

## **СТЕНОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ФОСФОГИПСА-ДИГИДРАТА**

*ПОВИДАЙКО В. Г., ЮХНЕВСКИЙ П. И.*

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

Возможность использования фосфогипсовых отходов в производстве гипсовых вяжущих веществ и изделий на их основе изучалась многими отечественными и зарубежными исследователями. Имеется значительный практический опыт производства строительных материалов на основе фосфогипса в таких странах, как Япония, Германия, Российская Федерация и др. Тем не менее, степень переработки фосфогипсовых отходов во всем мире остается низкой. Обусловлено это экономическими и техническими причинами. Использование фосфогипсовых отходов в качестве вторичного сырья взамен природного гипса требует, как правило, введения в технологический процесс дополнительных трудоемких операций по отмывке и нейтрализации отходов, использования дорогостоящего оборудования (репульпаторов, вакуум-фильтров). При этом возникает необходимость решения экологических проблем по очистке сточных вод, образующихся при отмывке фосфогипса. В этой связи, производство гипсовых вяжущих и изделий из фосфогипсовых отходов является более затратным. Готовые фосфогипсовые изделия имеют более высокую себестоимость по сравнению с изделиями из природного сырья и не могут с ними конкурировать. Перспективными могут быть технологии, в которых минимизированы затраты на энергоемкие и дорогостоящие операции обжига, отмывки и нейтрализации.

Впервые возможность получения безобжиговых гипсовых материалов изучалась в 1919 году П.П. Будниковым. Им было предложено измельчать гипс до высокой дисперсности и вводить катализаторы твердения. Однако, такие материалы имеют невысокую прочность и низкую водостойкость.

Ермакова Г.А. [1] предложила получать водостойкий бетон на основе необожженного фосфогипса следующим образом. Фосфогипс смешивают с известью и активной минеральной добавкой, что обеспечивает гидравлическое твердение трехкомпонентной системы и возможность применения ее для производства стеновых материалов. Ускорение твердения фосфогипсовых изделий достигается сушкой при температуре 80–120 °С, что одновременно решает задачу доведения влажности изделий до санитарно-гигиенических норм. Твердение трехкомпонентной системы основано на взаимодействии гидроксида кальция с активными минеральными добавками (трепелы, опоки, золы, горелые породы и др.) с образованием гидросиликатов, гидроалюминатов и других веществ, дающих прочные структуры. В эти процессы частично вовлекается и фосфогипс. Вредные примеси в фосфогипсе (серная и фосфорная кислоты, фтористые соединения) взаимодействуют с известью, переходя в нерастворимые вещества, становятся безвредными. Недостаток указанной технологии состоит в том, что в технологическом процессе присутствует сушка изделий при 80–120 °С, что связано с дополнительными энергозатратами и удорожанием продукции.

Юнусова С.С. [3] предложила изготавливать композиционные стеновые материалы и изделия на основе фосфогипса-дигидрата, гипсового вяжущего вещества и нейтрализующей добавки способом полусухого прессования. Для получения стеновых изделий рекомендовано два оптимальных состава сырьевых смесей, содержащих (% по массе): 1) фосфогипс-дигидрат – 78, гипсовое вяжущее – 20, известь – 2; 2) фосфогипс-дигидрат – 65, гипсовое вяжущее – 20, ТОС – 15. Изготавливать изделия предлагается с использованием оборудования, применяемого в производстве силикатного или керамического кирпича при давлении прессования 20 МПа и более.

Недостаток указанной технологии изготовления стеновых материалов на основе фосфогипса с добавлением гипсового вяжущего состоит в том, что получаемые изделия имеют низкую водостойкость. Добавление в сырьевую смесь гипсового вяжущего и полусухое прессование повышает прочность готовых изделий, но при этом водостойкость их остается низкой, поскольку гипсовое вяжущее относится к воздушным вяжущим веществам и не позволяет улучшить гидравлические свойства материала.

В НИИЛ БиСМ БНТУ проведены исследования по разработке композиций и технологии производства безобжиговых стеновых материалов (стеновых камней, кирпича) на основе фосфогипс-дигидрата. Цель исследований состояла в разработке энергосберегающей технологии, в которой частично или полностью исключаются такие дорогостоящие и трудоемкие технологические операции, как обжиг, сушка, отмывка фосфогипса. При этом необходимо было получить достаточно прочные и экологически чистые фосфогипсовые стеновые материалы.

На первом этапе необходимо было решить вопрос нейтрализации фосфогипсовых отходов. Одной из наиболее эффективных нейтрализующих добавок в производстве композиционных фосфогипсовых стеновых материалов является гашеная известь. В процессе нейтрализации фосфогипсовых отходов известь связывает остатки ортофосфорной кислоты и соединений фтора в труднорастворимые соединения. Образуются сокристаллизованные ортофосфаты кальция, фтористый кальций. Благодаря применению способа механоактивации фосфогипсовых композиционных материалов процесс нейтрализации протекает более эффективно и полно. При введении в фосфогипсовые композиции 2–3 % извести вредные примеси связываются и практически не могут оказывать вредное воздействие на окружающую среду и здоровье людей, что подтверждается санитарно-гигиеническими исследованиями.

Для повышения водостойкости и прочности композиционного материала на основе фосфогипса в сырьевую смесь вводили добавку портландцемента. Однако, в сочетании с известью в композиционных фосфогипсовых материалах с добавками цемента или шлака могут возникать саморазрушающие системы с образованием этрингита. Кроме того, известь является воздушным вяжущим веществом, существенно снижающим водостойкость и морозостойкость фосфогипсовых композиций. В этой связи, возникает необходимость получения долговечных композиционных материалов, в которых исключается или снижается вероятность образования саморазрушающихся новообразований. А.В. Волженским, А.В. Феронской [4] разработаны устойчивые композиции на основе гипсоцементно-пуццолановых вяжущих веществ, в которых в качестве активных минеральных добавок используются трепел, опока, диатомит.

В Республике Беларусь отсутствуют указанные активные минеральные добавки. Доставка сырьевых многотоннажных добавок из Российской Федерации делает их применение в Беларуси экономически нецелесообразным из-за высоких транспортных затрат. В результате проведенных исследований разработаны композиции и способ получения устойчивых вяжущих систем на основе фосфогипса с добавкой портландцемента или шлака.

В целях гомогенизации и повышения активности фосфогипсового композиционного материала сырьевая смесь после предварительной нейтрализации подвергалась механоактивации в дисковых или цилиндрических истирающих устройствах. Благодаря механоактивации модифицирующие малые добавки равномерно распределяются по всему объему фосфогипсовой композиции и способствуют улучшению физико-механических свойств материала при минимальной дозировке добавок. В качестве исходного сырья в исследованиях использовали фосфогипс-дигидрат ОАО «Гомельский химический завод», портландцемент ПЦ 500 Д0 ОАО «Красносельскстройматериалы» и модифицирующие добавки. Формование фосфогипсовых композиционных материалов осуществляли двумя способами: вибрационным формованием и фильтрационным прессованием. Образцы, изготовленные вибрационным формованием, имеют предел прочности при сжатии 5,0–7,8 МПа, среднюю плотность – 1070–1190 кг/м<sup>3</sup>, морозостойкость – более 25 циклов. Прессованные образцы имеют предел прочности при сжатии – 9,5–12,0 МПа, среднюю плотность – 1570–1700 кг/м<sup>3</sup>. На основе разработанных фосфогипсовых композиций рекомендуется изготавливать мелкоштучные стеновые материалы (камни, кирпич) для малоэтажного строительства.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ермакова Г.А. Водостойкий бетон на основе необожженного фосфогипса. Диссертация на соискание ученой степени к. т. н. М.: 1988.
2. Колев Н.А. Получение строительных материалов и изделий путем механо-химической активации фосфогипса. Диссертация на соискание ученой степени к. т. н. Ленинград: 1989.

3. Юнусова С.С. Композиционные стеновые материалы и изделия на основе фосфогипса, получаемые способом полусухого прессования. Диссертация на соискание ученой степени к. т. н. Уфа: 2004.

4. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества: Учеб. Для вузов. – 4-е изд., перераб. И доп. – М.: Стройиздат, 1986.

УДК 691.327:666.923

## **АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

*<sup>1</sup>ПОЛЕЙКО Н. Л., <sup>1</sup>ЛЕОНОВИЧ С. Н., <sup>2</sup>ЖУРАВСКИЙ С. В.*

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>ЧП «Кальматрон-М»

Минск, Беларусь

**Введение.** Бетонные и железобетонные конструкции, подвергающиеся многолетним воздействиям атмосферных и подземных вод, водяного пара, солей антиобледенителей и т.п. с циклическим замораживанием и оттаиванием, особенно в странах с континентальным и резко континентальным климатом, существенно снижают свои технические характеристики, в том числе долговечность, морозо- и коррозионную стойкость, в большинстве случаев уже через 5–10 лет с момента ввода в эксплуатацию.

Восстановление старых или устройство новых защитных покрытий в действующих сооружениях представляет собой сложную инженерную задачу. В связи с этим особый интерес представляют материалы и технологии, обеспечивающие нормальную работу конструкций в зоне и условиях негативных воздействий.

**Виды защитных покрытий.** Вопросы защиты регламентируются рядом нормативных документов, и если на территории России – действуют СНиП 2.03.11-85 [1], Изменения №1 к СНиП 2.03.11-85, СНиП 3.04.03-85 [2], а также введенный европейский стандарт EN 1504, то в Республике Беларусь нормативная база обновлена