

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата химических наук

Дергуновой Елены Сергеевны на диссертацию

Балицкого Дмитрия Андреевича на тему: «Биоминерализующий состав как модифицирующий компонент ремонтных смесей», представленную

на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Для отзыва предоставлены диссертация, изложенная на 171 странице машинописного текста, которая включает 45 рисунков, 36 таблиц, список литературы из 153 наименований, 4 приложений, а также автореферат объемом 20 страниц. В приложениях приведены стандарты организации на получение: биоминерализующего состава для модификации ремонтной смеси, ремонтных смесей с биоминерализующим компонентом, акт об апробации результатов и справка о внедрении результатов научно-исследовательской работы в учебный процесс.

Актуальность диссертационной работы

Теоретическое значение и практическая актуальность диссертационной работы обусловлена фундаментальными и прикладными исследованиями в области разработки современных ремонтных составов для бетонов, отвечающих требованиям экологической безопасности. Применение микробной карбонатной биоминерализации в строительном материаловедении с учетом закона сродства структур позволяет получить модифицированные материалы, способные не только заполнять дефекты, но и влиять на структуру ремонтируемых поверхностей, повышая прочность и долговечность бетона в контексте природоподобных технологий. Изучение данной проблемы имеет существенное значение, а внедрение в ремонтные работы технологии МКБ в сочетании с рециклингом позволит обеспечить рациональное использование сырьевых ресурсов.

В этой связи, диссертационная работа Балицкого Дмитрия Андреевича направлена на разработку технологического решения, обеспечивающего получение ремонтных смесей на цементной основе с эффектом микробной карбонатной биоминерализации за счет использования в качестве модифицирующего компонента биоминерализующего состава (БС), вводимого с водой затворения.

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках: гранта РФФИ № 18-29-12011 и государственного задания Минобрнауки РФ № FZWN-2023-0006 с использованием оборудования Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

Общая характеристика работы

Диссертация изложена на 171 странице машинописного текста, включает 45 рисунков и 36 таблиц. Структура работы состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 153 наименований и приложений (СТО на получение биоминерализующего состава для модификации ремонтной смеси, СТО на получение ремонтных смесей с биоминерализующим компонентом, акт апробации, справка о внедрении результатов научно-исследовательской работы в учебный процесс). Основные результаты исследовательской работы изложены в автореферате объемом 20 страниц.

Сформулированная цель исследования соответствует теме диссертации, поставленные задачи раскрыты в содержании глав.

В литературном обзоре автором проанализирован отечественный и зарубежный опыт ученых в области применения микробной карбонатной биоминерализации с учетом технологий введения компонентов составов, участвующих в осаждении карбоната кальция; обозначены основные типы добавок для цементных систем; а также обоснована проблематика разработки и исследования цементных композитов с улучшенными эксплуатационными характеристиками с учетом сродства структур.

Автором указаны сырьевые материалы, методы и методики, применяемые в ходе выполнения исследований. В качестве заполнителя предложен рециклированный бетонный лом как подложка для биогенного минералообразования. Физико-механические и эксплуатационные характеристики определялись с применением стандартных методов исследования в лабораторных и натурных условиях.

Модифицирование ремонтных смесей биоминерализующим компонентом с использованием рециклированного заполнителя обеспечило получение составов с высокими эксплуатационными характеристиками. Научно обоснованы рациональные составы для ремонта трещин и полостей бетонных изделий, выполнен анализ технико-экономической эффективности.

Перспективность применения микробной карбонатной биоминерализации в ремонтных работах бетонных поверхностей подтверждена результатами апробации. Диссертационная работа содержит пункты научной новизны, выводы не вызывают сомнений и отвечают решению научной задачи.

***Степень обоснованности научных положений,
выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации,
их достоверность и научная новизна.***

В результате детального изучения теоретического и практического опыта сформулированы научные положения и рекомендации, представленные в диссертационной работе, основывающиеся на интеграции микробной карбонатной биомине-

рализации в ремонтные составы для восстановления объектов гражданского строительства. Выводы подтверждены комплексными научными исследованиями и реализованы в получении рациональной рецептуры и технологии ремонтных смесей, модифицированных биоминерализующим компонентом. Следует отметить, что достоверность научных положений обеспечивается результатами апробирования разработанных составов в натурных условиях, а выводы сформулированы на принципах природоподобных технологий и законе сродства структур, используемых в строительном материаловедении, и согласуются с опубликованными данными отечественных и зарубежных ученых.

В *научной новизне* автором обосновано и экспериментально подтверждено технологическое решение, обеспечивающее получение ремонтных смесей на цементной основе с эффектом микробной карбонатной биоминерализации за счет использования в качестве модифицирующего компонента биоминерализующего состава (БС), вводимого с водой затворения. Установлены рациональные концентрации биоминерализующего состава в системе «вяжущее – биоминерализующий состав – рециклированный заполнитель», не оказывающие негативного влияния на процессы гидратации цемента и продуцирующую способность бактерий. Показано, что реакции преципитации карбоната кальция, приводящие к улучшению характеристик, как самой ремонтной смеси, так и контактной зоны, обеспечивают сродство структур с насыщенной вторичным кальцитом ремонтной поверхностью и эффект самовосстановления.

Установлены закономерности влияния модифицирующей добавки биоминерализующего состава на свойства и процессы структурообразования ремонтных смесей. Введение БС в диапазоне от 2 до 10 % приводит к: снижению нормальной плотности цементного теста на 3–9 %; замедлению начала схватывания на 16–34 %; снижению среднего значения начальной скорости твердения (при введении 8 % БС) на 9 % и коэффициента торможения гидратации на 2 %; повышению прочности на сжатие цементного камня при оптимальной концентрации БС на 8 %. Рециклированный заполнитель, как дополнительный источник карбоната кальция, в зависимости от его содержания, обеспечивает повышение прочности на сжатие на 6–27 %. С уменьшением крупности РцЗ прослеживается тенденция увеличения содержания кальцита в биоминерализованной цементной матрице от 13 до 24 %. Смывы из разломов по закрытым трещинам показали увеличение количественного содержания штаммов *Bacillus pumilus* на 35 % по сравнению с образцами с БС без РцЗ. Рациональные составы модифицированной РС, характеризуются увеличением прочности на сжатие на 4–12 %, адгезии к ремонтируемой поверхности на 36–69 % по сравне-

нию с составом без БС.

Предложена феноменологическая модель структурообразования ремонтной смеси в системе «вяжущее – биоминерализующий состав – рециклированный заполнитель», при применении технологии МКБ. Поверхность карбонизованного рециклированного заполнителя ремонтного состава, а также вторичные карбонаты ремонтируемой поверхности (РП), выступают подложкой для роста биокарбонатов, являясь дополнительным источником ионов кальция. Тем самым, контактная зона между РС и РП, помимо продуктов гидратации, включает биогенные кристаллические новообразования, кольтирующие контракционные и капиллярные поры в процессе продуцирующей деятельности бактерий, пролонгируя процессы структурообразования в эксплуатационный период.

Достоверность научных положений и выводов обеспечивается использованием нормативных методов и методик исследований, наглядностью полученных результатов. В целом, работа не противоречит теоретическим и эмпирическим позициям, базирующимся на трудах ведущих отечественных и зарубежных ученых.

Автореферат соответствует содержанию диссертации, отражает ее основные положения, выносимые на защиту, обоснование актуальности и значимости работы, цели и задачи исследования. Выводы обусловлены полученными результатами.

Теоретическая и практическая значимость результатов исследований

Дополнены теоретические представления о процессах микробной карбонатной биоминерализации при использовании биоминерализующего состава в качестве модифицирующего компонента ремонтных смесей. Теоретически обосновано и экспериментально подтверждено, что введение биоминерализующего раствора в ремонтный состав на цементной основе приводит к продуцированию кристаллов карбоната кальция бактериальной культурой *Bacillus pumilus* с последующим упрочнением контактной зоны между РС и реликтовой бетонной поверхностью.

Разработаны составы ремонтных смесей, которые обеспечивают получение ремонтных растворов с прочностью на сжатие 52–60 МПа; прочностью сцепления с основанием 1,4–2,2 МПа; сохранением продуцирующей способности штаммов *Bacillus pumilus*.

Предложена технология получения ремонтных смесей, включающая приготовление биоминерализующего состава, вводимого с водой затворения не ранее 36 часов и не позднее 72 часов с момента его приготовления, непосредственно перед затворением ремонтных составов.

Полученные результаты изложены в 16 публикациях, в том числе: 6 статей в российских журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, реко-

мендованных ВАК РФ; 4 работы в изданиях, индексируемых в базе данных Scopus.

Замечания и рекомендации по диссертации и автореферату

1. В тексте диссертации автор посвятил много внимания получению рационального состава биоминерализующего состава и изучению его влияния на свойства модифицированных составов, при этом не до конца понятно, чем обоснован выбор бактерий и прекурсоров для микробной карбонатной биоминерализации.

2. Автором не указаны правила утилизации или возможности повторного использования биоминерализующего состава в случае не выработки.

3. Оформление рисунка 4.4 в диссертационной работе затрудняет интерпретацию результатов, для иллюстрации следовало выбрать поверхностные диаграммы.

4. При технико-экономическом обосновании эффективности модифицированных БС ремонтных смесей не указано, за счет чего получен экономический эффект.

5. Автором в диссертации получен значительный эффект по улучшению свойств ремонтных смесей за счет введения БС, однако экспериментальные данные приводятся на 28 сутки, при этом нет сведений какими характеристиками будут обладать модифицированные составы и ремонтируемые поверхности в более поздние сроки твердения.

6. При оценке жизнеспособности бактерий, применяемых в диссертационной работе, не рассмотрен вопрос влияния температурных факторов: циклическое изменение температур согласно климатическим условиям региона.

Замечания не имеют принципиального характера и не влияют на положительную оценку представленной диссертационной работы и носят рекомендательный характер.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным

Положением о порядке присуждения ученых степеней

Диссертация Балицкого Дмитрия Андреевича представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, в которой содержится научно-обоснованное технологическое решение, обеспечивающее получение ремонтных смесей на цементной основе с эффектом микробной карбонатной биоминерализации за счет использования в качестве модифицирующего компонента биоминерализующего состава (БС), вводимого с водой затворения. Выводы и технические рекомендации аргументированы, обладают научной новизной, а полученные результаты свидетельствуют о сложности и многоаспектности работы. Текст написан грамотным техническим языком, графический материал выполнен на высоком уровне.

Исходя из актуальности рассматриваемой тематики, научной новизны, положений, выносимых на защиту, теоретической и практической значимости получен-

ных результатов, внедрение которых, вносит значительный вклад в развитие строительного материаловедения, считаю, что диссертационная работа на тему «Биоминерализующий состав как модифицирующий компонент ремонтных смесей» 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), предъявляемым к работам, представленным на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Балицкий Дмитрий Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия.

Официальный оппонент:

Кандидат химических наук по специальности

02.00.02 – Аналитическая химия,

доцент кафедры химии

Дергунова

Елена Сергеевна

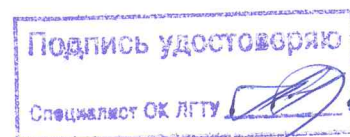
«13» ноября 2024 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Липецкий государственный технический университет»

Адрес университета: 398055 г. Липецк, ул. Московская, д. 30

Тел.: +7 (4742) 32-80-00

E-mail: dergunova14@yandex.ru



13.11.2024