

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI: 10.34031/2071-7318-2024-10-3-8-16

*Ледайкин Н.В.**Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва**E-mail: nikita.1234.nikita@mail.ru*

МИКРООРГАНИЗМЫ НА ПОВЕРХНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ В ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ЗДАНИЯХ

Аннотация. Показано, что эффективными методами повышения долговечности материалов в условиях воздействия микробиологических сред, является модификация биодобавками их составов, а также обработка поверхности изделий биоцидными препаратами.

Объектом изучения являются композиты, изготовленные из сухой цементной штукатурной смеси и антисептических добавок типа «Санатекс. Универсал», «Антиплесень. Лакра», «DALI® Универсальный антисептик». Цель работы состоит в изучении видового состава микробиологической среды на поверхности цементных композитов с разными биоцидными добавками и установление эффективности их действия. Модификация образцов материалов осуществлялась двумя методами. В одном случае биоцидный препарат вводился вготавливаемую композицию, состоящую из сухой смеси и воды, а во втором затвердевшие бездобавочные образцы пропитывались биоцидной добавкой. Испытуемые материалы экспонировались в течение 6 месяцев в условиях воздушной среды животноводческого здания. Путём проведения биологических исследований определён видовой состав микроорганизмов заселившихся на поверхности образцов.

Результаты микробиологических исследований приведены в табличной форме. Выявлена микробиологическая эффективность применяемых биоцидных препаратов. Установлено, что при каждом методе изготовления образцов лучшие показатели были достигнуты с добавкой «Санатекс. Универсал». В этом случае находится минимальное количество заселившихся и развивающихся микроорганизмов.

Ключевые слова: цементные защитные покрытия, микробиологическая среда, бактерии, плесневые грибы, биоцидные добавки.

Введение. Повышение долговечности строительных материалов является одной из важных задач, решение которой имеет актуальный характер и требует систематических исследований. Долговечность бетонов и других цементных композитов зависит от их состава, структуры, вида и качества составляющих материалов, а также характера и интенсивности внешних агрессивных воздействий. Дegradaция свойств цементных композитов под действием микробиологических сред, относится к одному из сложных видов коррозии, приводящей материалы, изделия и конструкции, изготовленные на их основе, к достаточно быстрому разрушению.

Биологическая коррозия представляет собой процесс деструкции строительных материалов, изделий и конструкций, который протекает в результате заселения и развития живых микроорганизмов на их поверхности [1–5]. На физико-механические свойства, декоративные показатели строительных материалов (бетон, штукатурка, дерево), оказывают воздействие преимущественно такие микроскопические организмы как, плесневые грибы и бактерии [6–10].

Биологическая коррозия строительных материалов наблюдается на предприятиях пищевой промышленности и агропромышленного ком-

плекса, где присутствуют в зданиях и сооружениях органические среды. Благоприятными условиями жизнедеятельности микроорганизмов, вызывающих биокоррозию в животноводческих помещениях, являются наличие аммиака, жиров, белков, растворов солей, а также повышенная влажность и температура [4, 11, 12].

Поддержание требуемого микроклимата на животноводческих предприятиях считается важным для обеспечения долговечности строительных материалов. Его формирование складывается из множества факторов, таких как, условий окружающей среды, объёмно-планировочных решений зданий, теплотехнических характеристик ограждающих конструкций, производительности систем вентиляции, вида животных, их количества, эффективности соблюдения санитарных требований при содержании и уходе за ними. Повышенная температура, наличие в воздушной среде пыли, высокая влажность, недостаток солнечного света всё это является благоприятной средой для роста и развития микроорганизмов в виде плесени, грибов, патогенных микромицетов и бактерий, вызывающих не только биодеструкцию материалов конструкций и технологического оборудования, но и различные заболевания животных и людей [13–16]. При слабой скорости движения воздушных масс и застоя воздуха воздушной среды происходит снижение

уровня кислорода. Большая плотность животных в помещениях увеличивает количество аммиака, углекислого газа, что также способствует возникновению плесени. Наличие в помещениях животноводческой фермы сероводорода, углекислого газа и аммиака вызывает отравления, способствует снижению продуктивности и прироста массы, а также появлению различных заболеваний животных, таких как пневмония, отёк легких и др. [17].

Как правило, выделяют два основных случая развития процессов биологической коррозии [3]. В первом случае происходит непосредственное механическое воздействие микроорганизмов с поверхностью материала конструкции, приводящее к снижению прочностных показателей и ухудшению эксплуатационных характеристик. Во втором – биодеструкторы выделяют в процессе жизнедеятельности вещества, которые являются агрессивными по отношению к строительным материалам.

Не допустить наступления биологической коррозии гораздо проще и дешевле, чем в дальнейшем пытаться исправить её последствия. Для защиты строительных композитов от воздействия микроорганизмов применяются различные методы и средства защиты, выбираемые в зависимости от вида биодеструкторов и условий эксплуатации конструкции [18 – 21]. Действенным методом профилактики биокоррозии является изоляция поверхности цементных композитов биостойкими защитными покрытиями – штукатурками, красками, облицовка плиткой.

В настоящее время на отечественном и зарубежном рынке представлено большое число биоцидных добавок, которые можно применять для модификации составов цементных композитов, бетонов и других, а также защитных покрытий как на этапе приготовления смеси (растворной,

бетонной и т.д.), так и при обработке поверхностей материалов, изделий и конструкций [1, 20, 22].

Благодаря использованию биоцидных препаратов достигается увеличение биостойкости цементных строительных материалов и повышение долговечности строительных конструкций [23].

Цель исследования заключалась в определении видового состава биодеструкторов на образцах цементных композитов, выдержанных в эксплуатационных условиях животноводческого помещения и установлении эффективности модифицирующих биоцидных добавок.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- разработать составы цементных композитов, модифицированных различными видами биоцидных добавок;

- выявить видовой состав микроорганизмов, заселившихся на поверхности исследуемых образцов, выдержанных в течение 6 месяцев в воздушной среде животноводческого помещения;

- охарактеризовать идентифицированные потенциальные биодеструкторы цементных композитов, эксплуатирующихся в условиях микробиологического воздействия.

Материалы и методы

В качестве вяжущего материала при изготовлении цементных защитных покрытий применялась сухая цементная смесь марки «Axton». Модификацию цементных композиций осуществляли следующими биоцидными добавками: «Санатекс. Универсал», «Антиплесень. Лакра», «DALI. Универсальный антисептик». Основные характеристики, используемых биоцидных добавок, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Основные данные по биоцидным добавкам

| Наименование добавки | Характеристика | Плотность, г/см ³ | Изготовитель |
|----------------------------------|--|------------------------------|-------------------|
| «Санатекс. Универсал» | Прозрачная слабоокрашенная жидкость | 1,0–1,01 | ООО «Тиккурила» |
| «DALI® Универсальный антисептик» | Бесцветная жидкость | 1,0 | ООО НПП Рогнеда |
| «Антиплесень. Лакра» | Водный раствор сополимеров гексаметиленгуанидина | 1,0 | ООО «Лакра Синте» |

Модификацию цементных композитов осуществляли двумя способами. При первом способе биоцидные добавки вводились в количествах 2,5 %, 5 % и 7,5 % от массы вяжущего с водой затворения непосредственно в составы композиций при их приготовлении. Водоцементное отношение в композициях было постоянным и

равным 0,3. При втором способе модификации препараты наносили на поверхность образцов, путём их двухкратного погружения в 100 % раствор биоцида. За контрольный состав был принят бездобавочный цементный композит без обработки поверхности. Разработанные составы для исследования представлены в таблице 2.

Составы для исследований

| № № состава | Масса компонентов, % | | | Название добавки | Обработка поверхности образцов антисептиком |
|-------------------|----------------------|------|------------------------------|--------------------------------------|--|
| | Сухая штукатурка | Вода | Антисептическая до- бавка | | |
| 0 | 100 | 30 | – | – | – |
| 1 | | 27,5 | 2,5 | Санатекс. Универсал | – |
| 2 | | 25 | 5 | | – |
| 3 | | 22,5 | 7,5 | | – |
| 4 | | 30 | – | | + |
| 5 | | 27,5 | 2,5 | Антиплесень. Ла- кра | – |
| 6 | | 25 | 5 | | – |
| 7 | | 22,5 | 7,5 | | – |
| 8 | | 30 | – | | + |
| 9 | | 27,5 | 2,5 | DALI® Универсальный антисептик | – |
| 10 | | 25 | 5 | | – |
| 11 | | 22,5 | 7,5 | | – |
| 12 | 30 | – | + | | |

Для проведения эксперимента было изготовлено 39 образцов размером 1×1×3 см по 3 образца каждого состава. Изготовленные образцы после отверждения в нормальных температурно-влажностных условиях (28 суток), выдерживались в течение 6 месяцев в животноводческом помещении. Помещение здания фермы, в котором экспонировались образцы, имеет площадь 150 м² с содержанием 30 крупнорогатых животных, являлось неотапливаемым с системой вентиляции.

Животноводческая ферма находится на территории Республики Мордовия, где преобладает умеренно континентальный климат, для которого характерна холодная морозная зима и умеренно жаркое лето. На рисунке 1 приведены средние значения температуры в животноводческом помещении, в котором выдерживались образцы на основе цементных композитов.

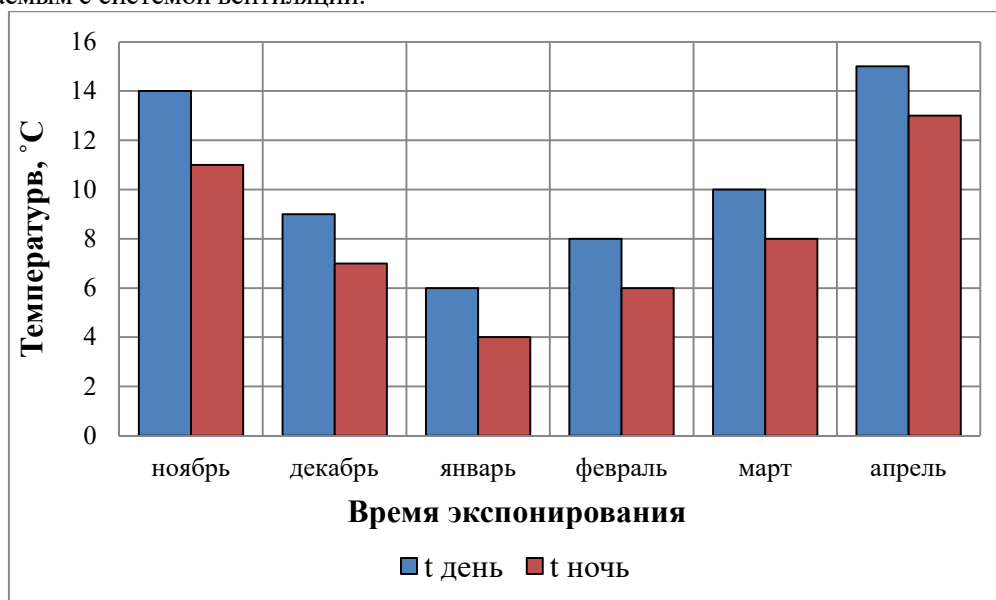


Рис. 1. Средние значения температуры в период экспонирования защитных штукатурных покрытий в животноводческом помещении

Для определения видового состава биоструктуров образцы после экспонирования в условиях животноводческой фермы, были исследованы в специализированной лаборатории на предмет бактериологического изучения смывов. С поверхности исследуемых композитов делались смывы, с которых выполнялся посев в чашки

Петри с питательной средой, содержащей мясопептонный агар (МПА). После их выдерживания в термостате в течении 48 ч при температуре 37 °C, выполнялась окраска по Граму, результат которой позволяют выявить наличие грамположительных и грамотрицательных бактерий.

Наличие таких микроорганизмов, как грибы, исследовали на предметном стекле, покрытым покровным стеклом. Приготовленные препараты для исследования бактерий изучали при увеличении 1600х, для грибов – 640х. Виды бактерий определяли с использованием справочника Берджи по бактериологической систематике [24, 25].

Экспериментальные результаты и их анализ

По результатам эксперимента был определен видовой состав микроорганизмов, идентифицированных с поверхности экспонированных образцов цементных защитных покрытий, в зависимости от метода модификации и количества биоцидных добавок, который приведен в таблице 3.

Таблица 3

Видовой состав микроорганизмов на поверхности образцов

| № Состав | Видовой состав микроорганизмов | |
|----------|---|------------------------|
| | Бактерии | Мицелиальные грибы |
| 0 | Грамотрицательные короткие палочки, расположенные одиночно и грамотрицательные бактерии сферической формы (кокки, диплококки, тетракокки) | гриб рода <i>Mucor</i> |
| 1 | Грамотрицательные мелкие палочки, расположенные одиночно и цепочкой | – |
| 2 | Грамотрицательные короткие толстые и грамотрицательные длинные палочки, расположенные парно и одиночно | – |
| 3 | Грамотрицательные мелкие палочки, расположенные парно и цепочкой | – |
| 4 | Грамотрицательные длинные, тонкие палочки, расположенные одиночно | – |
| 5 | Грамотрицательные мелкие палочки расположенные, одиночно, парно и цепочкой | – |
| 6 | Грамотрицательные короткие палочки, расположенные парно и цепочкой | – |
| 7 | Грамотрицательные длинные, тонкие палочки и грамотрицательные мелкие палочки, расположенные одиночно и парно | – |
| 8 | Грамотрицательные мелкие палочки, расположенные одиночно и грамотрицательные бактерии сферической формы (кокки, диплококки) | гриб рода <i>Mucor</i> |
| 9 | Грамотрицательные короткие небольшие палочки, расположенные одиночно | – |
| 10 | Грамотрицательные мелкие палочки расположенные парно и цепочкой | – |
| 11 | Грамотрицательные толстые, короткие палочки расположенные одиночно и парно | – |
| 12 | Грамотрицательные мелкие палочки, расположенные одиночно, парно, цепочкой и бактерии сферической формы (кокки, тетракокки) | гриб рода <i>Mucor</i> |

Бактериологический анализ позволил выявить на поверхности цементных образцов, преимущественно грамотрицательные палочки, бактерии сферической формы: кокки, диплококки и грибы рода *Mucor* (таблица 3).

Некоторые идентифицированные грамотрицательные палочковидные бактерии, вероятнее всего, согласно справочнику Берджи по бактериологической систематике, входят в группу факультативно анаэробных грамотрицательных палочек. Диаметр клетки у них может изменяться от 0,1 до 1,5 мкм. Данные микроорганизмы достаточно хорошо себя

чувствуют при температуре 37 °С, что может являться признаком возможной патогенности выявленных штаммов [24, 25]. Многие виды палочек являются болезнетворными, одни для человека и животных, другие для растений и насекомых. Из-за биохимических процессов некоторые бактерии могут стать причиной появления биоповреждений в материале (раствор, бетон), например, грамотрицательные палочки родов *Escherichia*, *Salmonella* и *Proteus* [26].

Небольшие грамотрицательные палочки, могут быть отнесены к группе аэробных хемоли-

тогетеротрофных бактерий и родственных организмов, которые по морфологическим признакам относятся к микроорганизмам рода *Thiobacillus*, входящих в подгруппу бесцветных сероокисляющих бактерий, в секцию менее своеобразных морфологически сероокисляющих бактерий. Размер клеток составляет ~ 0,5 x 1,0 – 4,0 мкм, некоторые виды могут быть подвижными за счет полярных жгутиков. В род *Thiobacillus* входят два типа организмов – облигатные аэробы и факультативные денитрификаторов. Температурный оптимум для них составляет 20 – 43 °С, степень кислотности рН изменяется от 2 до 8. Распространены данные бактерии повсеместно, в том числе, в пресной воде, почве, преимущественно при большой концентрации окисляемых соединений серы. Данные бактерии благодаря окислению соединений сыры и в последующем образования H_2SO_4 могут привести к деградации штукатурных покрытий [24].

На поверхности составов №0 (контрольный, бездобавочный), №8 (добавка «Антиплесень. Лакра»), №12 (добавка «DALI® Универсальный антисептик») микробиологическое исследование выявило наличие бактерий сферической формы, которые по определителю бактерий Берджи, могут быть отнесены к группе грамотрицательных, аэробных/микроаэрофильных палочек и кокков. Большинство бактерии из данной группы растут в атмосферных условиях, где уровень кислорода (O_2) составляет 21 %. Микроорганизмы некоторых родов могут фиксировать молекулярный азот [25]. Грамотрицательные кокки, вероятнее всего может относиться к роду *Paracoccus*. Бактерии данного рода представлены клетками сферической формы (диаметр составляет 0,5 – 0,9 мкм), а также короткими палочками (длина составляет 0,9 – 1,2 мкм). Они могут располагаться парой, группой или одиночно. Данные микроорганизмы являются неподвижными аэробами (метаболизм бактерий чисто дыхательного типа). Оптимальная температура роста для них составляет 25 – 30 °С, встречаются, как правило, в почве, а также, в природной и искусственной рапе [1]. Представители данного рода могут принимать участие в биодеградации защитных покрытий и бетона.

Выделенные грибы, на поверхности составов №0 (контрольный), №8 (биоцидный препарат «Антиплесень. Лакра»), №12 (биоцидный препарат «DALI® Универсальный антисептик») относятся к виду *Mucor hiemalis* (род *Mucor*). Оптимальной температурой для роста представителей данного вида является 20 – 30 °С и рН приблизительно 6. Данные микроорганизмы могут обитать в самых различных условиях окружающей среды и географических местоположениях [10]. В поисках питательной среды гифы плесени могут

проникать в штукатурку, бетон, кирпич, и в дальнейшем приводить материалы к деградации. Образование гриба на составах №8, №12, вероятно, произошло, по причине того, что антисептик не вводился непосредственно в штукатурную смесь, а лишь поверхность образцов обрабатывалась добавками «Антиплесень. Лакра» и «DALI Универсальный антисептик».

Анализируя вышесказанное, можем предположить, что обработка поверхности биоцидными добавками является менее эффективным способом защиты штукатурных материалов, по сравнению с составами, в которых они непосредственно вводились в состав.

Выводы

В результате микробиологического исследования цементных композитов в животноводческом здании были идентифицированы: грамотрицательные палочковидные бактерии, кокки, диплококки, грибы рода *Mucor*, заселившиеся на поверхности образцов.

В ходе эксперимента была изучена биостойкость составов защитных покрытий. Выявлены наиболее эффективные биоцидные свойства у препарата «Санатекс. Универсал», поскольку и при введении его непосредственно в штукатурную смесь в разных концентрациях и при поверхностной обработке образцов, микробиологический анализ не выявил наличие плесневых грибов.

Антисептические добавки «Антиплесень. Лакра» и «DALI Универсальный антисептик» также препятствует развитию микроорганизмов в строительных материалах бактериальной и грибковой природы, но только при условии, что антисептик будет вводиться раствор, так как при поверхностной обработке композитов он менее устойчив к биопоражениям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ледяйкин Н.В., Ледяйкина О.В. Изучение основных биодеградаторов штукатурных образцов при их экспозиции в условиях воздействия ультрафиолетового облучения и температурно-влажностных факторов // Эксперт: теория и практика. 2023. № 1 (20). С. 91–96. DOI:10.51608/26867818_2023_1_91.
2. Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф., Дергунова А.В., Богатов А.Д., Казначеев С.В., Родин А.И. Методы оценки потерь от биоповреждений и расчет расходов на защиту зданий и сооружений // Материалы VII Московского международного конгресса «Биотехнология: состояние и перспективы развития». М.: ЗЛО «Экспо-биохим-технологии», РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. 332 с.

3. Соломатов В.И., Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф., Семичева А.С., Морозов Е.А. Биологическое сопротивление материалов. Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2001. 196 с.
4. Sand W.; Microbial corrosion and its inhibition. In: Rehm H.J. (Ed.), Bio-technology, Vol. 10, 2nd ed., Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 2001. Pp. 267–316.
5. Ерофеев В.Т., Богатов А.Д., Богатова С.Н., Смирнов В.Ф. Влияние старения вяжущих на их биологическую стойкость Аннотация // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2010. № 2 (14). С. 213–217.
6. Ерофеева И.В. Исследование грибоустойчивости и фунгицидности цементных композитов в среде мицелиальных грибов // Русский инженер. 2018. № 2 (59). С. 44–47.
7. Ерофеев В.Т., Федорцов А.П., Богатов А.Д., Федорцов В.А. Биокоррозия цементных бетонов, особенности ее развития, оценки и прогнозирования // Фундаментальные исследования. 2014. С. 708–716.
8. Videla H.A., Herrera L.K.; Microbiologically influenced corrosion: looking to the future. International Microbiology. Vol. 8. No. 3. 2005. Pp. 169–180.
9. Ерофеев В.Т., Родин А.И., Калашников В.И., Ерофеева И.В., Смирнов В.Ф. Биостойкость декоративных цементных композитов // Вестник Приволжского территориального отделения РААСН. 2016. № 19. С. 304–308.
10. Ледяйкин Н. В., Ледяйкина О. В., Зоткина М. М. Микробиологическое исследование штукатурных композитов в условиях повышенной влажности и постоянной температуры / Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал // Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань: ГАОУАОВО «АГАСУ», 2022. № 4 (42). С. 39–46. DOI: 10.52684/2312-3702-2022-42-4-39-46
11. Jana D., Lewis R.A.; Acid attack in a concrete sewer pipe – a petrographic and chemical investigation. Proc. 27th Int. Conf. Cement Microscopy, ICMA, Victoria, Canada, 2005.
12. Elchishcheva T. F, Lediaikina O. V, Lediaikin N. V, Rodin A. I. Species Composition of Microorganisms in the Air Above the Samples of Cement Composites // AIP Conference Proceedings. 2023. Vol. 2612. No. 1. Pp.40013–40013. <https://doi.org/10.1063/5.0113758>
13. Booth G.H. Microbiological corrosion. London: Mills and Boon Ltd. 1971. 63 p.
14. De Belie N., Richardson M., Braam CR., Svennerstedt B., Lenehan J.J., Sonck B.; Durability of building materials and components in the agricultural environment: Part I, The agricultural environment and timber structures // Journal of Agricultural Engineering Research. 2000. 75. Pp. 225–241.
15. Alum A. Cement-based biocide coatings for controlling algal growth in water distribution canals // Cement & Concrete Composites. 2008. Vol. 30(9). Pp. 839–847.
16. Ерофеев В.Т., Богатова С.Н., Богатов А.Н. Исследование биостойкости строительных материалов, модифицированных биоцидными добавками // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 8. С. 48–53.
17. Теплякова Н.А., Омельченко Е.В. Вредное воздействие плесени и плесневых грибов на человека // Молодой ученый. 2016. №18-1 (122.1). С. 23–25.
18. Ерофеев В.Т., Родин А.И., Дергунова А.В., Сураева Е.Н., Смирнов В.Ф., Богатов А.Д., Казначеев С.В., Капушин С.Н. Биологическая и климатическая стойкость цементных композитов // Academia. Архитектура и строительство. 2016. № 3. С. 119–126.
19. Дергунова А.В., Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф., Завалишин Е.В. Повышение биостойкости строительных материалов и изделий посредством пропитки их пористой структуры // Известия Казанского государственного архитектурно-строит. ун-та. 2010. № 2(14). С. 218–222.
20. Карпенко Н.И., Карпенко С.Н., Ярмаковский В.Н., Ерофеев В.Т. О современных методах обеспечения долговечности железобетонных конструкций // Academia. Архитектура и строительство. 2015. № 1. С. 93–102.
21. Ерофеев В.Т., Комохов П.Г., Смирнов В.Ф., Светлов Д.А. Защита зданий и сооружений от биоповреждений биоцидными препаратами на основе гуанидина // под ред. П.Г. Комохова, В.Т. Ерофеева, Г.Е. Афиногенова. Изд. 2-е, испр. – Санкт-Петербург: Наука, 2010. 189 с.
22. Гусев Б.В., Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф., Дергунова А.В., Богатов А.Д. Разработка способов повышения биостойкости строительных материалов // Промышленное и гражданское строительство. 2012 №4. С. 52–58.
23. Ерофеев В.Т., Калашников В.И., Смирнов В.Ф., Карпушин С.Н., Родин А.И., Красноглазов А.М., Челмакин А.Ю. Стойкость цементных композитов на биоцидном портландцементе с активной минеральной добавкой в условиях воздействия модельной среды бактерий // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 1. С. 11–17.
24. Определитель бактерий Берджи. Том 1 / под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита, Дж. Стейли, С. Уильямса // пер. с англ. под ред. акад. РАН Г.А. Заварзина. М.: Мир, 1997. 429 с.

25. Определитель бактерий Берджи. Том 2 / под. ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита, Дж. Стейли, С. Уильямса // пер. с англ. под ред. акад. РАН Г.А. Заварзина. М.: Мир, 1997. 368 с.

26. Cwalina B. Biodeterioration of Concrete. Architecture Civil Engineering Environment. 2008. No. 1. Pp. 133–140.

Информация об авторах

Ледяйкин Никита Васильевич, аспирант кафедры строительных материалов и технологий. E-mail: nikita.1234.nikita@mail.ru. Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, Институт Архитектуры и Строительства. Россия, 430000, Саранск, ул. Советская, д. 24.

Поступила 07.10.2024 г.

© Ледяйкин Н.В., 2025

Ledyaykin N.V.

National Research Mordovian State University named after N. P. Ogarev

E-mail: nikita.1234.nikita@mail.ru

MICROORGANISMS ON THE SURFACE OF STRUCTURES IN LIVESTOCK BUILDINGS

Abstract. It is shown that effective methods of increasing the durability of materials under the influence of microbiological media are modification of their compositions with dietary supplements, as well as surface treatment of products with biocidal preparations.

The object of study is composites made of dry cement plaster mixture and antiseptic additives of the Sanatex type. Universal", "Antiplesen. Lacra", "DALI ® A universal antiseptic." The purpose of the work is to study the species composition of the microbiological environment on the surface of cement composites with various biocidal additives and to establish the effectiveness of their action. Modification of the material samples was carried out by two methods. In one case, a biocidal preparation was introduced into a prepared composition consisting of a dry mixture and water, and in the second, the solidified additive-free samples were impregnated with a biocidal additive. The test materials were exposed for 6 months in the air environment of the livestock building. By conducting biological studies, the species composition of microorganisms settled on the surface of the samples was determined. The results of microbiological studies are presented in tabular form. The effectiveness of the applied biocidal preparations has been revealed. It was found that for each method of sample production, the best performance was achieved with the addition of Sanatex. Universal". In this case, there is a minimum number of settled and developing microorganisms.

Keywords: cement protective coatings, microbiological environment, bacteria, mold fungi, biocidal additives.

REFERENCES

1. Ledyaykina O.V., Ledyaykin N.V. The study of the main biodestructors of plaster samples during their exposure to ultraviolet radiation and temperature and humidity factors [Izucheniye osnovnykh biodestruktorov shtukaturnykh obraztsov pri ikh ekspozitsii v usloviyakh vozdeystviya ultrafioletovogo oblucheniya i temperaturno-vlazhnostnykh faktorov]. Expert: theory and practice. 2023. Vol. 20. No. 1. Pp. 91–96. (rus)

2. Erofeev V.T., Smirnov V.F., Dergunova A.V. Bogatov A.D., Kaznacheyev S.V. Rodin A.I. Methods for assessing losses from biological damage and calculating the cost of protecting buildings and structures [Metody otsenki poter ot biopovrezhdeniy i raschet raskhodov na zashchitu zdaniy i sooruzheniy]. Materialy VII Moskovskogo mezhdunarodnogo kongressa "Biotekhnologiya: sostoyaniye i per-

spektivy razvitiya". M.: ZLO "Expo-Biochim Technologies", RXTU name D. I. Mendeleeva, 2013. 332 p.

3. Solomatov V.I., Erofeev V.T., Smirnov V.F., Semicheva A.S., Morozov E.A. Biological resistance of materials [Biologicheskoye soprotivleniye materialov]. Saransk: Mordovian University Press, 2001. 196 p. (rus)

4. Sand W.; Microbial corrosion and its inhibition. In: Rehm H.J. (Ed.), Bio-technology, Vol. 10, 2nd ed., Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 2001. Pp. 267–316.

5. Erofeev V.T., Bogatov A.D., Bogatova S.N., Smirnov V.F. The effect of aging of binders on their biological resistance Abstract [Vliyaniye stareniya vyazhushchikh na ikh biologicheskuyu stoykost Annotatsiya]. Proceedings of the Kazan State University of Architecture and Civil Engineering. 2010. Vol. 14. No. 2. Pp. 213–217. (rus)

6. Erofeeva I.V. Investigation of fungal resistance and fungicidal properties of cement composites in the environment of mycelial fungi [Issledovaniye gribostoykosti i fungitsidnosti tsementnykh kompozitov v srede mitselialnykh gribov]. Russian Engineer. 2018. Vol. 59. No. 2. Pp. 44–47. (rus)
7. Erofeev V.T., Fedortsov A.P., Bogatov A.D., Fedortsov V.A. Biocorrosion of cement concrete, features of its development, assessment and forecasting. [Biokorroziya tsementnykh betonov. osobennosti iye razvitiya. otsenki i prognozirovaniya]. Basic research. 2014. Pp. 708–716. (rus)
8. Videla H.A., Herrera L.K.; Microbiologically influenced corrosion: looking to the future. International Microbiology. Vol. 8. No. 3. 2005. Pp. 169–180.
9. Erofeev V.T., Rodin A.I., Kalashnikov V.I., Erofeeva I.V., Smirnov V.F. Biostability of decorative cement composites [Biostoykost dekorativnykh tsementnykh kompozitov]. Bulletin of the Volga territorial branch of the RAASN. 2016. No. 19. Pp. 304–308. (rus)
10. Ledyaykin N.V., Ledyaykina O.V., Zotkina M.M. Microbiological study of plaster composites under conditions of high humidity and constant temperature [Mikrobiologicheskoye issledovaniye shtukaturnykh kompozitov v usloviyakh povyshennoy vlazhnosti i postoyannoy temperatury]. Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Region: scientific and technical journal. Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering. Astrakhan: GAOUAOVO "AGASU", 2022. Vol. 42. No. 4. Pp. 39–46. (rus)
11. Jana D., Lewis R.A. Acid attack in a concrete sewer pipe – a petrographic and chemical investigation. Proc. 27th Int. Conf. Cement Microscopy, ICMA, Victoria, Canada, 2005.
12. Elchishcheva T.F., Lediaikina O.V., Lediaikin N.V., Rodin A.I. Species Composition of Microorganisms in the Air Above the Samples of Cement Composites. AIP Conference Proceedings. 2023. Vol. 2612. No. 1. Pp.40013–40013.
13. Booth G.H. Microbiological corrosion. London: Mills and Boon Ltd. 1971. 63 p.
14. De Belie N., Richardson M., Braam CR., Svennerstedt B., Lenehan J.J., Sonck B.; Durability of building materials and components in the agricultural environment: Part I, The agricultural environment and timber structures. Journal of Agricultural Engineering Research. 2000. 75. Pp. 225–241.
15. Alum A. Cement-based biocide coatings for controlling algal growth in water distribution canals. Cement & Concrete Composites. 2008. Vol. 9. No. 30. Pp. 839–847.
16. Erofeev V.T., Bogatova S.N., Bogatov A.N. Study of the biostability of building materials modified with biocidal additives [Issledovaniye biostoykosti stroitelnykh materialov. modifitsirovannykh biotsidnymi dobavkami]. Industrial and civil construction. 2018. No. 8. Pp. 48–53. (rus)
17. Teplyakova N.A., Omelchenko E.V. Harmful effects of mold and mold fungi on humans [Vrednoye vozdeystviye pleseni i plesnevykh gribov na cheloveka]. Young scientist. 2016. Vol. (122.1). No. 18-1. Pp. 23–25. (rus)
18. Erofeev V.T., Rodin A.I., Dergunova A.V., Suraeva E.N., Smirnov V.F., Bogatov A.D., Kaznacheev S.V., Kapushin S.N. Biological and climatic resistance of cement composites [Biologicheskaya i klimaticheskaya stoykost tsementnykh kompozitov]. Academia. Architecture and construction. 2016. No. 3. Pp. 119–126. (rus)
19. Dergunova A.V., Erofeev V.T., Smirnov V.F., Zavalishin E.V. Increasing the biostability of building materials and products by impregnating their porous structure [Povysheniye biostoykosti stroitelnykh materialov i izdeliy posredstvom propitki ikh poristoy struktury]. News of the Kazan State University of Architecture and Civil Engineering. 2010. Vol. 14. No. 2. Pp. 218–222. (rus)
20. Karpenko N.I., Karpenko S.N., Yarmakovskiy V.N., Erofeev V.T. On modern methods of ensuring the durability of reinforced concrete structures [O sovremennykh metodakh obespecheniya dolgovechnosti zhelezobetonnykh konstruksiy]. Academia. Architecture and construction. 2015. No. 1. Pp. 93–102. (rus)
21. Erofeev V.T., Komokhov P.G., Smirnov V.F., Svetlov D.A. Protection of buildings and structures from biodamage with biocidal preparations based on guanidine [Zashchita zdaniy i sooruzheniy ot biopovrezhdeniy biotsidnymi preparatami na osnove guanidine]. St. Petersburg: Science, 2010. 189 p. (rus)
22. Gusev B.V., Erofeev V.T., Smirnov V.F., Dergunova A.V., Bogatov A.D. Development of methods for increasing the biostability of building materials [Razrabotka sposobov povysheniya biostoykosti stroitelnykh materialov]. Industrial and civil construction. 2012. No. 4. Pp. 52–58. (rus)
23. Erofeev V.T., Kalashnikov V.I., Smirnov V.F., Karpushin S.N., Rodin A.I., Krasnoglazov A.M., Chelmakin A.Yu. Resistance of cement composites based on biocidal Portland cement with an active mineral additive under exposure to a model bacterial environment [Stoykost tsementnykh kompozitov na biotsidnom portlandtsemente s aktivnoy mineralnoy dobavkoy v usloviyakh vozdeystviya modelnoy sredy bakteriy]. Industrial and civil construction. 2016. No. 1. Pp. 11–17. (rus)
24. Houlton J., Krieg N., Smith P., Staley J., Williams S. Burgee's Bacteria Determinant [Opredelitel

bakteriy Berdzhii]. Volume 1. M.: World, 1997. 429 p. (rus)

25. Hoult J., Krieg N., Smith P., Staley J., Williams S. Burgee's Bacteria Determinant [Opredelitel

bakteriy Berdzhii]. Volume 2. M.: World, 1997. 368 p. (rus)

26. Cwalina B. Biodeterioration of Concrete. Architecture Civil Engineering Environment. 2008. No. 1. Pp. 133–140.

Information about the authors

Ledyaykin, Nikita V. Postgraduate student at the Department of Construction Materials and Technologies. E-mail: nikita.1234.nikita@mail.ru. National Research Mordovian State University named after. N. P. Ogareva, Institute of Architecture and Construction. Russia, 430000, Saransk, st. Sovetskaya, 24

Received 07.10.2024

Для цитирования:

Ледяйкин Н.В. Микроорганизмы на поверхности конструкций в животноводческих зданиях // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2025. № 3. С. 8–16. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-10-1-8-16

For citation:

Ledyaykin N.V. Microorganisms on the surface of structures in livestock buildings. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2025. No. 3. Pp. 8–16. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-10-3-8-16