 – при продувке углекислым газом; 2 – при продувке воздухом; 3 – при продувке азотом**

Изучен процесс разложения гипса и фосфогипса в присутствии оксидов переходных элементов:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Получены закономерности процесса восстановления сульфата кальция углеродными восстановителями до оксида кальция в области оптимальных температур. Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что наиболее эффективное разложение фосфогипса происходит при двухступенчатом

обжиге с добавлением топлива в виде угля и продувки углекислым газом на каждой ступени под эффективностью разложения понимается полнота разложения фосфогипса при сравнительно низких температурах.

Проблема последующей очистки отходящих газов от паров и пыли токсичных веществ решается на основе вихревых аппаратов и эффективных катализаторов [2,3].

## Выводы

На основе исследования закономерностей механизма и кинетики процесса разложения фосфогипса показано, что эффективность процесса разложения увеличивается как при добавлении угля, так и при продувке раскаленного фосфогипса углекислым газом.

## Литература

1. Иваницкий В.В. Фосфогипс и его использование / В.В. Иваницкий [и др].-М.: Химия, 1990.
2. Махоткин И.А. Разработка и исследование в промышленных условиях новой технологии и высокоэффективных аппаратов очистки газовых выбросов от пыли производства обжига мелкого камня известняка в условиях Казанского завода стеновых материалов/И.А. Махоткин, Г.С. Безденежных, В.В. Красильников, Е.А. Махоткина//Современные проблемы специальной технической химии: Материалы докладов международной научно-технической и методической конференции. – Казань: КГТУ, 2007. – С. 243-246.
3. Сахаров Ю.Н. Исследование закономерностей обжига фосфатного сырья для интенсификации технологии производства экстракционной фосфорной кислоты/Ю.Н. Сахаров, А.Ф. Махоткин, И.А. Махоткин//Вестник Казанского технологического университета. – 2010. - № 10.- С. 300-304.
4. Сахаров Ю.Н. Механизм и кинетика разложения фосфатного сырья/ Ю.Н.Сахаров, А.Ф. Махоткин, И.А. Махоткин, А.И. Ситкин //Вестник Казан. технол. ун-та. – 2011. - № 11.- С. 18-23.