

На правах рукописи

Рыжов Антон Дмитриевич

**САМООЧИЩАЮЩИЕСЯ ИЗВЕСТКОВЫЕ ПОКРЫТИЯ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ
АМОРФНЫХ АЛЮМОСИЛИКАТОВ**

2.1.5. Строительные материалы и изделия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва
2026

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства».

Научный руководитель: **Логанина Валентина Ивановна**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Низина Татьяна Анатольевна**
доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «Национальный
исследовательский Мордовский
государственный университет им. Н. П.
Огарёва», директор института архитектуры
и строительства, профессор кафедры
«Строительные конструкции»

Закревская Любовь Владимировна
кандидат технических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Владимирский
государственный университет имени
Александра Григорьевича и Николая
Григорьевича Столетовых», доцент кафедры
«Строительное производство»

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Ивановский государственный
политехнический университет»

Защита диссертации состоится 24 апреля 2026 г. в 13.00 на заседании диссертационного совета ПДС 2022.015 при Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (РУДН) по адресу: г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3., в ауд

Электронная версия автореферата и объявление о защите диссертации размещены на официальном сайте РУДН: <https://www.rudn.ru/science/dissovet> и отправлены для размещения на официальном сайте ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ по адресу: <https://vak.gisnauka.ru/>

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке РУДН и на сайте <http://dissovet.rudn.ru>.

Автореферат разослан 24.03.2026

Ученый секретарь
диссертационного совета ПДС 2022.015,
кандидат технических наук

Виноградова Е.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность избранной темы. Декоративная поверхность фасадов зданий подвержена загрязнению вследствие негативного воздействия окружающей среды. Применение отделочных материалов, обладающих способностью к самоочищению, находит все большее распространение. Наличие свойства самоочищения у штукатурных покрытий позволяет им реализовывать не только декоративно-защитную роль, но и способствовать достижению экономической выгоды. Данный эффект возникает за счет значительного снижения эксплуатационных расходов, связанных с обслуживанием фасадных конструкций и поддержанием их внешней чистоты. Для повышения эффективности самоочищения покрытий в научно-технической литературе предложено применение в рецептуре фотокатализаторов, полученных путем осаждения их частиц на инертные носители.

Представляет интерес исследование возможности применения синтетических цеолитов в качестве носителей при получении фотокатализатора на основе оксида цинка. Применение фотокатализаторов, иммобилизованных на синтетические цеолиты, в рецептуре известковых сухих строительных смесей позволяет улучшить эксплуатационные свойства получаемого покрытия вследствие его способности к самоочищению, а также химического взаимодействия алюмосиликатов с известью с образованием дополнительных продуктов, способствующих увеличению прочности, водостойкости, стойкости к внешним воздействиям. В связи с этим задача разработки самоочищающихся известковых покрытий с применением добавки на основе аморфных алюмосиликатов является весьма актуальной.

Степень разработанности темы исследования. Проблематика создания сухих строительных смесей является предметом активного изучения в трудах как российских, так и зарубежных исследователей. В рамках настоящей работы был осуществлен комплексный анализ источников, включая нормативно-справочную базу, а также отечественную и международную патентную и научно-техническую литературу.

подавляющая часть научных изысканий в области создания фотокаталитических материалов сконцентрирована на решении ключевой задачи — оптимизация их способности к самоочищению.

Однако, малоизученными, но актуальными, являются вопросы применения в качестве носителей фотокатализаторов синтетических алюмосиликатов. Так же актуальным является исследование влияния фотокаталитических добавок на эксплуатационные характеристики известковых отделочных покрытий.

Цель и задачи исследования. Целью диссертационной работы является разработка научно обоснованного технологического решения, обеспечивающего получение известковых самоочищающихся покрытий фасадов зданий. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- обосновать и экспериментально подтвердить применение оксида цинка, иммобилизованного на синтетических алюмосиликатах, в качестве добавки фотокаталитического и структурирующего действия в рецептуре известковых сухих строительных смесей;

- обосновать эффективность применения в составе штукатурных сухих смесей аморфных алюмосиликатов как носителей фотокатализатора оксида цинка;

- выявить закономерности формирования структуры известкового композита при введении модифицирующей добавки оксида цинка, иммобилизованного на синтетических алюмосиликатах;

- оценить самоочищающиеся свойства известковых покрытий;

- разработать рецептуру отделочного состава, содержащую добавку оксида цинка, иммобилизованного на синтетических алюмосиликатах, и установить технологические и эксплуатационные параметры формируемого на ее основе покрытия;

- разработать пакет нормативно-технической документации, регламентирующий промышленное внедрение разработанного отделочного состава на основе известкового вяжущего с применением добавки оксида цинка, иммобилизованного на синтетических алюмосиликатах.

Научная новизна работы. Результат исследования заключается в разработке и обосновании технологии, позволяющей получать известковые штукатурные смеси с эффектом самоочищения, заключающейся в применении в рецептуре фотокатализатора на основе оксида цинка, иммобилизованного на синтетических алюмосиликатах. Выявлено уменьшение оптической ширины запрещенной зоны оксида цинка в присутствии синтезированного алюмосиликата до 2,7–2,9 эВ в зависимости от технологии получения фотокатализатора.

Выявлены закономерности влияния композитного фотокатализатора на основе оксида цинка, иммобилизованного на аморфных алюмосиликатах на реологические и структурные характеристики известковых штукатурных систем. Установлено, что использование синтезируемой добавки приводит к интенсификации процессов гидратации, что проявляется в увеличении доли химически связанной извести (до 68,59 %) и активном образовании вторичных гидросиликатов и гидроалюминатов кальция.

Экспериментально подтверждено влияние введения добавки оксида цинка, иммобилизованного на синтетических алюмосиликатах, на кинетику отверждения известковых покрытий. Определена оптимальная массовая доля добавки, составляющая 10% от массы вяжущего. Предложена модель

процесса твердения модифицированных известковых растворов, описывающая синергетический эффект от введения добавки оксида цинка, иммобилизованного на синтетических алюмосиликатах.

Теоретическая и практическая значимость работы. Дополнены теоретические представления о методах создания фотокаталитически активной поверхности известковых самоочищающихся покрытий при введении в состав штукатурных смесей оксида цинка, иммобилизованного на синтетическом цеолите. Обоснована эффективность использования синтетических алюмосиликатов в качестве носителя оксида цинка. Доказана возможность направленного воздействия на процессы структурообразования известковых отделочных растворов за счет введения добавок оксида цинка, иммобилизованного на синтетических алюмосиликатах, способствующих повышению прочности, снижению количества свободной извести, что позволяет проектировать строительные растворы с заданными физико-механическими и эксплуатационными характеристиками.

Разработан состав сухой известковой смеси, предназначенный для отделочных работ, и содержащий известь-пушонку, перлитовый песок марки М150, белый цемент, добавку оксида цинка, иммобилизованного на синтетических алюмосиликатах, пластификатор Melflux 1641F, релаксифицируемый порошок VINNAPAS 8031H, гидрофобизатор Zincum-5.

Отделочный слой на основе разработанной смеси обладает свойствами самоочищения и характеризуется следующими показателями: адгезионная прочность $R_{адг} = (0,38 \pm 0,02)$ МПа, когезионная прочность $R_{ког} = (0,39 \pm 0,03)$ МПа, коэффициент паропроницаемости $\mu = 0,18$ мг/(м·ч·Па), коэффициент теплопроводности $\lambda = 0,179$ Вт/(м²·°С), коэффициент размягчения $K_p = 0,78$, прочность при сжатии $R_{сж} = (4,75 \pm 0,04)$ МПа.

Разработаны технологическая схема производства известковой сухой строительной смеси и проект стандарта организации СТО «Самоочищающиеся известковые покрытия с применением добавки на основе аморфных алюмосиликатов. Технические условия».

Методология и методы диссертационного исследования. Методологическую основу диссертационного исследования составляют фундаментальные принципы научного познания, включая системный подход, сравнительный анализ и установление причинно-следственных связей между явлениями.

В процессе работы применялся комплексный методический подход, включающий в себя: современные методы физико-химического анализа (рентгенофазовый, дифференциально-термический), инструментальную микроскопию, механические испытания материалов, статистические методы верификации экспериментальных данных.

Положения, выносимые на защиту:

- научно-теоретическое обоснование и экспериментальное подтверждение технологического решения, обеспечивающее получение самоочищающихся известковых покрытий;
- результаты исследований процессов структурообразования известковых композитов с применением в рецептуре добавки оксида цинка, иммобилизованного на синтезированные алюмосиликаты;
- состав и технология получения самоочищающихся известковых покрытий с применением фотокатализатора оксида цинка, полученного путем осаждения его частиц на синтезированные алюмосиликаты; -убрать
- закономерности влияния рецептурно-технологических факторов на реологические, технологические свойства известковых составов и физико-механические свойств покрытий на их основе;
- рецептура и технологические параметры производства сухой известковой строительной смеси с применением фотокатализатора оксида цинка, иммобилизованного на аморфных алюмосиликатах, покрытия на основе которой обладают фотокаталитическими свойствами. Результаты апробации. Полученные на основе данной рецептуры покрытия обладают фотокаталитическими свойствами, обеспечивающими эффект самоочищения.

Степень достоверности результатов работы. Достоверность полученных результатов исследований основана на согласованности данных, полученных в ходе лабораторных экспериментов и их последующей промышленной апробации, применении сертифицированного оборудования, прошедшего метрологическую аттестацию, а также использовании статистических методов обработки экспериментальных данных.

Внедрение результатов исследований. Промышленные испытания и внедрение разработанной технологии были успешно проведены на производственной базе предприятия ООО РСУ «Спецработ» (г. Пенза). Результаты апробации подтвердили эффективность и технологическую реализуемость предложенных решений в условиях реального производства.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 20 научных работ, в том числе 14 научных работ опубликовано в журналах, включенных в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук», 6 работы опубликованы в сборниках трудов конференций, индексируемых в международной реферативной базе данных и системе цитирования Scopus. Техническая новизна решений подтверждена патентом РФ на изобретение.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 194 наименований,

двух приложений (изложены на 24 страницах). Диссертация изложена на 186 страницах машинописного текста и содержит 37 рисунков, 48 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Утверждение государством программы «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан Российской Федерации» предусматривается строительство жилья и объектов инфраструктуры. Для реализации этой строительной программы по жилищному строительству потребуется значительное количество разнообразных эффективных строительных материалов, с обеспечением современных требований по качеству, номенклатуре, энергоэффективности, экологическим и прочим требованиям, приближенным к стандартам Европейского Союза.

Особое место среди современных материалов занимают сухие строительные смеси (ССС). СССР имеют неоспоримые преимущества и высокую эффективность как в техническом, так и в экономическом отношении. От их эффективности зависят архитектурная выразительность и эстетика градостроительства, создание комфортных условий проживания, рациональное использование топливно-энергетических ресурсов и многое другое.

В настоящее время в мире выпускается широкая номенклатура сухих смесей для различных видов строительных работ.

В процессе эксплуатации защитно-декоративных покрытий наружных ограждающих конструкций зданий подвергаются увлажнению за счет действия дождей, высокой относительной влажности воздуха, а также за счет диффузии водяного пара через ограждающую конструкцию от внутренней поверхности к наружной в холодный период года. Экологические проблемы, такие как загрязнение воздуха побудили к применению в строительстве самоочищающихся покрытий. Одним из основных преимуществ является их способность уменьшать уровни загрязнения воздуха. Самоочищающееся покрытие с помощью механизма фотокатализа уменьшает количество загрязняющих веществ и пыли на его поверхности под воздействием УФ-излучения.

Покрытия на основе известковых составов характеризуются большей трещиностойкостью, лучше воспринимают растягивающие усилия, обладают хорошими показателями паропроницаемости и стойкостью к биоповреждениям. Однако, покрытия на основе известковых составов характеризуются низкими показателями прочности и водостойкости. Для ускорения отверждения извести и повышения стойкости известковых покрытий в рецептуру вводят различные добавки.

Представляет интерес исследование возможности применения в рецептуре известковых смесей добавок, содержащих аморфные алюмосиликаты. Взаимодействие известкового вяжущего с аморфными алюмосиликатами будет способствовать ускорению отверждения и повышению водостойкости, а также механической прочности покрытия.

В последние годы привлекает большое внимание применение самоочищающихся покрытий с использованием полупроводника оксида цинка ZnO. Для повышения фотокаталитической активности оксида цинка предложена технология иммобилизации оксида цинка на синтетических аморфных алюмосиликатах.

В работе применялась технология синтеза алюмосиликатной добавки, заключающаяся в добавлении микродисперсных порошков алюминия в натриевое жидкое стекло при температуре 60–90 °С в течении 30–120 минут.

Синтезируемая добавка представляет собой легкий порошок светлосерого цвета. В ходе синтеза добавки образуется большое количество газообразного молекулярного водорода, который создает в добавке поры различного размера и формы. Выход готового продукта составляет 90 %.

При оценке свойств добавки был проведен анализ гранулометрического состава с помощью Fritsch particle sizer Analysette 22. Установлено, что 2,48 % составляют частицы размером 0,010–2,0 мкм, содержание частиц размером 200,000–300,000 мкм составляет 0,07 % (таблица 1). Истинная плотность добавки на основе аморфных алюмосиликатов составляет $\rho_{ист} = 2100 \text{ кг/м}^3$, а насыпная $\rho_{нас} = (0,55 \pm 0,05) \text{ г/см}^3$. Выявлено, что в оксидном составе алюмосиликатной добавки преобладают оксиды алюминия, составляющие 51,03 %.

Таблица 1 – Гранулометрический состав добавки

Фракция, мкм	Процентное содержание, %
0,01–2,0	2,48
2,0–5,0	7,50
5,0–10,0	10,81
10,0–20,0	13,35
20,0–45,0	18,60
45,0–80,0	17,92
80,0–100,0	8,20
100,0–200,0	21,08
200,0–300,0	0,07

Для оценки минералогического состава синтезируемой добавки был проведен рентгенофазовый анализ. В таблице 2 приведен химический состав синтезируемой добавки.

Таблица 2 – Химический состав добавки

Наименование оксида	Содержание, %	Погрешность
Al ₂ O ₃	51.03	0.25
SiO ₂	36.36	0.24
Na ₂ O	11.89	0.16
Fe ₂ O ₃	0.110	0.006
CaO	0.107	0.005
MgO	0.105	0.005
SO ₃	0.0290	0.0014
TiO ₂	0.0124	0.0008
K ₂ O	0.0112	0.0008
Σ	99.6546	

Установлено, что минералогический состав образца, в основном, представлен кристаллическими разновидностями гидроокислов алюминия – байеритом (bayerite) – α -Al(OH)₃ и бёмитом (boehmite) – γ -AlO(OH). Кроме этого, на рентгенограмме присутствуют отражения металлического алюминия.

Результаты полнопрофильного расчета рентгенограммы образца добавки приведены на рисунке 1.

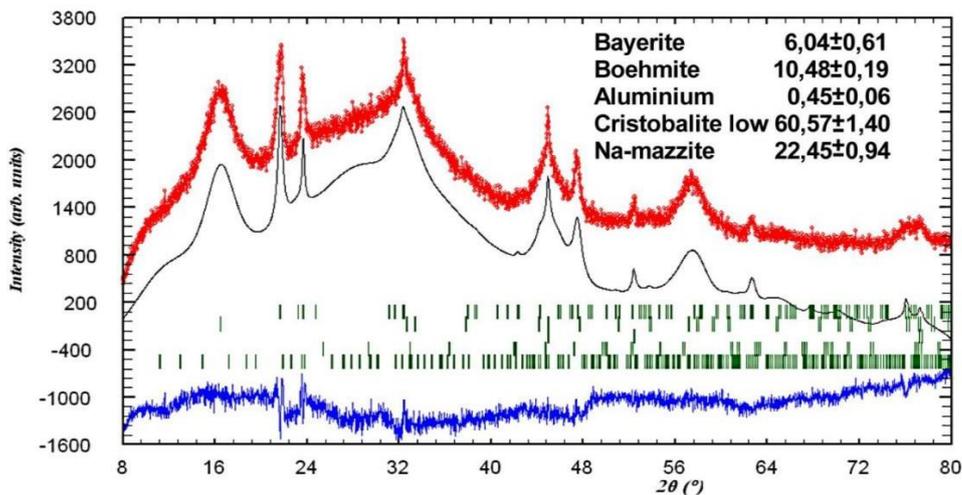


Рисунок 1 – Полнопрофильный расчет рентгенограммы образца алюмосиликатов

Для проведения количественного полнопрофильного РФА использованы структурные модели этих фаз их международной

структурной базы данных: байерит (ICSD-26830), бёмит (ICSD-93732) и алюминий (ICSD-43423)

Характерной особенностью рентгенограммы является довольно протяженная (в угловом отношении) линия фона, которую можно интерпретировать как результат рассеяния рентгеновских лучей от наноструктурированной аморфной фазы. Исходя из данных по химическому составу, можно предположить, что эта аморфная фаза, вероятно, может быть представлена наноструктурированным аморфным алюмосиликатом.

При анализе термограммы синтезируемой добавки установлено, что эндоэффект в области температур 100–135 °С связан с удалением свободной воды, потеря влаги составляет 5 % (рисунок 2). Небольшой эндоэффект при температурах 200–240 °С, составляющий 0,42 Дж, связан с началом дегидратации байерита $Al(OH)_3$, изменение массы образца составляет 11 %. Эндоэффект при температуре 310–350 °С обусловлен частичной дегидратацией байерита с переходом в бёмит $AlO(OH)$. Изменение массы образца составляет 15,5 %.

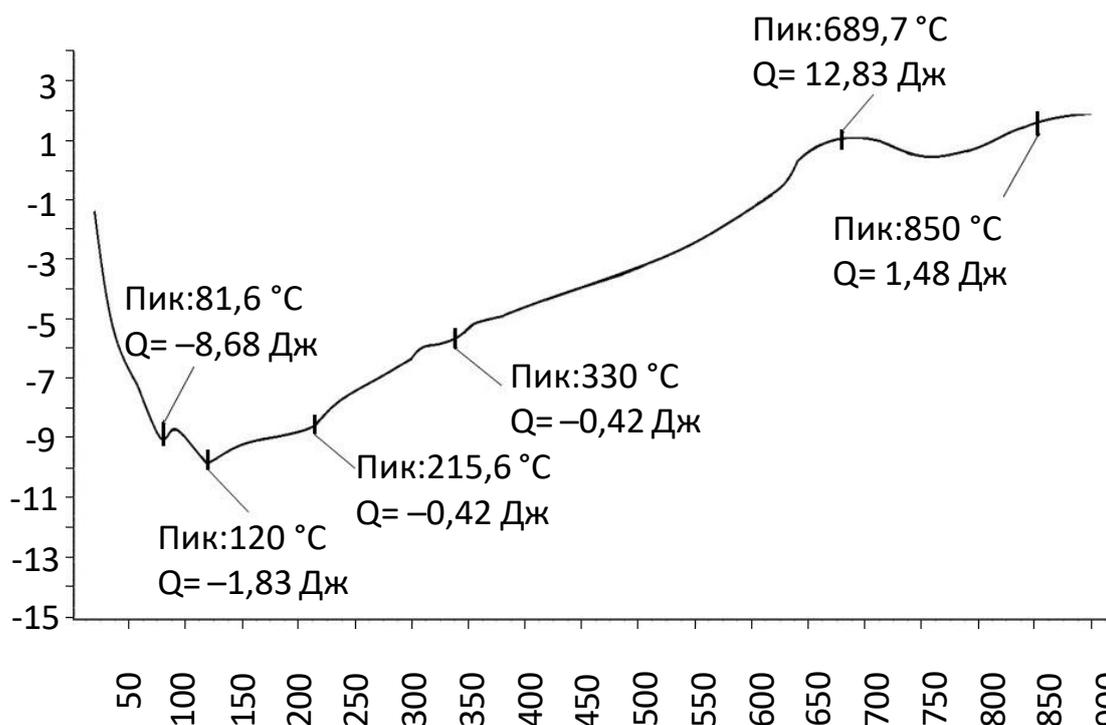


Рисунок 2 – Термограмма алюмосиликатной добавки

Исследование морфологии синтезированной добавки, выполненное с использованием сканирующего электронного микроскопа Tescan VEGA 3, выявило гетерогенную структуру, состоящую из образований различной формы. Размер частиц варьировался в диапазоне от 0,11 до 10,49 мкм (рисунок 3)

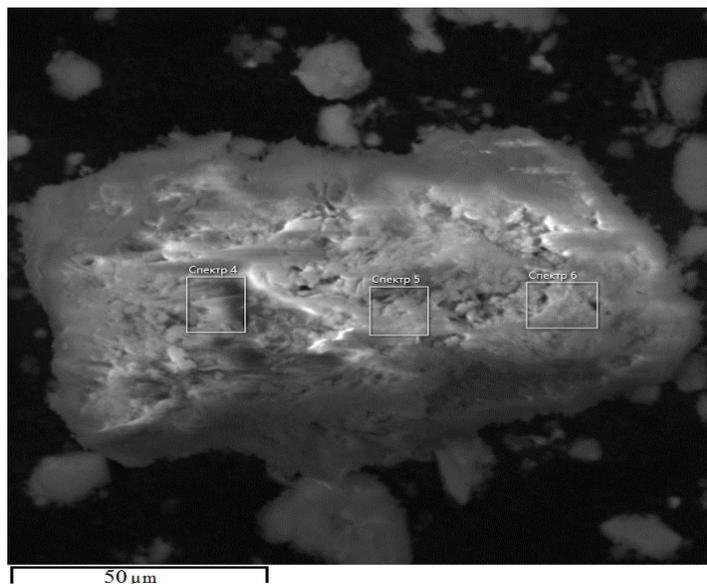


Рисунок 3 – Электронно-микроскопический снимок добавки

Высокое содержание SiO_2 , а также результаты исследований кислотно-основных свойств поверхности алюмосиликатной добавки, указывают на способность к активному взаимодействию с фотокатализатором. Представленные данные позволяют сделать вывод, что синтезируемая добавка на основе алюмосиликатов способна выступать в качестве носителя для фотокатализатора.

Для создания развитой поверхности фотокатализатора, интенсификации диффузионных процессов реагентов фотокаталитических реакций и увеличения площади контакта фотокатализатора с загрязнителем, а также поглощения и задержания в объеме фотокатализатора на более долгое время волн ультрафиолетового излучения применяли механический помол оксида цинка ZnO в планетарной мельнице. Измельчение проводили в течение 0,5, 1,5, и 3,5 ч. Полученная величина удельной поверхности составила 5,9 $\text{м}^2/\text{г}$, 6,2 $\text{м}^2/\text{г}$, 8,5 $\text{м}^2/\text{г}$ соответственно.

Фотокаталитическую активность полученных оксидов определяли в реакции разложения водного раствора красителя метиленового синего (МС) под действием УФ света. В результате установлено, что с увеличением концентрации оксида цинка наблюдается большая скорость обесцвечивания раствора.

Результаты исследований приведены на рисунке 4.

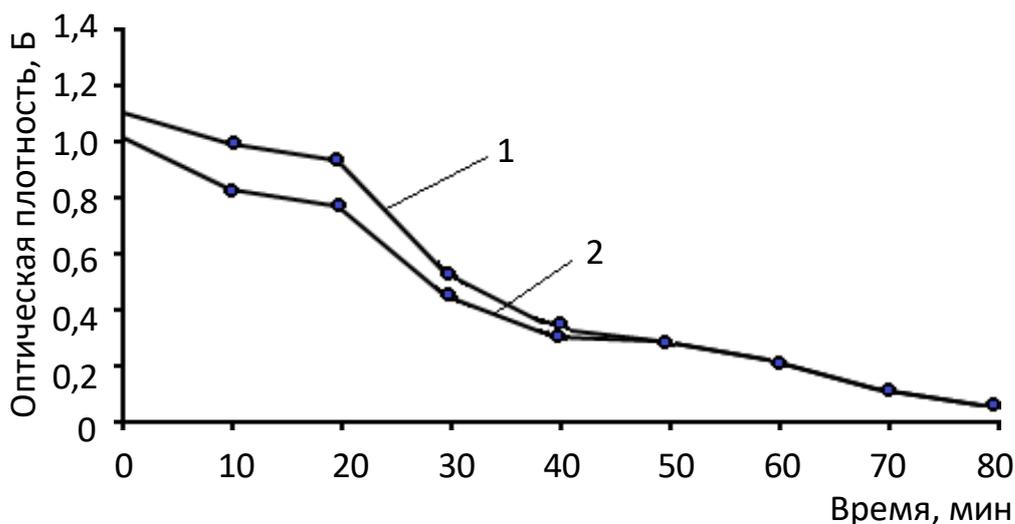


Рисунок 4 – Зависимость оптической плотности раствора красителя метиленового синего от времени облучения при содержании оксида цинка с удельной поверхностью $S=6,2 \text{ м}^2/\text{г}$:
 1 – 1,0 %; 2 – 1 % + 1 % алюмосиликатной добавки

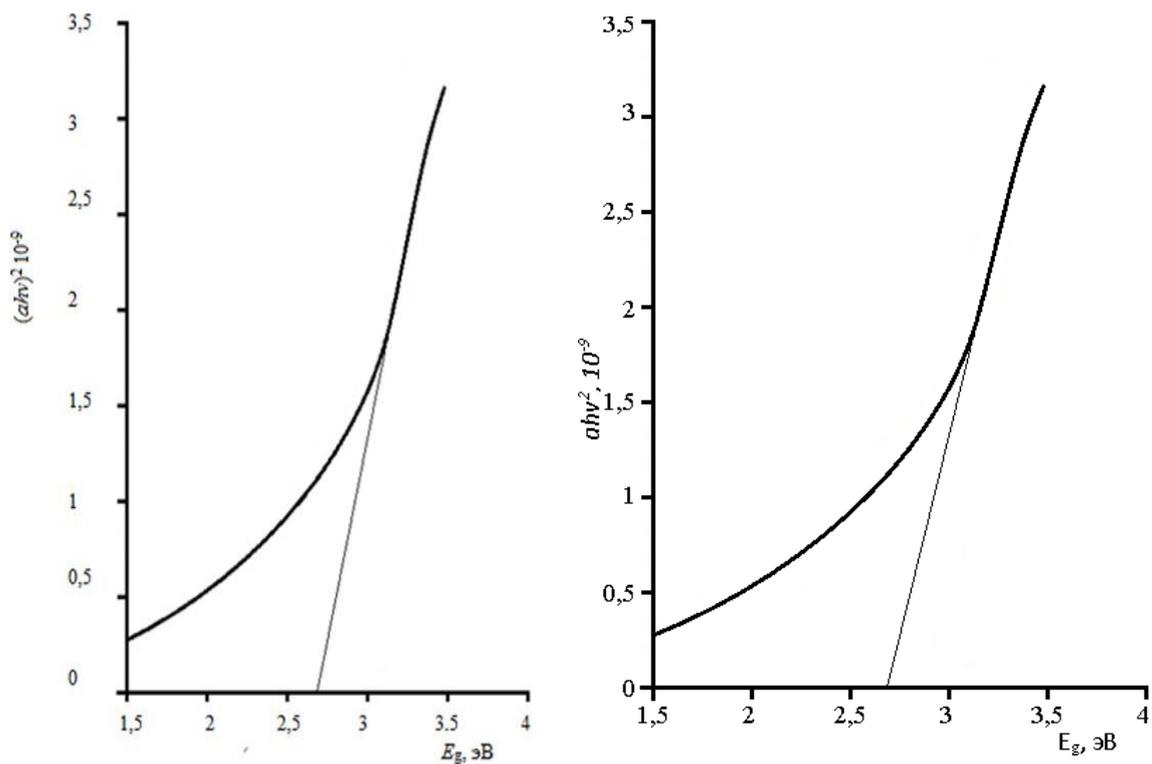
Наибольшей фотокаталитической активностью обладает оксид цинка, удельная поверхность которого составляет $8,5 \text{ м}^2/\text{г}$.

Для иммобилизации фотокатализатора на поверхности носителя применяли смешивание оксида цинка с алюмосиликатной добавкой двумя способами:

- механическое смешивание синтезированной алюмосиликатной добавки и порошка оксида цинка;
- добавление порошка оксида цинка в процессе синтеза добавки в соотношении частей 1:8:14:2 (алюминиевая пудра: жидкое стекло: вода в соотношении)

Максимальная скорость обесцвечивания раствора красителя метиленового синего наблюдается, если применяется фотокатализатор, иммобилизованный на поверхности алюмосиликатной добавки.

На рисунке 5 представлены результаты определения оптической ширины запрещенной зоны ZnO в исследуемых образцах по методу Тауца.



а)

б)

Рисунок 5 – Определение оптической ширины запрещенной зоны ZnO по методу Тауца в исследуемых образцах: а – смешивание ультрадисперсного порошка ZnO и алюмосиликатной добавки; б – алюмосиликатная добавка с внесенным в процессе синтеза ультрадисперсным порошком ZnO

Анализ полученных результатов показывает, что оптическая ширина запрещенной зоны оксида цинка составляет 2,96 эВ и 2,70 эВ, что существенно меньше типичного значения 3,37 эВ, характерного для объёмного материала. Данное обстоятельство, по всей видимости, может быть связано с легированием высокодефектного ультрадисперсного порошка ZnO ионами алюминия или кремния в процессе синтеза или смешения с алюмосиликатной добавкой, что коррелирует с данными инфракрасной спектроскопии.

Исследован характер энергетических свойств поверхности фотокатализатора оксида цинка, иммобилизованного на синтезируемых алюмосиликатах. Установлено, что кислотно-основные центры поверхности образца добавки характеризуются преобладанием центров по Бренстеду. На основании полученных данных строили кривую распределения кислотно-основных центров на поверхности добавки на основе аморфных алюмосиликатов с внесенным в процессе синтеза ультрадисперсным порошком ZnO в координатах $q_{pKa^x} = f(pK_a^x)$.

Содержание активных центров в области $pK_a < 7$ составляет 53,72 ммоль/г, в области $pK_a > 13$ – 7,70 ммоль/г (рисунок 6).

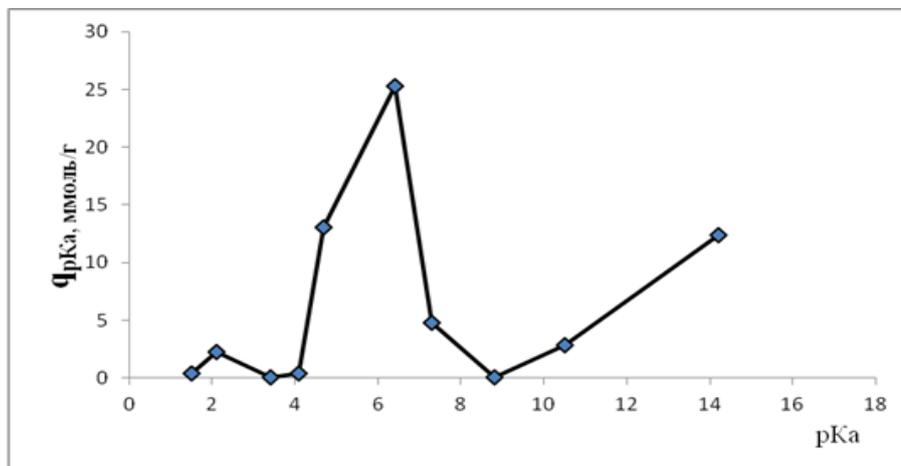


Рисунок 6 – Кривая распределения кислотно-основных центров на поверхности частиц фотокатализатора оксида цинка, иммобилизованного на синтезируемой алюмосиликатной добавке

Установлено, что кислотно-основный центр поверхности образца добавки характеризуется преобладанием центров $pK_a = +4,7$, $pK_a = +6,4$. Повышение кислотности поверхностного центра по Бренстеду ($pK_a < 7$) способствует возрастанию акцепторной способности атома элемента.

Для изучения влияния добавки синтетических алюмосиликатов с иммобилизованным оксидом цинка на процессы структурообразования известковых композитов изготавливались образцы на основе известково-пушонки 1 сорта с активностью 84,4 %. Значения прочности приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Прочность известкового композита с добавкой на основе аморфных алюмосиликатов

Содержание добавки, % от массы извести	Прочность при сжатии, МПа, возраст, сут.			
	3	7	14	28
Контрольный, В/И=1,0	0,33	0,51	0,75	1
1%	0,62	1,35	1,58	1,75
5%	0,82	1,56	2	2,16
10%	0,9	1,88	2,8	2,71
20%	0,64	1,73	2,23	2
30%	0,65	1,82	2,2	2

Содержание алюмосиликатной добавки с иммобилизованным оксидом цинка составляло 1–30 % от массы извести. Образцы твердели в воздушно-сухих условиях при температуре 18–20 °С и относительной влажности воздуха 60–70 %.

Анализ данных свидетельствует, что максимальная прочность достигается при введении добавки в количестве 10 % от массы извести. Так, прочность при сжатии образцов после 28 суток воздушного твердения с применением добавки равна $R_{сж} = 2,71$ МПа.

Однако, спустя 14 суток твердения у композитов, приготовленных на основе составов с большим содержанием алюмосиликатной добавки (20–30 % от массы извести), наблюдается снижение прочности. Очевидно, снижение прочности связано с переходом гексагонального гидроалюмината кальция $2CaAl_2O_3 \cdot 8H_2O$ в кубический $3CaAl_2O_3 \cdot 6H_2O$, что сопровождается появлением напряжений в твердеющей системе.

Повышение прочности известковых композитов при введении добавки на основе аморфных алюмосиликатов с иммобилизованным оксидом цинка обусловлено наличием дополнительных химических образований. Для подтверждения этого был проведен количественный полнопрофильный РФА. Результаты полнопрофильного расчета рентгенограммы образца приведены на рисунке 7.

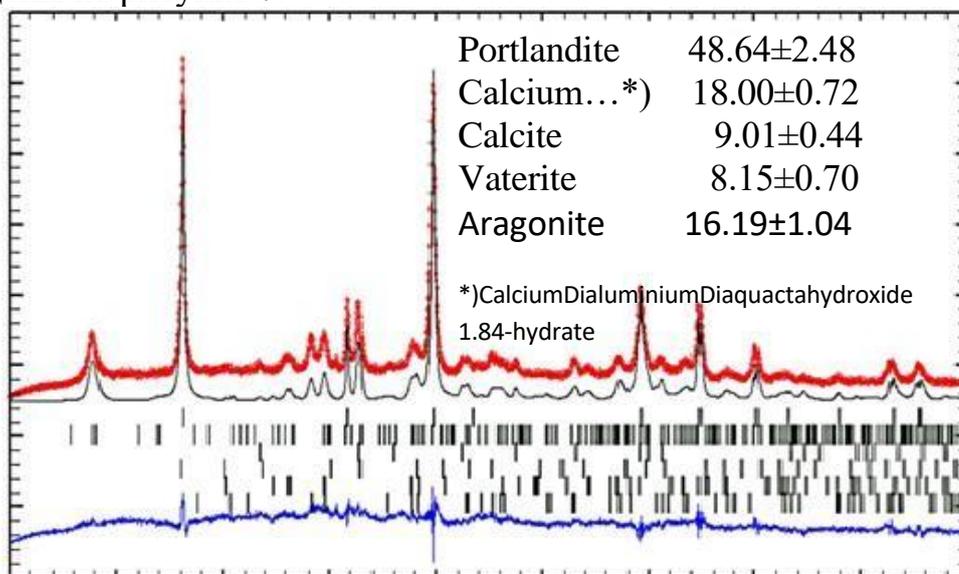


Рисунок 7 – Полнопрофильный расчет рентгенограммы известкового образца с применением фотокатализатора на основе алюмосиликатной добавки, синтезированной в присутствии ZnO

Минеральный состав этого образца представлен портландитом – $Ca(OH)_2$, тремя известными полиморфами карбоната кальция $CaCO_3$ – кальцитом, арагонитом и ватеритом. Кроме этого обнаружена фаза (первое широкое отражение на рентгенограмме), которая с большой долей вероятности может быть отнесена к гидроалюминату кальция (Calcium Dialuminium Diaqua octahydroxide 1.84-hydrate) – $CaAl_2((OH)8(H_2O)_2)(H_2O)_{1.84}$.

Рентгенофазовый анализ известкового композита в углах 2θ от 8° до 20° (рисунок 8) показал, что минералогический состав представлен гидрокарбоалюминатами кальция, d (Å), (4,613; 2,5289), гидроалюминатами кальция, d (Å), (4,099; 3,948; 3,6187; 3,47; 2,8432), гидроалюмосиликатами

кальция, d (Å), (5,016; 3,1816), кальцитом, d (Å), (3,0079; 2,7542), портландитом, d (Å), (3,1816; 2,6433), гидроалюмосиликатами натрия, d (Å), (3,6896; 2,9214; 2,6708).

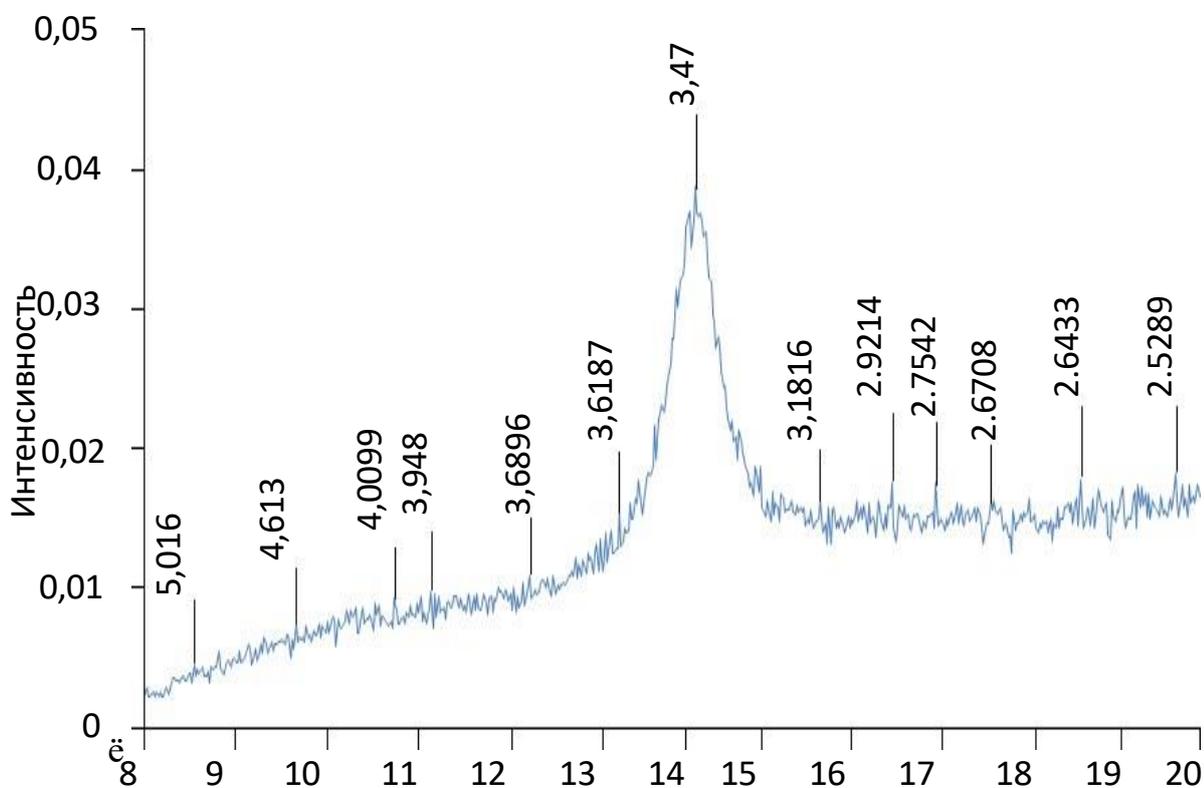


Рисунок 8 – Рентгенофазовый анализ известкового композита в углах 2θ от 8° до 20°

Для подтверждения полученных результатов был дополнительно проведен дифференциально-термический анализ с помощью установки «Термоскан-2». При ДТА известкового композита с алюмосиликатной добавкой, синтезированной в присутствии ZnO , установлено, что тепловой эффект при температуре $80\text{--}130^\circ\text{C}$, составляющий 1,227 Дж, связан с удалением свободной воды. Эндотермический эффект при температуре $150\text{--}210^\circ\text{C}$ обусловлен ступенчатой дегидратацией гидроалюмината кальция и гидрокарбоалюмината кальция. Тепловой эффект составляет 2,17 Дж. Интенсивный эндоэффект в интервале $479\text{--}550^\circ\text{C}$, составляющий 13,77 Дж, связан с дегидратацией портландита. Тепловой эффект при температуре $800\text{--}1000^\circ\text{C}$, составляющий 16,82 Дж, характеризует диссоциацию кальцита, потеря массы составляет 9,93 % (рисунок 9).

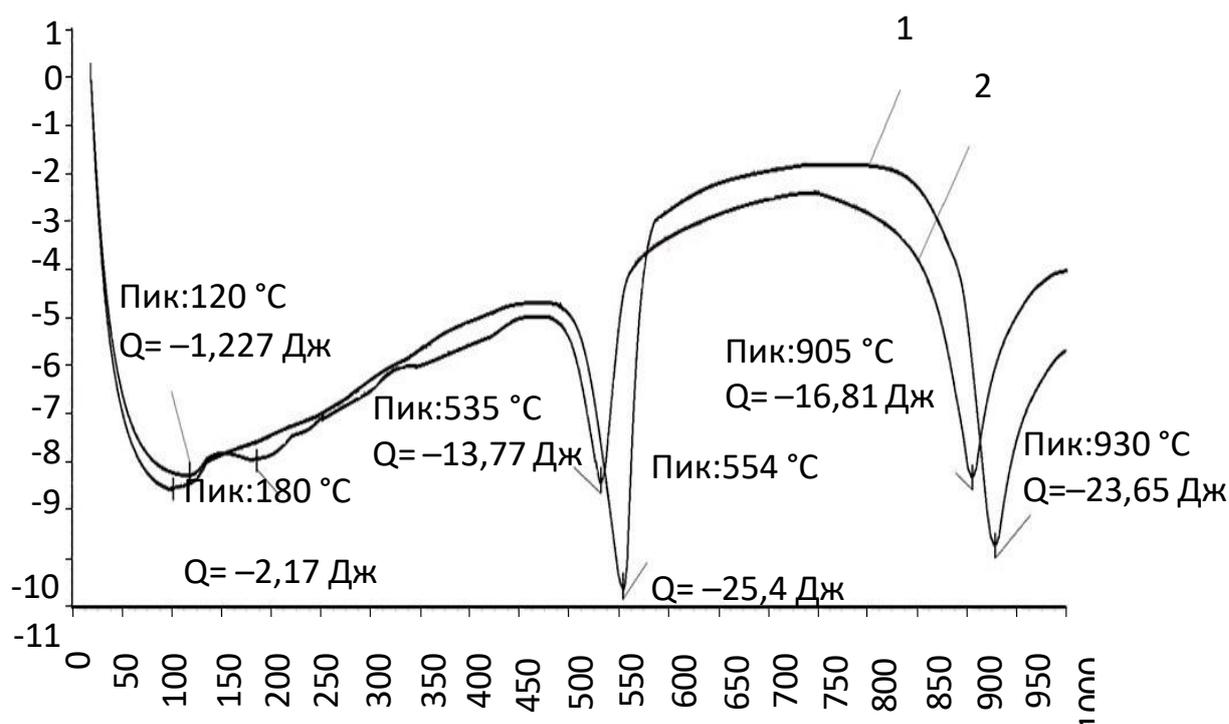


Рисунок 9 – Термограмма образцов: 1 – контрольный образец; 2 – образец с применением добавки на основе аморфных алюмосиликатов

Анализ термограмм известкового композита с добавкой на основе аморфных алюмосиликатов и контрольных образцов (без добавки) свидетельствует, что тепловой эффект, связанный с дегидратацией портландита, в контрольных образцах больше и составляет 25,63 Дж, что, видимо, обусловлено большим содержанием портландита. Это подтверждают данные о количестве химически несвязанной извести. Установлено, что в контрольных образцах в возрасте 28 суток воздушно-сухого твердения количество свободной извести составляет 47,67 %, а с применением добавки на основе аморфных алюмосиликатов – 31,41 %. Тепловой эффект в области температур 65,9–134,3 °C составляет 3,846 Дж, что также значительно больше по сравнению с образцами, содержащими добавку.

Установлено, что введение алюмосиликатной добавки, синтезированной в присутствии ZnO, в известковую систему приводит к незначительному снижению рН жидкой фазы. Так, спустя 1,5 ч с момента затворения рН контрольных составов (без добавки) составляет рН= 13,43, а с содержанием добавки 10 % – рН= 13,31. Введение в известковую систему одновременно добавки на основе аморфных алюмосиликатов и 5 % от массы извести микрокремнезема не изменяет значения рН жидкой фазы, составляющего спустя 1,5 часа рН=13,31.

При исследовании реологических свойств известкового теста установлено, что с увеличением содержания добавки на основе аморфных алюмосиликатов наблюдается некоторое возрастание значений статического напряжения сдвига и увеличение значение динамического напряжения сдвига, особенно значительно при содержании добавки более

10 %. Введение добавки в известковую смесь приводит к более быстрому набору пластической прочности. Пластическая прочность при содержании добавки 10 % от массы извести спустя восемь часов твердения составляет $\tau = 0,006217$ МПа, а у контрольного состава (без добавки) $\tau = 0,001004$ МПа. С увеличением содержания добавки пластическая прочность также возрастает.

С целью регулирования реологических свойств известковой смеси применялись пластифицирующие добавки Кратасол–ПФМ, С-3, Sika 3180, Melflux 1641 F. Применение пластифицирующих добавок приводит к более замедленному структурообразованию. Введение в смесь добавки на основе поликарбоксилатов (Sika 3180, Melflux 1641 F) вызывает больший пластифицирующий эффект по сравнению с добавками на основе лигносульфоната нафталина (С-3) и полиметиленафталинсульфонатов натрия (Кратасол–ПФМ). Добавка Melflux 1641 F обладает наиболее высоким значением водоредуцирующего коэффициента, составляющим 1,57, в то время как у добавок Кратасол–ПФМ и С-3 они составили лишь 1,42–1,38 соответственно.

Для увеличения прочности, а также улучшения когезионных и адгезионных свойств покрытия, в рецептуру ССС вводились ретиспергируемые порошки Neolith4400, VINNAPAS 5044N, VINNAPAS8031H, Mowilith Pulver DM1 142P. Наибольшую прочность после 28 суток твердения в воздушно-сухих условиях, составляющую $R_{сж} = 4,75$ МПа, показал композит с добавкой VINNAPAS 8031H.

Оценка эффективности самоочищающей способности образцов проводилась двумя способами: в соответствии с методикой испытаний ГОСТ Р 57255–2016 и по методике оценки фотокаталитического разложения органического красителя родамина В (Rhodamine В, С28Н31С1N2O3) (согласно методике итальянского стандарта UNI 11259 «Определение фотокаталитической активности гидравлических вяжущих – родамин тест») по изменению цвета образцов после ультрафиолетового облучения.

Для оценки фотокаталитической активности были изготовлены образцы покрытия на основе известкового вяжущего с применением алюмосиликатной добавки, синтезированной в присутствии ZnO, а также с добавлением перлита в качестве наполнителя. Тест проводился в возрасте семь суток. На рисунке 10 представлены фото образцов сразу после нанесения на подготовленную поверхность известковых покрытий органического загрязнителя Родамина В до и после 4, 8, 12, 26 часов облучения.

По полученным координатам рассчитывали фотокаталитическую активность.

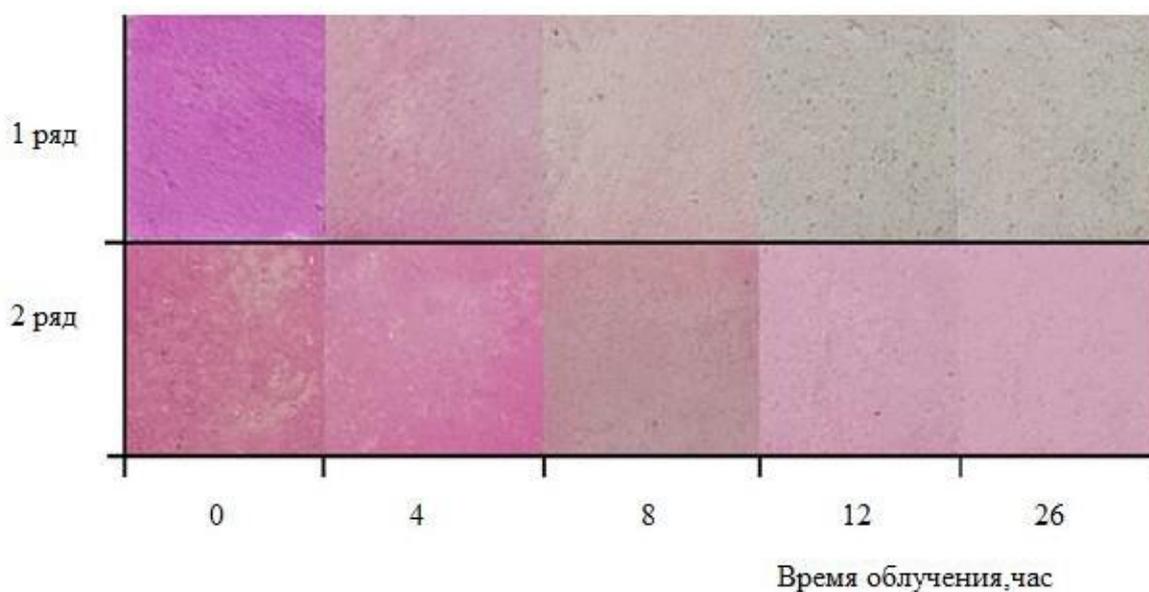


Рисунок 10 – Фото поверхности образцов известкового покрытия с нанесенным органическим загрязнителем:

1 ряд – удельная поверхность оксида цинка $8,5 \text{ м}^2/\text{г}$;

2 ряд – удельная поверхность оксида цинка $6,2 \text{ м}^2/\text{г}$

Анализ данных, представленных в таблице 4, свидетельствует, что известковое покрытие с применением фотокатализатора оксида цинка, иммобилизованного на синтетическом цеолите, проявляет фотокаталитическую активность, т.е. является самоочищающимся, так как в соответствии с итальянским национальным стандартом UNI 11259 «Photocatalysis – determination of the photocatalytic activity of hydraulic binders – rodamina test method» значения R должны быть более 20 % спустя четыре часа и более 50 % спустя 26 часов воздействия УФ излучения.

Таблица 4 – Результаты обесцвечивания родамина Б

Фотокаталитическая активность поверхности спустя, час	Значение R, %
Удельная поверхность оксида цинка $S_{уд} = 8,5 \text{ м}^2/\text{г}$	
4	55,42060279
8	67,11650922
12	97,12100765
26	98,20062978
Удельная поверхность оксида цинка $S_{уд} = 6,2 \text{ м}^2/\text{г}$	
4	21,94600374
8	40,76450147
12	48,35605453
26	51,96471532

Применение оксида цинка с более высокой удельной поверхностью в процессе синтеза фотокатализатора совместно с добавкой синтетического цеолита способствует повышению фотокаталитической активности, однако, фотокатализатор с применением оксида цинка с удельной поверхностью $S_{уд}=6,2 \text{ м}^2/\text{г}$ также обеспечивает высокие фотокаталитические свойства известковых покрытий.

Для подтверждения полученных данных также была исследована способность к самоочищению покрытия на основе разрабатываемого состава в соответствии с методикой испытаний ГОСТ Р 57255–2016. Результаты испытаний представлены на рисунке 11.

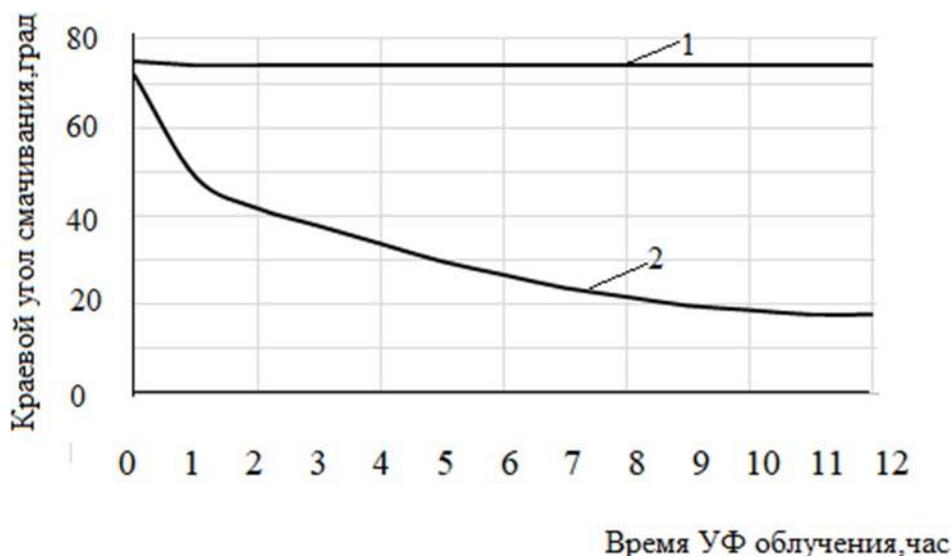


Рисунок 11 – Деградация олеиновой кислоты на поверхности известкового покрытия: 1 – покрытие без фотокатализатора; 2 – покрытие на основе состава с фотокатализатором оксидом цинка, иммобилизованным на синтетическом алюмосиликате

Значение начального краевого угла смачивания составило 75° для контрольного состава, в то время как для образца с ZnO в составе алюмосиликатной добавки – 72° . Для бездобавочного состава значение начального краевого угла смачивания является стабильным и не изменяется в результате облучения УФ. По мере увеличения времени УФ-облучения происходит постепенное снижение угла смачивания. Значение краевого угла смачивания испытываемого образца с применением фотокатализатора уменьшилось за пять часов воздействия ультрафиолетом до 26° . Это свидетельствует о том, что на поверхности за этот период исчезает гидрофобный слой олеиновой кислоты.

Снижение значения начального краевого угла смачивания после облучения поверхности УФ подтверждает фотокаталитические свойства. Таким образом, полученные двумя методами данные по определению самоочищающейся способности поверхности образца на основе

разрабатываемого состава согласуются между собой. Выявленная закономерность увеличения фотокаталитической активности с ZnO в составе алюмосиликатной добавки прослеживается как при определении краевого угла смачивания, так и при измерении интенсивности окраски органического красителя.

Штукатурка на основе разрабатываемого состава сухой строительной смеси обладает также и теплоизоляционными свойствами вследствие содержания перлитового песка. Коэффициент теплопроводности образца с содержанием 10 % добавки и 15 % перлитового песка равен $\lambda=0,158$ Вт/(м·°С).

При расчете тепловлажностного режима ограждающих конструкций, находящихся в различных климатических условиях и зонах влажности: Новосибирск, Пенза, установлено, что при отделке конструкции с внешней стороны штукатуркой на основе разрабатываемого известково-перлитового состава наблюдается смещение нулевой изотермы на 1–3 мм в сторону пониженных температур, образование меньшего количества конденсата и смещение зоны конденсации в сторону пониженных температур по сравнению с применением штукатурки на основе известково-песчаного раствора.

На основании проведенных исследований разработан состав сухой строительной смеси, включающий известь-пушонку, перлитовый песок марки М150, белый цемент, фотокатализатор оксид цинка, иммобилизованный на добавке аморфных алюмосиликатов, пластификатор Melflux 1641 F, редиспергируемый порошок Vinnapas 8031H, гидрофобизатор Zincum-5.

В таблице 5 приведены основные технологические и эксплуатационные свойства состава на основе разработанной рецептуры с применением фотокатализатора оксида цинка, иммобилизованного на добавке аморфных алюмосиликатов добавки, и покрытий на его основе.

В качестве прототипа 1 выбрана сухая цементно-перлитовая штукатурная смесь «Перлитка ШТ-4», в качестве прототипа 2 – штукатурная смесь UF-2 ТМ «УМКА», производимая компанией ООО «Экотермогруп», в качестве прототипа 3 – штукатурка цементная фасадная КНАУФ-Грюнбанд фирмы «Knauf».

Таблица 5 – Технологические и эксплуатационные свойства разработанной известковой теплоизоляционной ССС

Параметр	Ед. изм.	Величина показателя для состава			
		разработанный	прототип 1	прототип 2	прототип 3
Средняя плотность ССС	кг/м ³	700	300	550–600	1100
Удобоукладываемость		хорошая	хорошая	хорошая	хорошая

Продолжение таблицы 5

Расход состава при нанесении толщиной слоя в 10 мм	кг/м ²	8,4	3,2	5,5	12
Водоудерживающая способность	%	98,3	96,0	97,0	98
Паропроницаемость	мг/(м·ч·Па)	0,18	0,05	0,11	0,1
Прочность при сжатии	МПа	4,7	>0,5	3,5	3,5
Прочность сцепления с основанием	МПа	0,38	0,5	0,3	0,4
Морозостойкость	марка	F35	F25	F50	F35
Коэффициент теплопроводности	Вт/(м·°С)	0,18	0,07	0,13	0,35
Способность к самоочищению		да	нет	нет	нет

Анализ данных, приведенных в таблице 6, показал, что разработанный состав ССС с добавкой фотокатализатора, иммобилизованного на аморфных алюмосиликатах, обладает рядом преимуществ по сравнению с аналогами: быстрые сроки схватывания, высокая водоудерживающая способность, способность к самоочищению, высокая прочность сцепления с поверхностью при разных условиях эксплуатации и низкое значение усадочных деформаций.

Заключение

Итоги выполненного исследования

1. Разработано научно обоснованное технологическое решение, обеспечивающее получение известковых самоочищающихся покрытий фасадов зданий, заключающееся в применении в рецептуре фотокатализатора на основе оксида цинка, иммобилизованного на синтетических алюмосиликатах

2. Разработан состав сухих строительных смесей обеспечивающий получение покрытий, характеризующихся способностью к самоочищению, адгезионной прочностью $R_{адг}=0,38$ МПа, когезионной прочностью $R_{ког}=0,39$ МПа, коэффициентом паропроницаемости $\mu=0,18$ мг/(м² ч Па), водопоглощением по массе $W_T = 53$ %, усадочными деформациями $\mu = 1,3$ мм/м, маркой по морозостойкости F35

3. Предложена технология синтеза фотокатализатора, заключающаяся в введении оксида цинка, микродисперсных порошков алюминия марки ПАП-1 в натриевое жидкое стекло с модулем 2,9 и выдерживании смеси при температуре 60 °С в течение 90 мин. Установлен оптимальный является состав с соотношением компонентов алюминиевая пудра: жидкое стекло: вода: ZnO в соотношении 1: 8: 14: Выявлены закономерности изменения фотокаталитической активности фотокатализатора в зависимости от удельной поверхности оксида цинка, заключающиеся в том, что применение оксида цинка с более высокой удельной поверхностью способствует повышению фотокаталитической активности. Рекомендовано синтез фотокатализатора проводить с применением оксида цинка с удельной поверхностью $S_{уд}=6,2$ м²/г..

4. Определены свойства синтезируемого фотокатализатора: гранулометрический состав представлен частицами размером 0,01–2,0 мкм (2,48%), содержание частиц размером 80,000–100,000 мкм составляет 8,20 %. Истинная плотность равна $\rho_{ист}=2100$ кг/м³, насыпная $\rho_{нас}=(0,55\pm 0,05)$ г/см³. Химический состав представлен оксидами алюминия, составляющими 51,03 %. Выявлено уменьшение оптической ширины запрещенной зоны оксида цинка в присутствии синтезированного цеолита до 2,7–2,9 эВ в зависимости от технологии получения фотокатализатора.

5. Исследован характер энергетических свойств поверхности фотокатализатора оксида цинка, иммобилизованного на синтезируемых алюмосиликатах. Установлено, что кислотно-основной центр поверхности образца добавки характеризуется преобладанием центров по Бренстеду. Содержание активных центров в области $pK_a < 7$ составляет 53,72 ммоль/г, в области $pK_a > 13$ составляет 7,70 ммоль/г.

6. Методом РФА выявлено, что минералогический состав известкового композита представлен порландитом – $Ca(OH)_2$, тремя известными полиморфами карбоната кальция $CaCO_3$ – кальцитом, арагонитом и ватеритом, гидрокарбоалюминатами кальция, $d, (\text{Å})$ (4,613; 2,5289),

гидроалюминатами кальция $d,(\text{Å})$ (4,099; 3,948; 3,6187; 3,47; 2,8432), гидроалюмосиликатами кальция $d,(\text{Å})$ (5,016; 3,1816), кальцитом $d,(\text{Å})$ (3,0079; 2,7542), порландитом $d,(\text{Å})$ (3,1816; 2,6433), гидроалюмосиликаты натрия, $d,(\text{Å})$ (3,6896; 2,9214; 2,6708). Выявлено увеличение количества химически связанной извести на 68,59 %.

7. Установлены закономерности твердения известковых растворов с добавкой фотокатализатора на основе аморфных алюмосиликатов. Установлено, что введение добавки на основе аморфных алюмосиликатов в известковую систему приводит к незначительному снижению рН жидкой фазы, способствует повышению теплоты структурообразования. Подобрана оптимальная концентрация минеральной добавки, составляющая 10 % от массы извести. Показано, что введение в известковый состав алюмосиликатной добавки способствует повышению прочности при сжатии образцов в возрасте 28 суток воздушно-сухого твердения.

8. Установлено, что в соответствии с итальянским национальным стандартом UNI 11259, российским ГОСТ Р 57255–2016 «Бетоны фотокаталитически активные самоочищающиеся. Технические условия» известковое покрытие с применением фотокатализатора оксида цинка, иммобилизованного на синтетическом цеолите, проявляет фотокаталитическую активность, т.е. является самоочищающимся.

9. Установлены закономерности влияния рецептурно-технологических факторов на реологические и технологические свойства известковых растворных смесей. Установлен большой пластифицирующий эффект добавок на основе поликарбоксилатных эфиров по сравнению с добавками на основе модифицированных лигносульфонатов натрия в известковых системах с добавкой на основе аморфных алюмосиликатов. Установлено оптимальное содержание пластифицирующей добавки и редиспергируемого порошка. Выявлено, что совместное введение пластифицирующих и модифицирующих добавок в рецептуру известковых сухих строительных смесей способствует повышению водоудерживающей способности составов до 99,2 %.

10. Определены гидрофизические свойства самоочищающихся покрытий на основе разработанной ССС. Значение коэффициента диффузии влаги составляет 4,74 м²/с. Изучено влияние растворного слоя на основе разработанной ССС на тепловлажностное состояние ограждающих конструкций зданий. Использование покрытия на основе разработанной ССС характеризуется меньшей толщиной зоны конденсации и количеством конденсата в толще отделочного слоя.

11. Разработан проект стандарта организации (СТО)

«Самоочищающиеся известковые покрытия с применением добавки на основе аморфных алюмосиликатов. Технические условия» (Приложение Б).

Рекомендации. Проект СТО «Самоочищающиеся известковые покрытия с применением добавки на основе аморфных алюмосиликатов.

Технические условия», а также рецептуру и технологию изготовления известковой сухой строительной смеси с добавкой оксида цинка, иммобилизованного в процессе синтеза на алюмосиликаты, рекомендуется внедрить на предприятиях по производству сухой строительной смеси.

Теоретические и экспериментальные результаты диссертационной работы рекомендуются для внедрения в практику деятельности предприятий по выпуску сухих строительных смесей, а также в учебный процесс для подготовки бакалавров по направлению «Строительство».

Перспективы дальнейшей разработки темы. Положения и выводы, изложенные в диссертации, могут представлять методологическую основу для продолжения исследования.

Основные результаты диссертационного исследования изложены в следующих публикациях автора:

в рецензируемых научных изданиях, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:

1. Логанина, В.И. Влияние известковоперлитовых штукатурных покрытий на влажностный режим ограждающих конструкций / В.И. Логанина, А.Д. Рыжов // Архитектура, строительство, транспорт. 2025. Т. 5. № 3. С. 26–33. DOI: 10.31660/2782-232X-2025-3-26-33 (К3; ИФ РИНЦ – 0,570).

2. Логанина, В.И. Исследование механизма фотокаталитической активности оксида цинка в присутствии синтетического цеолита / В.И. Логанина, А.Д. Рыжов, И.А. Пронин, А.А. Карманов, Н.Д. Якушова // Вестник МГСУ. 2024. Т. 19. № 11. С. 1758–1769. DOI: 10.22227/1997-0935.2024.11.1758-1769 (К1; ИФ РИНЦ – 1,254).

3. Логанина, В.И. Фотокаталитические свойства известковых покрытий с добавкой на основе синтетических алюмосиликатов / В.И. Логанина, А.Д. Рыжов // Региональная архитектура и строительство. 2024. № 2 (59). С. 66–72. DOI: 10.54734/20722958_2024_2_66 (К1; ИФ РИНЦ – 0,584).

4. Жегера, К.В. Закономерности структурообразования известковых композитов с добавкой на основе аморфных алюмосиликатов / К.В. Жегера, А.Д. Рыжов, Ю.А. Соколова, Н.И. Шестаков // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. 2023. Т. 15. № 3. С. 220–227. DOI: 10.15828/2075-8545-2023-15-3-220-227 (ИФ РИНЦ – 0,973).

5. Логанина, В.И. Закономерности синтеза добавки на основе аморфных алюмосиликатов / В.И. Логанина, К.В. Жегера, А.Д. Рыжов // Инженерный вестник Дона. 2018. № 2 (49). С. 170. (К2; ИФ РИНЦ – 0,478).

6. Логанина, В.И. Влияние теплоизоляционной штукатурки на основе известково-перлитового состава на влажностный режим наружных стен

зданий / В.И. Логанина, А.Д. Рыжов, М.В. Фролов // Региональная архитектура и строительство. 2016. № 1 (26). С. 44–47 (К1; ИФ РИНЦ – 0,584).

7. Логанина, В.И. Оценка прочности сцепления известково-перлитовой сухой строительной смеси с применением синтезированных алюмосиликатов / В.И. Логанина, А.Д. Рыжов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2016. № 3 (687). С. 38–42 (К1; ИФ РИНЦ – 0,303).

8. Логанина, В.И. Добавка на основе синтетических алюмосиликатов для известкового композиционного вяжущего / В.И. Логанина, П.А. Полубояринов, А.Д. Рыжов // Региональная архитектура и строительство. 2016. № 3 (28). С. 28–32 (К1; ИФ РИНЦ – 0,584).

9. Логанина, В.И. Эффективность применения теплоизоляционной штукатурки на основе известково-перлитового состава с использованием алюмосиликатной добавки / В.И. Логанина, О.В. Карпова, А.Д. Рыжов // Региональная архитектура и строительство. 2016. № 1(26). С. 55–58 (К1; ИФ РИНЦ – 0,584).

10. Логанина, В.И. Реологические свойства известковых сухих строительных смесей с синтезируемой добавкой на основе аморфного алюминия / В.И. Логанина, А.Д. Рыжов // Региональная архитектура и строительство. 2015. № 1. С. 58–61 (К1; ИФ РИНЦ – 0,584).

11. Логанина, В.И. Структура и свойства синтезируемой добавки на основе аморфных алюмосиликатов / В.И. Логанина, А.Д. Рыжов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 5. С. 7–10 (К1; ИФ РИНЦ – 0,658).

12. Жегера, К.В. Методика оценки прочности сцепления растворного слоя на основе сухих строительных смесей / К.В. Жегера, И.С. Пышкина, А.Д. Рыжов, А.А. Живаев // Региональная архитектура и строительство. 2015. № 2 (23). С. 64–67 (К1; ИФ РИНЦ – 0,584).

13. Логанина, В.И. Структура и свойства синтезированной добавки на основе аморфных алюмосиликатов для сухих строительных смесей / В.И. Логанина, А.Д. Рыжов, И.В. Жерновский // Региональная архитектура и строительство. 2014. № 3. С. 25–28 (К1; ИФ РИНЦ – 0,584).

14. Логанина, В.И. Композиционное известковое вяжущее с применением алюмосиликатов / В.И. Логанина, А.Д. Рыжов // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2014. № 4. С. 80–81 (К2; ИФ РИНЦ – 0,295).

в рецензируемых научных изданиях, входящих в международную реферативную базу данных и систему цитирования Scopus:

15. Loganina V.I. Photocatalytic self-cleaning lime coatings / V.I. Loganina, A.D. Ryzhov, N.A. Shipilova, R.V. Motylev, A.V. Klyuev // Construction Materials and Products 2025. DOI: 10.58224/2618-7183-2025-8-2-8

16. Loganina V.I. Self-cleaning lime coatings for restoration and finishing of

external walls of buildings / V.I. Loganina, A.D. Ryzhov // AIP Conference Proceedings. 2025. Т. 3347 (1). P. 11-20. DOI: 10.1063/5.0290235

17. Loganina V.I. Additive based on aluminosilicates for lime dry mortar mixes / V.I. Loganina, A.D. Ryzhov, Y.P. Skachkov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. P. 12–28. DOI: 10.1088/1757-899X/441/1/012028

18. Loganina V.I. Properties of limy composites with the addition aluminosilicates / V.I. Loganina, A.D. Ryzhov // Contemporary Engineering Sciences. 2015. Т. 8. № 9. P. 409–413. DOI: 10.12988/ces.2015.5237

19. Loganina V.I. Structure and properties of synthesized additive based on amorphous aluminosilicates / Loganina V.I., Ryzhov A.D. // Case Studies in Construction Materials. 2015. Т. 3. P. 132–136. DOI: 10.1016/j.cscm. 2015.10.005

20. Loganina V.I. The limy composite binder with the use of the synthesized aluminosilicates / V.I. Loganina, L.V. Makarova, R.V. Tarasov, A.D. Ryzhov // Applied Mechanics and Materials. 2014. Т. 662. P. 11–14. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.662.11

в патентах РФ на изобретение:

21. Патент на изобретение RU 2601951 С1 Российская Федерация, МПК: С04В 41/50, С04В 28/10, С04В 111/20. Состав теплоизоляционной штукатурки / В.И. Логанина, А.Д. Рыжов; заявитель и патентообладатель Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. – Оpubл. 10.11.16. М.: Бюлл. № 31.

Рыжов Антон Дмитриевич

Самоочищающиеся известковые покрытия с применением добавки на основе аморфных алюмосиликатов.

Диссертация посвящена разработке рецептуры известкового состава, применяемого для реставрации зданий исторической застройки и отделки вновь возводимых сооружений, покрытия на основе которого обладают способностью к самоочищению. Предложено в качестве фотокатализатора применять оксид цинка, иммобилизованный на синтетическом цеолите. Разработана технология синтеза цеолита. Установлено уменьшение оптической ширины запрещенной зоны оксида цинка, иммобилизованного на синтетическом цеолите, до 2,96 эВ и 2,70 эВ.

Результаты проведенных исследований подтвердили эффективность разработанного состава по сравнению с аналогами - быстрые сроки схватывания, высокая водоудерживающая способность отделочного состава, способность к самоочищению покрытий на его основе, высокая прочность сцепления с поверхностью при разных условиях эксплуатации и низкое значение усадочных деформаций, высокая марка по морозостойкости. Разработан проект стандарта организации (СТО) «Самоочищающиеся известковые покрытия с применением добавки на основе аморфных алюмосиликатов. Технические условия».

Ryzhov Anton Dmitrievich

Self-cleaning lime coatings using an amorphous aluminosilicate-based additive.

This dissertation is devoted to the development of a lime-based coating formulation for the restoration of historic buildings and the finishing of new structures. The use of zinc oxide immobilized on a synthetic zeolite as a photocatalyst is proposed. A zeolite synthesis technology has been developed. A reduction in the optical band gap of zinc oxide immobilized on the synthetic zeolite to 2.96 eV and 2.70 eV was observed.

The results of the studies confirmed the effectiveness of the developed composition compared to similar products: fast setting time, high water retention capacity of the finishing composition, self-cleaning properties of coatings based on it, high adhesion strength to the surface under various operating conditions, low shrinkage deformation, and a high frost resistance rating. A draft organizational standard (STO) has been developed for "Self-cleaning lime coatings using an additive based on amorphous aluminosilicates. Technical specifications."