

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.276.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. В.Г. ШУХОВА»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от **13.12.2024** года, протокол № 30.

О присуждении Балицкому Дмитрию Андреевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Биоминерализующий состав как модифицирующий компонент ремонтных смесей» по специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия принята к защите 11 октября 2024 г. (протокол заседания № 21) диссертационным советом 24.2.276.02, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46, приказ №544/нк от 01.07.2019 г. с изменениями приказ №1017/нк от 22.10.2024 г.

Соискатель Балицкий Дмитрий Андреевич, «24» февраля 1997 года рождения, в 2018 г. окончил ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» по направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение технологии материалов, профиль «Материаловедение и технологии конструкционных и специальных материалов» с присвоением квалификации «бакалавр».

В 2020 г. окончил ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» по направлению подготовки 28.04.03 Наноматериалы, профиль «Наноструктурированные композиты строительного и специального назначения» с присвоением квалификации «магистр».

В 2024 году окончил аспирантуру по направлению 08.06.01 «Техника и технологии строительства» направленность «Строительные материалы и изделия» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова».

Работает в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» в должности преподавателя кафедры «Материаловедения и технологии материалов».

Диссертация выполнена на кафедре «Материаловедение и технологии материалов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Строкова Валерия Валерьевна, работает в должности заведующего кафедрой «Материаловедение и технологии материалов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Официальные оппоненты:

1. Чулкова Ирина Львовна – доктор технических наук, профессор, работает в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет» в должности профессора кафедры «Промышленное и гражданское строительство»;

2. Дергунова Елена Сергеевна – кандидат химических наук, доцент, работает в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Липецкий государственный технический университет» в должности доцента кафедры химии

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства» в своем положительном отзыве, подписанном Логаниной Валентиной Ивановной, профессором, доктором технических наук (специальность 05.23.05 – Строительные материалы и изделия), заведующим кафедрой строительных материалов и технологий, **указала, что** диссертация Балицкого Дмитрия Андреевича является законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на высоком научном уровне. В работе приведено научно-обоснованное технологическое решение по созданию ремонтных смесей, модифицированных биоминерализующим составом, с повышенными эксплуатационными свойствами. Актуальность затронутых вопросов, научная новизна, теоретическая и практическая значимость результатов исследования, число публикаций соответствует критериям п. 9–11, 13, 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. в действующей редакции, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор работы Балицкий Дмитрий Андреевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия.

Соискатель имеет 16 публикаций, в том числе: 6 статей в российских

журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК РФ; 4 работы в изданиях, индексируемых в базе данных Scopus. Общий объем работ – 15,36 печ.л., личный вклад – 8,25 печ.л. Общий объем работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 9,54 печ.л., личный вклад – 5,28 печ.л.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты исследования.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК РФ

1. *Балицкий, Д.А.* Влияние микробной карбонатной биоминерализации на прочность цементного камня / Д.А. Балицкий, У.Н. Духанина, В.В. Строкова, М.Н. Сивальнева // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2024. – № 5. – С. 24–33.

2. *Духанина, У.Н.* Состав пропиточного раствора для бактериальной биоминерализации и особенности его взаимодействия с компонентами цементной системы / У.Н. Духанина, Д.А. Балицкий, В.В. Строкова, А.Ю. Есина, А.А. Кузнецова // Строительство и техногенная безопасность. – 2023. № 28 (80). – С. 37–44.

3. *Строкова, В.В.* Влияние состава и дисперсности заполнителя на его цементацию при карбонатной биоминерализации / В.В. Строкова, У.Н. Духанина, Д.А. Балицкий, О.И. Дроздов, В.В. Нелюбова, О.В. Франк-Каменецкая, Д.Ю. Власов // Строительные материалы. – 2022. – № 7. – С. 63–72.

4. *Строкова, В.В.* Полиморфизм и морфология карбонатов кальция в технологиях строительных материалов, использующих бактериальную биоминерализацию / В.В. Строкова, У.Н. Духанина, Д.А. Балицкий, О.И. Дроздов, В.В. Нелюбова, О.В. Франк-Каменецкая, Д.Ю. Власов // Строительные материалы. – 2022. – № 1–2. – С. 82–122.

5. *Духанина, У.Н.* Влияние микробной карбонатной минерализации на гидрофобность поверхности цементного камня / У.Н. Духанина, В.В. Строкова, Д.А. Балицкий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2020. – № 7. – С. 19–25.

6. *Строкова, В.В.* Применение микробной карбонатной биоминерализации в биотехнологиях создания и восстановления строительных материалов: анализ состояния и перспективы развития / В.В. Строкова, Д.Ю. Власов, О.В. Франк-Каменецкая, У.Н. Духанина, Д.А. Балицкий // Строительные материалы. – 2019. – № 9. – С. 83–103.

В изданиях, индексируемых в базах данных Scopus

1. *Strokov, V.V.* Influence of medium composition on biomineralization and morphology of newgrowths / V.V. Strokov, U.N. Duhanina, D.A. Balitsky // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Vol. 1582 (1). – Article number 012083. – DOI: 10.1088/1742-6596/1582/1/012083. (*Scopus Q4*).

2. *Strokov, V.V.* The study of the quartz sand bio consolidation processes as a

result of carbonate mineralization by urolithic bacteria / V. Strokova, U. Duhanina, **D. Balitsky** // Materials Science Forum. – 2020. – Vol. 1011. – Pp. 44–51. – DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.1011.44. (*Scopus Q4*).

3. *Strokova, V.V.* Crack closure in a cement matrix using bacterial precipitation of calcium carbonate / V.V. Strokova, U.N. Dukhanina, **D.A. Balitsky** // Lecture Notes of Civil Engineering. – 2020. – Vol. 95. – Pp. 158–164. – DOI: 10.1007/978-3-030-54652-6_24. (*Scopus Q4*).

4. *Strokova, V.V.* Effect of agents of initiation of carbonate biomineralization on cement properties / V.V. Strokova, V.V. Nelyubova, U.N. Duhanina, **D.A. Balitsky**, O.I. Drozdov // Materials Science Forum. – 2021. – Vol. 1040. – Pp. 159–164. – DOI: 10.4028/www.scientific.net/msf.1040.159. (*Scopus Q3*).

На автореферат поступило 8 отзывов от:

1. **Саламановой Мадины Шахидовны** д-ра техн. наук (2.1.5 – Строительные материалы и изделия), доцента, профессора кафедры «Технология строительного производства» ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени акад. М.Д. Миллионщикова» *замечание:*

1. Из текста автореферата трудно определить доступность, стоимость и жизнеспособность биоматериала *Bacillus pumilus* до и после приготовления биоминерализующего состава?

2. **Беленцова Юлия Алексеевича** д-ра техн. наук, (05.23.05 – Строительные материалы и изделия), профессора кафедры «Строительные материалы и технологии» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» *замечание:*

1. Оценить влияние внешних факторов (влажность, температура и т.д.) и внутренних факторов (пористость, характер терцинообразования и т.д.) на процесс биоминерализации материалов.

3. **Ильиной Лилии Владимировны** д-ра техн. наук, (05.23.05 – Строительные материалы и изделия), профессора, директора института цифровых и инженерных технологий и **Ракова Михаила Андреевича** канд. техн. наук, (05.23.05 – Строительные материалы и изделия), доцента кафедры строительных материалов, стандартизации и сертификации ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)» *замечания:*

1. При использовании в ремонтных составах бактерий основной вопрос – это продолжительность жизни данных бактерий, равномерность распределения по объему материала и использование в различных климатических условиях, например, в Сибири или на Крайнем Севере.

2. В автореферате ни одного слова не указано про экономическую эффективность и не приведено сравнение с имеющимися на рынке ремонтными составами.

4. **Федюка Романа Сергеевича** д-ра техн. наук, (2.1.5 – Строительные

материалы и изделия), доцента, профессора военного учебного центра ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ)» *замечания:*

1. Отсутствует апробация результатов на зарубежных конференциях, что можно объяснить существующими политическими реалиями.

2. На всех диаграммах нижние границы можно поднять.

5. Яковлева Григория Ивановича д-ра техн. наук, (05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы), профессора, заведующего кафедрой «Строительные материалы, механизация и геотехника» ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М.Г. Калашникова» замечания:

1. Не указано при каком увеличении проведен микроанализ образцов, что затрудняет оценку характера продуктов гидратации портландцемента в присутствии биоминерализующего состава.

2. Не представлены результаты испытания образцов на изгиб, хотя речь идет о ремонте трещин.

3. При использовании для заделки пустот цементного раствора без модифицирующего компонента отмечена усадка заделочного раствора, но не понятно – усадка сформировалась вследствие карбонизации раствора или прошли какие-то другие процессы, оказавшие образование трещин?

6. Зайченко Николая Михайловича д-ра техн. наук (05.23.05 – Строительные материалы и изделия), профессора, профессора кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов и Лахтарини Сергея Викторовича канд. техн. наук (05.23.05 – Строительные материалы и изделия), доцента, заведующего кафедрой технологий строительных конструкций, изделий и материалов ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» замечания:

1. Из текста автореферата не понятно, каким показателем удобоукладываемости характеризовались разработанные составы ремонтных смесей? Как изменяется показатель удобоукладываемости ремонтных смесей в зависимости от концентрации биоминерализующего состава в диапазоне от 2 до 10 % от массы цемента?

2. Из текста автореферата не понятно, проводились ли исследования разработанных составов ремонтных смесей на усадку/расширение?

7. Попова Александра Леонидовича канд. техн. наук (05.23.05 – Строительные материалы и изделия), и.о. заведующего кафедрой «Прикладная механика и строительное материаловедение» ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова» замечания:

1. Из автореферата не совсем ясно с чем связан промежуток времени «от 36 до 72 часов с момента его приготовления» как рекомендация для получения ремонтных смесей.

2. Также из автореферата не совсем ясно какой характер сцепления (отрыва)

наблюдался при проведении испытания по оценке прочности сцепления с основанием.

8. Кульминской Анны Алексеевны канд. биол. наук (03.00.04 – Биохимия), заведующего лабораторией биотехнологий ФГБУ «Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», руководителя Курчатовского геномного центра ПИЯФ замечания:

1. Из автореферата неясно, что означает концентрация биоминерализующего раствора от 2 % до 10 %: как в этом диапазоне менялось количество клеток на мл и содержание составляющих раствора (пептон, глюкоза, CaCl_2 и мочевины)?

2. Вопрос по оценке жизнеспособности использованных бактерий: оценивали ли соискатель, какие именно бактерии ожили после 6 месяцев выдержки образца? Это был тот же штамм *Bacillus pumilus*? Не мог ли это быть просто смыв с нестерильного образца?

Все отзывы положительные.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью в данной отрасли науки ученых, обладающих научными достижениями и глубокими профессиональными знаниями по специальности 2.1.5 Строительные материалы и изделия, которой соответствует диссертация, владеющих методами исследования, используемыми автором, способных дать объективное заключение, проявить высокую научную принципиальность и требовательность, что подтверждается значительным количеством их публикаций, а также сформулированными замечаниями и изложенными выводами в отзывах на диссертационную работу. **Ведущая организация** федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства» (ПГУАС) является одним из ведущих строительных университетов России. Важная роль отводится в ПГУАС научно-исследовательской и научно-производственной деятельности, реализующей приоритетные направления строительного комплекса страны, включая проблемы архитектуры и градостроительства, строительных конструкций, строительного материаловедения, строительных технологий и техники, экологической безопасности строительства и другие. Одним из направлений научно-исследовательской деятельности научной школы ПГУАС является разработка защитно-декоративных покрытий строительных изделий, совершенствование контроля качества строительной продукции, разработка модифицированных составов с пролонгированной долговечностью.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработано научно обоснованное технологическое решение, обеспечивающее получение ремонтных смесей на цементной основе с эффектом микробной карбонатной биоминерализации (МКБ) 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;

предложена гипотеза о том, что использование биоминерализующего состава в качестве модифицирующего компонента ремонтных смесей, обеспечивающего протекание процессов биокарбонизации, в совокупности с добавкой рециклированного заполнителя, будет способствовать уплотнению растворной части, герметизации мест заделки повреждений, предупреждению отслаивания, и пролонгации процессов за счет самозалечивания микродефектов. Идея встраивания процессов микробной карбонатной биоминерализации при проектировании ремонтных смесей согласуется с основными положениями закона сродства структур;

доказан характер влияния модифицирующей добавки биоминерализующего состава на свойства и процессы структурообразования ремонтных смесей. Введение БС в диапазоне от 2 до 10 % приводит к: снижению нормальной густоты 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 (РцЗ), 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 ремонтной смеси, характеризуются увеличением прочности на сжатие на 4–12 %, адгезии к ремонтируемой поверхности на 36–69 % по сравнению с составом без БС.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны теоретические положения, раскрывающие механизм процессов микробной карбонатной биоминерализации при использовании биоминерализующего состава в качестве модифицирующего компонента ремонтных смесей. Теоретически обоснован и экспериментально подтвержден следующий факт: 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;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс современных физико-химических методов исследования и стандартных методик, который позволил получить воспроизводимые экспериментальные данные, не противоречащие современным научным представлениям, закономерностям и результатам производственных испытаний;

изложена 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, коагулирующие контракционные и капиллярные поры в процессе продуцирующей деятельности бактерий, пролонгируя процессы структурообразования в эксплуатационный период;

раскрыта 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;

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены ремонтные смеси на цементной основе с эффектом микробной карбонатной биоминерализации за счет использования в качестве модифицирующего компонента биоминерализующего состава, вводимого с водой затворения. Апробация в натурных условиях осуществлялась при проведении ремонтных работ на объектах в зоне малоэтажной застройки Белгородского района. Результаты исследований внедрены в учебный процесс при подготовке бакалавров и магистров по направлениям «Строительство» и «Материаловедение и технологии материалов»;

определены рациональные составы ремонтных смесей, содержащие (по массе вяжущего): 8 % БС (D-глюкоза – 10 г/л, пептон – 30 г/л, $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ – 20 г/л, CaCl_2 – 20 г/л, бактериальный инокулят 5×10^6 кл/мл), 5 %, 10 %, 20 % РцЗ, вода затворения – 24 %. Для инъектирования трещин использован заполнитель фракций 0,16–0,315, 0,315–0,63 в соотношении 47/53; для заполнения полостей – 0,16–0,315, 0,315–0,63, 0,63–1,25, 1,25–2,5 в соотношении 19/21/26/34 соответственно. Разработанные составы 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*;

созданы стандарты организации на биоминерализующий состав для модификации ремонтных смесей и ремонтные смеси с биоминерализующим компонентом.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном научно-исследовательском оборудовании, согласно соответствующим государственным стандартам, а также на высокоточном оборудовании по общепринятым для строительного материаловедения методикам; воспроизводимость результатов лабораторных исследований подтверждена требуемым объемом экспериментальных данных;

теория построена на использовании фундаментальных положений строительного материаловедения, известных и проверяемых данных, касающихся вопросов применения микробной карбонатной биоминерализации в составах строительных материалов как инструмента управления процессами структурообразования и согласуется с экспериментальными данными по теме диссертации, опубликованными в отечественных и зарубежных изданиях;

идея базируется на проведенном аналитическом обзоре научной литературы, фундаментальных и прикладных исследованиях отечественных и зарубежных ученых, посвященных вопросам применения микробной карбонатной биоминерализации при получении строительных материалов;

установлено, что результаты теоретических и экспериментальных исследований не противоречат данным, представленным в ведущих научных изданиях.

Личный вклад соискателя состоит в: теоретическом обосновании и экспериментальном подтверждении технологического решения, обеспечивающего получение ремонтных составов с биоминерализующим эффектом для восстановления повреждений бетона; выполнении комплекса экспериментальных исследований, с последующей обработкой и анализом полученных результатов; участии в апробации результатов работы. Диссертация написана автором самостоятельно, охватывает основные вопросы поставленной научной задачи, обладает внутренним единством.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель Балицкий Д.А., ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию значимости проведенных исследований и полученных результатов.

Соответствие диссертации критериям Положения о присуждении ученой степени. Диссертация Балицкого Дмитрия Андреевича соответствует п. 9–11, 13, 14 Положения о порядке присуждения ученой степени, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842 (в действующей редакции), является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложено научно обоснованное технологическое решение, обеспечивающее применение биоминерализующего состава как модифицирующего компонента для получения ремонтных смесей.

На заседании 13 декабря 2024 года диссертационный совет принял решение за разработку научно обоснованного технологического решения, обеспечивающего получение ремонтных смесей на цементной основе с эффектом микробной карбонатной биоминерализации за счет использования в качестве модифицирующего компонента биоминерализующего состава, имеющего существенное значение для развития промышленности строительных материалов, присудить Балицкому Д.А. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 9 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 15, против – 0.

Председатель
диссертационного совета



Валерий Анатольевич Уваров

Учёный секретарь,
диссертационного совета

Денис Юрьевич Суслов

13.12.2024 г.