

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

кандидата технических наук, доцента *Огурцовой Юлии Николаевны* на диссертационную работу *Кийко Полины Игоревны* на тему «Фасадные самоочищающиеся материалы на основе гипсо-цементно-пуццоланового вяжущего с применением красного гипса», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5 – Строительные материалы и изделия.

На отзыв предоставлены диссертация и автореферат. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения и приложений, изложена на 174 страницах машинописного текста, включает 54 рисунка, 53 таблицы, 4 приложения и содержит список литературы из 135 наименований. Автореферат объемом 23 страницы полностью отражает результаты, представленные в диссертации.

Актуальность темы исследования

Самоочищающиеся отделочные материалы представляют собой перспективное и динамично развивающееся направление в строительной отрасли. Эти материалы способны инициировать процесс гетерогенного фотокатализа на своей поверхности, что приводит к разложению органических загрязнителей, удалению неорганических веществ (таких как пыль и грязь) благодаря гидрофильным свойствам, а также летучих органических соединений вблизи поверхности материала. Комплексное применение фотокаталитически активных материалов в строительстве может способствовать не только очищению воздуха и улучшению экологической ситуации в городах, но и сохранению эстетического вида архитектурных объектов в долгосрочной перспективе. Ключевым аспектом создания самоочищающихся строительных материалов является использование фотокатализаторов. Однако их производство сопряжено с высокой технологической сложностью и стоимостью, что существенно увеличивает цену конечного продукта. В то же время, высокую фотокаталитическую активность могут проявлять соединения, содержащиеся в виде примесей в отходах производства диоксида титана – в частности, в красном гипсе. Использование таких отходов в качестве источника фотокаталитически активных компонентов способно значительно снизить себестоимость самоочищающихся материалов и расширить сферу их практического применения.

Структура и содержание работы

Во введении раскрывается значимость выбранной темы, уровень ее изученности в научной литературе, определены гипотеза, основные цели и задачи исследования, а также его объект и предмет. Описаны элементы

научной новизны, теоретическая и прикладная ценность работы. Изложены используемые методы исследования, ключевые положения, выносимые на защиту, и обоснована достоверность полученных результатов. Приведены данные об апробации исследования, указан вклад автора и количество публикаций по теме. Также продемонстрировано соответствие диссертации требованиям паспорта научной специальности

В первой главе представлен анализ современного состояния отрасли, рассмотрены ключевые достижения и обозначены перспективные направления исследований, включая проблему сохранения самоочищающих свойств материалов в течение длительного времени. Детально описан механизм гетерогенного фотокатализа на поверхности строительных материалов, приведены характеристики высокоэффективных фотокатализаторов, включая многокомпонентные системы на основе соосажденных оксидов титана, железа, кремния и других элементов. Отмечено недостаточное количество исследований в области создания самоочищающихся материалов с использованием фотокатализаторов различного состава. Особое внимание уделено отходам производства, обладающим химическим и фазовым составом, перспективным для применения в строительном материаловедении, в частности описан красный гипс, содержащий активные примеси, которые могут выполнять функцию фотокаталитических добавок. Сформулировано предположение, что данный материал, содержащий значительное количество гипсовых соединений, может быть использован в гипсо-цементно-пуццолановых вяжущих.

Во второй главе приведены характеристики исследованных материалов и обоснование их выбора в сравнении с аналогами. Подробно описаны методы исследования и методики оценки эффективности самоочищения строительных материалов. Показано влияние таких параметров материала, как цвет и микрорельеф на эффективность самоочищения, что особенно актуально для цветных гипсосодержащих материалов. Для данной категории материалов показана важность формирования плотной структуры с минимальными дефектами поверхности.

В третьей главе представлены результаты исследования отходов производства диоксида титана – красного гипса. Определен его химический и фазовый состав, подтверждена однородность материала по содержанию двухводного гипса. Установлено, что присутствующие примеси не ограничивают возможность применения сырья в строительных материалах. Разработана технология переработки красного гипса, включающая предварительную сушку для удаления свободной влаги и низкотемпературный обжиг с последующим измельчением. Экспериментально подтверждена способность композитов на основе строительного красного гипса к самоочищению. Исследованы характеристики

примесных соединений, оказывающих влияние на свойства материалов. Установлено, что фотокаталитически активные наноразмерные оксиды титана и железа равномерно распределены в объеме материала, что объясняет высокую эффективность самоочищения. Приведены результаты эксперимента по ультразвуковой обработке для уменьшения агломерации частиц TiO_2 , однако значительного повышения эффективности не наблюдалось, что позволило сделать вывод о нецелесообразности данного метода модификации. Для детального изучения вклада отдельных примесей проведен эксперимент с модельными образцами, содержащими различные комбинации оксидов титана и железа. Эффективность самоочищения оценивалась по трем методикам с использованием олеиновой кислоты, родамина Б и метиленового синего в качестве тест-загрязнителей. В результате эксперимента автор пришла к выводу о том, что материал с оксидом железа и анатазом имеет эффективность самоочищения ниже, чем материал с анатазом без оксида железа. Также установлено некоторое увеличение эффективности самоочищения у материалов с монодобавкой оксида железа до 3 %.

В четвертой главе представлена разработка состава гипсо-цементно-пуццоланового вяжущего (ГЦПВ) на основе красного гипса. Подобрано оптимальное соотношение компонентов пуццолана:цемент:красный гипс, позволяющее получить прочный, водостойкий и самоочищающийся материал. Изучены его фазовый состав и структура. На основе разработанного вяжущего предложены составы для отделочных материалов: смесь для фасадных плиток и сухая штукатурная смесь с использованием мелкого заполнителя и модифицирующих добавок. Исследовано влияние циклического замораживания-оттаивания на свойства материалов. Установлено, что при достижении 50–60 % от расчетного количества циклов, соответствующего марке по морозостойкости, происходит деградация поверхностного слоя и снижение концентрации фотокаталитически активных компонентов, что приводит к значительному уменьшению эффективности самоочищения. В связи с этим предложено создание материалов с контролируемой пористостью.

В пятой главе выполнен расчет экономической эффективности, показавший, что использование строительного красного гипса позволяет снизить затраты на сырье в 2,5–4,1 раза по сравнению с коммерческими фотокатализаторами. Описаны технологии производства разработанных составов, не требующие значительной модернизации существующих технологических линий. Приведены результаты практической апробации разработанных материалов.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность полученных результатов обеспечена применением современных стандартизированных методов исследования, использованием сертифицированного высокоточного лабораторного оборудования, корректной математической обработкой экспериментальных данных, успешной апробацией результатов в производственных условиях.

Научная новизна работы подтверждена проведенным сравнительным анализом с результатами предыдущих исследований в данной области, выявленными отличительными особенностями разработанных решений, объективной оценкой полученных результатов в контексте современных научных достижений.

Научная новизна работы отражена в следующих результатах:

1. Установлена корреляция между фотокаталитической активностью и составом композиций, содержащих анатаз и соединения железа. Наличие свободных оксидов/гидроксидов железа снижает эффективность самоочищения на 27–72 % вследствие усиления рекомбинации электрон-дырочных пар под УФ-излучением.

2. Показано, что наноразмерный гематит (в концентрации до 3 %) в цементно-гипсовой матрице проявляет фотокаталитическую активность, несколько повышая способность к самоочищению.

3. Выявлено влияние циклов замораживания-оттаивания на фотокаталитическую активность: критическое снижение эффективности (на 50–60 % от марки морозостойкости) обусловлено деградацией поверхностного слоя и вымыванием активных компонентов. Для повышения долговечности предложено формирование мелкопористой структуры, ограничивающей водонасыщение.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость работы заключается в дополнении представлений о механизмах фотокатализа в присутствии фотокаталитических соединений, химически не связанных друг с другом, установлении зависимости эффективности самоочищения от количества циклов замораживания-оттаивания, внесен вклад в развитие теории стабилизации самоочищающихся свойств строительных композитов.

Практическая значимость работы заключается в усовершенствовании методик оценки самоочищающейся способности строительных материалов: модифицирован родамин-тест (UNI 1259–2016) с использованием всех трех цветовых координат, откорректирован метод контактного угла (ГОСТ Р 57255–2016) для гипсовых материалов путем увеличения количества олеиновой кислоты. Установлено, что наноразмерные (50–100 нм) частицы анатаза и соединений железа в красном гипсе обеспечивают стабильную

фотокаталитическую активность строительных материалов. Разработана технология получения строительного красного гипса: оптимальный режим обжига (140–190 °С), сохранение фотокаталитической активности примесей. Разработано гипсо-цементно-пуццолановое вяжущее с содержанием красного гипса до 55 %, фотокаталитической активностью более 62 % (родамин-тест), прочностью на сжатие более 4 МПа. Разработаны составы: смеси для самоочищающихся фасадных плиток, сухой штукатурной смеси. Результаты исследования подтвердили возможность эффективного использования промышленных отходов для создания экологичных самоочищающихся строительных материалов.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Научные положения, выводы и рекомендации, выносимые на защиту диссертации, основаны на обширном анализе научной литературы и применении междисциплинарных методов исследования, что позволило эффективно решить поставленные задачи. В диссертационном исследовании представлены теоретические и экспериментальные разработки по созданию самоочищающихся фасадных материалов на основе гипсо-цементно-пуццолановых композитов с применением отходов производства – красного гипса. Полученные научные результаты и практические рекомендации соответствуют современным достижениям в области строительного материаловедения и согласуются с актуальными представлениями о механизмах гетерогенного фотокатализа.

Замечания и рекомендации

По содержанию диссертации и автореферата имеется несколько вопросов и замечаний.

1. Автором установлено, что частицы оксида титана в красном гипсе имеют размеры порядка 100 нм, при этом, проводя исследования, ведет сравнение с коммерческим фотокатализатором с размером частиц 7–10 нм. Чем обусловлен такой выбор, и связана ли разница в эффективности самоочищения с размером частиц фотокатализаторов?

2. В каком соотношении в красном гипсе находятся рутил и анатаз, и как это отражается на способности к самоочищению?

3. В диссертации получены положительные результаты активации анатаза при ультразвуковой обработке, которая, однако, негативно сказывается на формовочных свойствах смеси. Возможна ли активация ультразвуком после формования изделий, в частности, в технологии фасадных плиток?

Указанные вопросы и замечания не снижают общего положительного впечатления от представленной работы, а научная достоверность полученных результатов не вызывает сомнений.

**Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным
Положением о порядке присуждения ученых степеней**

Диссертационная работа Кийко Полины Игоревны является самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, содержащей научные результаты, выводы и рекомендации, отличающиеся новизной. В работе изложены научно обоснованные технические решения по созданию фасадных самоочищающихся материалов с применением красного гипса, имеющие существенное значение для развития страны. Диссертация на тему «Фасадные самоочищающиеся материалы на основе гипсо-цементно-пудцоланового вяжущего с применением красного гипса» соответствует критериям п. 9–11, 13, 14 Положения о порядке присуждения ученых степеней (Постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 в действующей редакции с дополнениями и изменениями), предъявляемым к работам на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Кийко Полина Игоревна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5 – Строительные материалы и изделия.

Официальный оппонент:

Огурцова Юлия Николаевна

кандидат технических наук
(05.23.05 – Строительные материалы и изделия),
доцент, доцент кафедры
Материаловедения и технологии материалов
ФГБОУ ВО «Белгородский государственный
технологический университет им. В.Г. Шухова»

29.04.2025 г.

Подпись Огурцовой Юлии Николаевны заверяю

Первый проректор,
доктор технических наук,
профессор



Евтушенко Евгений Иванович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова»

Адрес: 308012, Белгородская область, г. Белгород, ул. Костюкова, 46
кафедра Материаловедения и технологии материалов

E-mail: ogurtsova.y@yandex.ru

Тел.: +7(4722)54-90-41