ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 70005— 2022

СОХРАНЕНИЕ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ОТ БИОПОРАЖЕНИЙ

Классификация, методы защиты и ликвидации последствий. Общие требования

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2022

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «БиоспейсСтрой» (ООО «БиоспейсСтрой») совместно с Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» и Федеральным автономным учреждением «РосКапСтрой» (ФАУ «РосКапСтрой»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 082 «Культурное наследие»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11 февраля 2022 г. № 63-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «РСТ», 2022

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Общие положения 3
5 Предупреждение биоповреждений строительных конструкций, элементов интерьера и декора в исторических зданиях и сооружениях 5
5.1 Предупреждение биоповреждений строительных конструкций, элементов интерьера и декора микроорганизмами 5
5.2 Предупреждение биоповреждений строительных конструкций микроводорослями 7
5.3 Предупреждение биоповреждений строительных конструкций лишайниками 7
5.4 Предупреждение биоповреждений строительных конструкций макробиодеструкторами 7
5.5 Предупреждение биоповреждений деревянных строительных конструкций, элементов интерьера и декора насекомыми — вредителями древесины 7
6 Порядок проведения и состав работ по обследованию строительных конструкций, элементов интерьера и декора исторических зданий и сооружений, подвергающихся биоповреждению 8
6.1 Общие рекомендации 8
6.2 Инженерно-техническое обследование строительных конструкций, элементов интерьера и декора, поврежденных микроорганизмами 8
6.3 Инженерно-техническое обследование строительных конструкций, элементов интерьера и декора, поврежденных домовыми грибами 9
6.4 Инженерно-техническое обследование строительных конструкций, поврежденных лишайниками и самосевными растениями (мхи, травы, кусты, деревья) 10
6.5 Инженерно-техническое обследование деревянных строительных конструкций, элементов интерьера и декора, поврежденных дереворазрушающими насекомыми 10
7 Ликвидация последствий биоповреждения строительных конструкций, элементов интерьера и декора исторических зданий и сооружений 10
7.1 Методы ликвидации последствий биоповреждения строительных конструкций, элементов интерьера и декора, вызванных микроорганизмами и домовыми грибами 10
7.2 Методы ликвидации последствий биоповреждения строительных конструкций и элементов декора, вызванных макробиодеструкторами 11
7.3 Методы ликвидации последствий биоповреждения деревянных строительных конструкций, элементов интерьера и декора, вызванных дереворазрушающими насекомыми 11
Приложение А (справочное) Виды биодеструкторов 12
Приложение Б (обязательное) Определение степени биоповреждения строительных конструкций, элементов интерьера и декора на стадии предпроектных работ при реставрации исторических зданий и сооружений 18
Приложение В (обязательное) Метод определения степени биостойкости строительных материалов к воздействию микроорганизмов. 20
Приложение Г (обязательное) Методы отбора проб материалов, поврежденных микробиодеструкторами 24
Приложение Д (обязательное) Методы лабораторных исследований материалов, поврежденных микробиодеструкторами 26
Приложение Е (справочное) Причины биоповреждения строительных материалов и конструкций исторических зданий и сооружений 29
Приложение Ж (обязательное) Метод оценки эффективности биоцидных составов 30
Приложение И (обязательное) Методы ликвидации последствий биоповреждений строительных конструкций исторических зданий и сооружений 31
Приложение К (справочное) Виды и механизмы биологического воздействия на здания и сооружения 36
Приложение Л (обязательное) Общие требования к обеспечению исследовательской лаборатории по определению видового и количественного состава биодеструкторов 40
Приложение М (обязательное) Формы отчета по исследованию строительных конструкций, элементов интерьера и декора исторических зданий, имеющих биоповреждение . . . 41
Библиография 45

Введение

Настоящий стандарт содержит основные положения и рекомендации по обследованию строительных конструкций, имеющих признаки биоповреждения различными биодеструкторами, оценке их технического состояния, разработке мероприятий по ликвидации последствий биоповреждения строительных конструкций с целью защиты строительных конструкций исторических зданий и сооружений от агрессивных биологических воздействий окружающей среды. Настоящий стандарт разработан для применения его при проектировании, реставрации и реконструкции исторических зданий и сооружений, являющихся объектами культурного наследия. Настоящий стандарт разработан с учетом последних достижений в области защиты от биологического повреждения строительных материалов и конструкций.

Настоящий стандарт включает:

- рекомендации по предупреждению биоповреждений строительных конструкций;
- методы обследования конструкций, имеющих признаки биоповреждения, на стадии предпроектных работ при реставрации и реконструкции исторических зданий и сооружений;
- методы ликвидации последствий биоповреждения строительных конструкций исторических зданий и сооружений;
- рекомендации по оценке степени биоповреждения строительных конструкций;
- методы исследования биоповрежденных материалов;
- метод оценки биостойкости материалов;
- метод оценки эффективности биоцидных составов;
- рекомендации по организации лабораторных исследований биоповрежденных материалов.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СОХРАНЕНИЕ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ОТ БИОПОРАЖЕНИЙ

Классификация, методы защиты и ликвидации последствий. Общие требования

Preservation of cultural heritage objects from biological damage.
Classification, methods of protection and elimination of consequences. General requirements

Дата введения — 2022—05—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает общие требования по защите строительных конструкций, элементов интерьера и декора зданий и сооружений, являющихся объектами культурного наследия, от биологических воздействий.

Настоящий стандарт предназначен для применения при проектировании реставрации и реконструкции исторических зданий и сооружений, являющихся объектами культурного наследия.

Настоящий стандарт допускается применять для зданий и сооружений, не относящихся к объектам культурного наследия.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 9.048—89 Единая система защиты от коррозии и старения. Изделия технические. Методы лабораторных испытаний на стойкость к воздействию плесневых грибов

ГОСТ 16483.7 Древесина. Методы определения влажности

ГОСТ 21718 Материалы строительные. Диэлькометрический метод измерения влажности

ГОСТ 24816 Материалы строительные. Метод определения равновесной сорбционной влажности

ГОСТ Р 55567—2013 Порядок организации и введения инженерно-технических исследований на объектах культурного наследия. Памятники истории и культуры. Общие требования

ГОСТ Р 56198—2014 Мониторинг технического состояния объектов культурного наследия. Недвижимые памятники. Общие требования

СП 17.13330.2017 «СНиП II-26-76 Кровли»

СП 28.13330.2017 «СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии»

СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий»

СП 64.13330.2017 «СНиП II-25-80 Деревянные конструкции»

СП 112.13330.2011 «СНиП 21-01-97* Пожарная безопасность зданий и сооружений»

СП 118.13330.2012 «СНиП 31-06-2009 Общественные здания и сооружения»

СП 131.13330.2020 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология»

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов (сводов правил) в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на

Издание официальное

который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **анаэробы (анаэробные организмы):** Организмы, способные жить и развиваться при отсутствии в среде свободного кислорода.

3.2 **антисептик:** Химическое вещество, предохраняющее материалы от разрушения микроорганизмами, способное уничтожать или подавлять развитие биодеструкторов.

3.3 **автотрофы:** Организмы, способные синтезировать органические соединения из неорганических.

3.4 **аэробы (аэробные организмы):** Организмы, способные жить и развиваться только при наличии в среде свободного кислорода, который они используют в качестве окислителя (большинство организмов).

3.5 **бактерии:** Мелкие микроорганизмы (почти всегда одноклеточные), лишенные оформленного ядра; для питания используют материалы как органической, так и неорганической природы.

3.6 **биодеструктор (агент биоповреждения):** Организм, повреждающий материал.

3.7 **биодеструкция:** Процесс разрушения или изменения свойств материала, вызванный действием живого организма (или сообщества организмов).

3.8 **биокоррозия:** Вид коррозионного разрушения материалов, вызванный воздействием живых организмов.

3.9 **биологический налет:** Поверхностный налет с характерными признаками присутствия биологических объектов (грибов, водорослей, цианобактерий и др.).

3.10 **биомасса:** Общая масса живых организмов (микро- и/или макроорганизмов) на единицу поверхности или объема местообитания.

3.11 **биопленка:** Сообщество микроорганизмов на поверхности материала, в котором клетки микробов прикреплены друг к другу и погружены в выделяемое ими внеклеточное полимерное вещество.

3.12 **биоповреждение:** Физическое и химическое изменение свойств материалов вследствие воздействия организмов в процессе их жизнедеятельности.

3.13 **биопоражение:** Характеризует наличие признаков биоповреждения в помещениях, зданиях, сооружениях, внутри или на поверхности отдельных элементов строительных конструкций.

3.14 **биостойкость материалов:** Устойчивость материалов к воздействию различных организмов и продуктов их жизнедеятельности.

3.15 **биота (микробиота):** Вся совокупность организмов (микроорганизмов), совместно населяющих материал (среду) независимо от функциональных связей между ними.

3.16 **биоцидная обработка:** Уничтожение или снижение численности агентов биоповреждения с применением биоцидов.

3.17 **биоцид:** Химическое вещество, способное уничтожить живые организмы.

3.18 **гетеротрофные организмы:** Организмы, использующие в качестве источника углерода органические вещества.

3.19 **гифы:** Нитевидные структуры грибов, способные расти на поверхности и в толще материала.

3.20 **гниль древесины:** Структурное повреждение древесины, вызванное в основном дереворазрушающими грибами.

3.21 **грибы:** Многочисленная группа гетеротрофных организмов, хорошо приспособленных к заселению широкого круга материалов, содержащих органические компоненты и вызывающих их повреждение в различных экологических условиях.

3.22 **дереворазрушающие грибы:** Деструкторы древесины в зданиях, сооружениях и элементах интерьеров, а также в природной среде, обладающие набором ферментов, разрушающих основные компоненты древесины (целлюлозу и лигнин).

3.23 **домовые грибы:** Наиболее опасные дереворазрушающие грибы, поражающие деревянные конструкции и вызывающие их ускоренное разрушение (адаптированы к деловой древесине).

3.24 **железобактерии**: Бактерии, участвующие в окислении железа.

3.25 **инсектициды:** Биоцидные составы, предназначенные для уничтожения (подавления) насекомых.

3.26 **колониеобразующие единицы; КОЕ:** Отдельные клетки, ассоциации клеток, фрагменты мицелия, споры или другие структуры, дающие начало развитию колоний микроорганизмов на твердой питательной среде.

3.27 **литотрофы:** Организмы, использующие для получения энергии неорганические вещества.

3.28 **лишайники:** Организмы, представляющие собой симбиоз гриба и водоросли, способные поселяться на многих твердых материалах, вызывая их разрушение.

3.29 **макробиодеструкторы:** Биодеструкторы, имеющие макроскопические размеры (лишайники, мхи, травянистые, кустарниковые и древесные растения).

3.30 **метаболиты:** Продукты обмена веществ живых организмов, продукты их жизнедеятельности.

3.31 **микробиодеструкторы:** Биодеструкторы, имеющие микроскопические размеры (бактерии, микромицеты, микроскопические водоросли).

3.32 **микромицеты:** Микроскопические грибы (плесневые грибы), способные развиваться на различных органических материалах и в органических загрязнениях неорганических материалов.

3.33 **микроорганизмы (микробы):** Организмы величиной от 0,1 до 100 мкм, различимые под микроскопом; некоторые группы образуют колонии, видимые невооруженным глазом; они развиваются преимущественно в условиях высокой влажности субстрата, так как используют свободную (капиллярную) воду.

3.34 **мицеальные тяжи:** Плотные сплетения гиф (мицелия) в виде шнуров образуются дереворазрушающими, домовыми грибами на пораженной древесине.

3.35 **мицелий:** Вегетативное тело гриба, состоящее из многочисленных гиф, часто заметен в виде налета на поверхности материала.

3.36 **мох:** Высшее растение, лишенное сосудистой системы и настоящих корней, развивается на поверхности твердых материалов, аккумулируя влагу и вызывая повреждения поверхности.

3.37 **нитрифицирующие бактерии:** Аэробные бактерии, вызывают коррозию металлов и повреждения пористых строительных материалов в результате образования азотной кислоты при окислении аммиака и/или аммония.

3.38 **органотрофы:** Организмы, использующие для получения энергии органические вещества (донорами электронов для них являются органические вещества).

3.39 **патогенные микроорганизмы (патогены):** Микроорганизмы — возбудители болезней человека и животных.

3.40 **плесневой налет:** Налет, образованный микроскопическими (плесневыми) грибами, продуктами их жизнедеятельности, заметен невооруженным глазом.

3.41 **сульфатредуцирующие бактерии:** Основные возбудители анаэробной коррозии стали, железа и алюминия, получающие энергию за счет восстановления сульфатов.

3.42 **тионовые бактерии (тиобациллы):** Осуществляют окисление соединений серы, образуя серную кислоту, которая является одним из опасных факторов коррозии материалов.

3.43 **условно патогенные микроорганизмы:** Микроорганизмы, способные оказывать отрицательное воздействие на человека и животных при определенных условиях.

3.44 **цианобактерии (сине-зеленые водоросли):** Относительно крупные бактерии, поселяющиеся на поверхности материалов в наземной и водной средах, обладают способностью к фотосинтезу.

4 Общие положения

4.1 Настоящий стандарт разработан для применения на всей территории Российской Федерации и дополняет федеральные нормы ГОСТ Р 55567, ГОСТ Р 56198, СП 28.13330.2017 применительно к проектированию защиты от биоповреждений строительных конструкций исторических зданий и сооружений эксплуатируемых, реконструируемых и реставрируемых.

4.2 При проектировании защиты от биоповреждений реконструируемых или реставрируемых зданий и сооружений следует предусматривать выполнение работ по обследованию и анализу состояния отдельных конструкций и их элементов, в том числе интерьеров и декора, а также всего здания в целом. В соответствии с ГОСТ Р 55567—2013 (пункт 8.3.4) необходимо определить точки контроля микробиологического состояния конструкций.

4.3 Агенты биодеструкции строительных конструкций, элементов интерьеров и декора приведены в приложении А.

4.4 Степень биоповреждения строительных и реставрационных материалов определяют в соответствии с приложением Б.

4.5 Биостойкость к микробиодеструкторам строительных и реставрационных материалов определяют в соответствии с приложением В, и она должна быть обеспечена мерами первичной и вторичной защиты.

4.6 К мерам первичной защиты относят:

- применение биостойких материалов;
- соблюдение нормируемого температурно-влажностного режима (ТВР) в помещениях;
- соблюдение нормативной влажности строительных, отделочных и художественных материалов;
- соблюдение санитарных требований содержания объекта культурного наследия;
- применение биоцидных добавок, повышающих биостойкость строительных отделочных материалов.

4.7 К мерам вторичной защиты относят:

- снижение влагопроницаемости строительных материалов;
- обработку поверхностного слоя конструкций биоцидными материалами.

Вторичную защиту применяют в тех случаях, когда защита от биоповреждения не может быть обеспечена мерами первичной защиты. Вторичная защита требует возобновления во времени.

4.8 Проектирование защиты строительных конструкций исторических зданий и сооружений от повреждения микробиодеструкторами следует выполнять в следующем порядке:

- проводят инженерно-биологическое обследование здания или сооружения (см. раздел 6);
- отбирают пробы поврежденных микробиодеструкторами материалов в соответствии с приложением Г и устанавливают виды биодеструкторов в соответствии с приложением Д, оказывающие негативное воздействие на элементы зданий и сооружений, определяют степень биоповреждения в соответствии с приложением Б и устанавливают причины биоповреждения, которые приведены в приложении Е;
- для данного вида и степени агрессивного воздействия биодеструкторов, присутствующих в окружающей среде, устанавливают требования к исходным реставрационным материалам для строительных конструкций и дополнительные требования к элементам декора (первичная защита);
- выбирают способ защиты от повреждения конструкций и элементов декора (вторичная защита) в случаях, когда их долговечность на стадии проектирования не может быть обеспечена мерами первичной защиты.

4.9 Выбор способов защиты осуществляют на основании технико-экономического сравнения вариантов с учетом прогнозируемого срока службы и экономических затрат, включающих в себя расходы на возобновление вторичной защиты, текущий ремонт и другие расходы, связанные с эксплуатацией исторического объекта в целом.

4.10 Выбор биоцидных материалов осуществляют по результатам испытания их воздействия на выявленные виды биодеструкторов в соответствии с приложением Ж.

4.11 Выбор биоцидных материалов для деревянных и легковоспламеняемых материалов осуществляют с учетом их пожарно-технических характеристик. На объектах культурного наследия допускается применять биоцидные составы, относящиеся к группам по горючести НГ и Г1, по воспламеняемости В1, по распространению пламени РП1 в соответствии с классификацией по СП 112.13330.2011.

4.12 При проектировании защиты строительных конструкций исторических зданий и сооружений от повреждения макробиодеструкторами следует учитывать особенности корневой системы растений. Произрастание самосевных растений на фасадах, врастание корней деревьев в фундамент исторических зданий и сооружений недопустимо.

4.13 К повреждению деревянных строительных конструкций, элементов декора дереворазрушающими насекомыми следует относиться как к особо опасному явлению, требующему незамедлительного принятия мер по устранению причин и последствий повреждения.

5 Предупреждение биоповреждений строительных конструкций, элементов интерьера и декора в исторических зданиях и сооружениях

5.1 Предупреждение биоповреждений строительных конструкций, элементов интерьера и декора микроорганизмами

5.1.1 Своевременное выявление очагов повреждения материалов и конструкций микроорганизмами является важным условием успешной защиты объекта от биопоражения. Признаками развития микробов-деструкторов являются поверхностные налеты, которые, как правило, связаны с развитием колоний микроскопических грибов и их спороношением. Следует обращать внимание на образование пятен различного цвета на стенах, потолках, в оконных и дверных проемах, что может быть обусловлено ростом плесневых грибов и развитием бактерий. В соответствии с ГОСТ Р 55567—2013 (пункты 8.3.4 и 8.3.6) в данных местах необходимо определить точки контроля микробиологического состояния конструкций, в которых следует проводить замеры влажности элементов строительных конструкций, интерьера и декора, контролировать их микробиологическое состояние; не менее двух замеров в весенний и осенний периоды.

5.1.2 Следует учитывать, что процентное содержание воды в материале не всегда соответствует ее доступности для микроорганизмов-деструкторов, так как большая часть воды в среде может находиться в связанном состоянии и быть недоступной для живых клеток. Показательную величину, выражающую реальную доступность воды для клеток микробиодеструкторов, называемую активностью воды — a_w, вычисляют по формуле

$$a_w = \frac{P}{P_0}, \quad (1)$$

где P — парциальное давление водяного пара над материалом;

P_0 — парциальное давление водяного пара над чистой водой при той же температуре.

Известны пороговые значения a_w для большинства микроорганизмов, ниже которых замедляются или прекращаются процессы их роста:

- для бактерий — 0,75—0,98;
- для дрожжеподобных грибов — 0,62—0,90;
- для плесневых грибов — 0,60—0,88.

Активность воды в материале допускается измерять непосредственно анализаторами активности воды (необходим отбор проб) либо опосредованным способом с помощью датчиков влажности и соответствующим программным обеспечением. Датчики влажности могут быть использованы для постоянного мониторинга влажностного состояния конструкций в зонах риска сезонного повышения влажности материалов. Такие системы могут сигнализировать о превышении влажности материала и активности воды.

5.1.3 Для предотвращения биоповреждений строительных конструкций исторических зданий и сооружений при их эксплуатации и сохранении следует применять требования по ГОСТ Р 56198—2014 (раздел 9).

5.1.4 Для внутренних помещений необходимо обеспечить ТВР, исключающий образование конденсата на поверхности и внутри строительных конструкций в соответствии с СП 17.13330.2017, СП 50.13330.2012 и СП 118.13330.2012.

5.1.5 В эксплуатируемых исторических зданиях и сооружениях необходимо проводить постоянный контроль относительной влажности и температуры воздуха, контроль относительной влажности несущих конструкций в соответствии с требованиями ГОСТ 21718, ГОСТ 24816, ГОСТ 16483.7.

5.1.6 Оптимальные условия относительной влажности в помещениях исторических зданий и сооружений составляют (55 ± 5) %. Безопасные пределы относительной влажности для помещений, не оснащенных кондиционерами, — 50 % — 65 %.

5.1.7 Нестабильность ТВР, резкие сезонные и высокие суточные колебания являются основной причиной биоповреждения строительных конструкций и декора зданий.

5.1.8 В исторических зданиях, не оснащенных системой кондиционирования воздуха, выделяют два типа колебаний температуры и влажности:

- сезонные, связанные с изменениями времен года и периодами отопления;
- суточные, связанные с резкими изменениями наружных условий и числом посетителей.

5.1.9 Обязательным требованием является постепенность и замедленность происходящих в исторических зданиях сезонных изменений ТВР.

Допустимые суточные колебания относительной влажности не должны превышать 5 %.

5.1.10 Основной мерой предохранения от сырости неотапливаемых помещений является проветривание.

Проветривание неотапливаемых помещений необходимо проводить в ясные дни, в то время, когда нет резкого расхождения между наружной температурой воздуха и температурой внутри помещения.

Повышение и понижение температуры воздуха в помещении в процессе проветривания не должно превышать 2°.

Проветривание неотапливаемых помещений весной предназначено для постепенного выравнивания внутренней температуры с наружной.

5.1.11 При проведении ремонтных и реставрационных работ недопустимо использовать пиломатериалы для строительных лесов, подмостей и т. п., имеющие признаки биоповреждения плесневыми и домовыми грибами. На входе на объект необходимо организовать пост по биоцидной обработке антисептиками и инсектицидами древесины, используемой при производстве работ.

5.1.12 На стадии проектирования реставрационных работ, реконструкции и текущего ремонта исторических зданий и сооружений для помещений с сухим или нормальным режимом относительной влажности воздуха необходимо предусматривать применение отделочных материалов, имеющих степень биостойкости не более трех баллов в соответствии с таблицей В.1 (приложение В). Влажностный режим помещений определяют по СП 50.13330.2012 (пункты 4.3 и 4.4).

5.1.13 На стадии проектирования реставрационных работ, реконструкции и текущего ремонта исторических зданий и сооружений для помещений, влажностный режим которых соответствует влажному или мокрому (помещения с фонтанами, бассейны, кухни, ванные комнаты и т. п.), следует предусматривать:

- обеспечение необходимого воздухообмена согласно СП 131.13330.2020, СП 118.13330.2012;
- установку аппаратов осушки воздуха со встроенным гигрометром;
- применение для гидроизоляционных, пароизоляционных, штукатурных, малярных и других работ биостойких материалов. Степень биостойкости должна быть не более одного балла в соответствии с таблицей В.1 (приложение В).

5.1.14 Для предотвращения намокания цокольной части исторических зданий и сооружений исключают контакт цоколя и культурного слоя. При возможности выполняют грунтопонижение до исторического уровня вокруг объекта. В противном случае обустроить пристенный лоток, исключающий непосредственный контакт цоколя с культурным слоем.

5.1.15 В случае появления в помещении зон с признаками биоповреждения микробиодеструкторами (плесневые налеты, пятна различного цвета и т. п.) или запаха плесени необходимо срочно локализовать зону, выявить источник запаха и в зависимости от степени биоповреждения в соответствии с таблицей Б.1 (приложение Б), провести комплекс микробиологического обследования согласно разделу 6, принять меры по ликвидации последствий биоповреждения согласно 7.1. Для выполнения обследования и мероприятий по ликвидации последствий биоповреждений следует привлекать специализированные предприятия.

5.1.16 Для предотвращения биоповреждения микробиодеструкторами фасадов зданий и сооружений необходимо не допускать увлажнения участков фасадов из-за дефектов водосточных труб, карнизов, свесов кровли и т. п. Козырьки над входами и другими элементами должны иметь уклон от здания, который не допускает скопления снега и задержки дождевой воды. Фасадные материалы должны иметь степень биостойкости не более одного балла в соответствии с таблицей В.1 (приложение В).

5.1.17 При обнаружении на деревянных или каменных конструкциях плодового тела домового гриба следует незамедлительно принять меры, указанные в разделе 7.

5.1.18 Стальные элементы и конструкции следует регулярно (не реже одного раза в год) осматривать, а при обнаружении следов коррозии выяснить и устранить причины коррозии, очистить металл от коррозионных пленок, обработать антикоррозионным составом и покрасить. Особое внимание следует уделять зонам с повышенным внутренним напряжением.

5.2 Предупреждение биоповреждений строительных конструкций микроводорослями

5.2.1 Микроводорослями повреждаются, прежде всего, каменные субстраты в зонах постоянного или систематического увлажнения строительных конструкций. Внешне они встречаются в виде зеленых, красноватых и темноокрашенных налетов, корочек, пленок и войлокообразных масс.

5.2.2 Для предупреждения повреждения строительных конструкций микроводорослями необходимо устранить постоянное или периодическое намокание элементов строительных конструкций (см. 5.1.15).

5.2.3 Зоны строительных конструкций, для которых исключить постоянное или временное намокание не представляется возможным, необходимо периодически счищать образовавшиеся биопленки и обрабатывать биоцидными препаратами с последующей обработкой гидрофобными составами. Периодичность обработки зависит от степени увлажнения и состава материала. Обработку следует проводить при первых визуальных признаках появления зеленых или черных налетов.

5.3 Предупреждение биоповреждений строительных конструкций лишайниками

Для предупреждения разрушения строительных конструкций лишайниками необходимо проводить периодический (не реже двух раз в год в весенний и осенний периоды) осмотр каменных (из природного и искусственного камня) строительных конструкций и элементов декора, а при обнаружении удалить (счистить) их с поверхности материала и выполнить биоцидную обработку поверхности каменной конструкции.

5.4 Предупреждение биоповреждений строительных конструкций макробиодеструкторами

5.4.1 Для предотвращения разрушения фасадов зданий, крепостных, монастырских стен и т. п. мхами, самосевными травами, кустарниками и деревьями следует проводить осмотр фасадов ежегодно (не реже двух раз в год в весенний и осенний периоды). Для предотвращения заселения фасадов и элементов декора самосевными растениями регулярно, не реже одного раза в год, необходимо мыть фасады и стены моющими средствами без применения моек высокого давления. При обнаружении указанных биодеструкторов на фасадах зданий следует принять меры в соответствии с указаниями 7.2.

5.4.2 При обнаружении в подвале, под отмосткой или в цокольной части здания корней деревьев следует незамедлительно принять меры по удалению корней из строительной конструкции. Необходимо откопать шурфы и провести обследование фундамента с целью локализации и устранения разрушения.

5.4.3 При проведении ландшафтных работ в непосредственной близости от исторических зданий и сооружений следует исключить посадку деревьев, корневая система которых способна достигать конструкции исторического объекта.

5.4.4 Для обеспечения нормальной вентиляции фасадов следует не допускать произрастания кустов и деревьев вблизи стен исторических зданий и сооружений ближе 10 м.

5.5 Предупреждение биоповреждений деревянных строительных конструкций, элементов интерьера и декора насекомыми — вредителями древесины

5.5.1 При эксплуатации исторических зданий и сооружений необходимо следить за тем, чтобы деревянные элементы не подвергались воздействию (заселению) дереворазрушающими насекомыми. Необходимо проводить ежегодный осмотр всех деревянных конструкций. При обнаружении отверстий (летков) следует принять безотлагательно меры согласно указаниям 7.3 и в соответствии с таблицей И.3 (приложение И).

5.5.2 При проведении реставрационных работ в исторических зданиях и сооружениях все временные деревянные подсобные конструкции (строительные леса, подмости и т. п.) должны быть обработаны в соответствии с 1.4.1 таблицы И.1 (приложение И).

Деревянные материалы, предназначенные для протезирования строительных конструкций, должны иметь относительную влажность по массе ниже 20 % и обработаны антисептиками и инсектицидами.

5.5.3 При обнаружении в непосредственной близости от объекта культурного наследия складированной древесины или деревьев, пораженных жуками, следует принять меры по их срочной ликвидации. Пораженную древесину необходимо сжечь, соблюдая правила противопожарной безопасности.

5.5.4 При дальнейшей эксплуатации или консервации исторических объектов следует принять меры, исключающие замачивание и загрязнение деревянных конструкций, элементов декора, мебели и т. п.

6 Порядок проведения и состав работ по обследованию строительных конструкций, элементов интерьера и декора исторических зданий и сооружений, подвергающихся биоповреждению

6.1 Общие рекомендации

6.1.1 Прежде чем приступить к ликвидации последствий биоповреждения строительных конструкций и элементов интерьера и декора, необходимо провести инженерно-техническое обследование поврежденных элементов с целью выяснения причин и степени биоповреждения в соответствии с таблицей Б.1 (приложение Б), затем определить до вида основные биодеструкторы строительных материалов в соответствии с приложением Д. Данный вид обследования следует проводить в рамках инженерно-технического исследования или при обнаружении признаков биоповреждения строительных конструкций или элементов интерьера и декора в исторических зданиях и сооружениях. Для выбора оптимального метода ликвидации последствий биоповреждения следует учитывать виды и механизмы биоповреждения, приведенные в приложении К.

6.1.2 Обследования элементов конструкций и декора, имеющих признаки биоповреждения, проводят специализированные организации, имеющие аттестованных сотрудников с опытом работы по проведению обследований биоповрежденных строительных конструкций.

6.1.3 Организации, проводящие обследования, должны иметь собственную лабораторно-техническую базу, располагающую аттестованными специалистами и оборудованием в соответствии с приложением Л, или привлекать к отдельным видам работ специализированные лаборатории. Все используемые приборы и лабораторное оборудование должны быть аттестованы и поверены в установленном порядке.

6.2 Инженерно-техническое обследование строительных конструкций, элементов интерьера и декора, поврежденных микроорганизмами

6.2.1 Микроорганизмы, поселяющиеся на строительных и облицовочных материалах, способны приводить к существенному изменению состояния конструкций, потере их прочности, ухудшению внешнего вида элементов интерьера и декора. Внешние проявления биоповреждений указывают на протекание деструктивных процессов, которые могут затрагивать не только поверхностный слой материала, но и развиваться внутри него.

6.2.2 Инженерно-техническое обследование биоповрежденных конструкций включает в себя:

- визуальное обследование объекта;
- измерение влажности и температуры воздуха в обследуемых помещениях;
- измерение влажности материалов в зоне повреждения конструкций неразрушающим методом;
- при затруднении определения источника и причины увлажнения строительной конструкции следует провести измерения влажности стен с интервалом не более 0,5 м и оформить результаты в виде карты влажности;
- оценку коррозионного состояния стальных конструкций;
- выявление причин биоповреждения строительных конструкций, приведенных в приложении Е;
- определение степени биоповреждения строительных конструкций согласно таблице Б.1 (приложение Б);
- отбор проб поврежденных материалов и воздуха в соответствии с приложением Г;
- проведение лабораторных исследований отобранных проб с целью определения количественного и качественного (до вида) состава микробиодеструкторов в соответствии с приложением Д;
- определение категории технического состояния строительных конструкций по ГОСТ Р 55567.

6.2.3 При проведении визуального обследования необходимо провести осмотр поврежденных строительных конструкций, элементов интерьера и декора, выполнить фотофиксацию всех поврежденных участков, нанести на поэтажные планы и развертки стен, обнаруженные зоны биоповреждений (составляются картограммы повреждений) с указанием точек отбора проб поврежденных материалов.

6.2.4 При обнаружении зон постоянного или периодического увлажнения несущих стен зданий или сооружений необходимо вскрыть зону опирания несущих балок перекрытий, оценить их техническое состояние. При обнаружении коррозионных процессов следует провести микологический и бактериальный анализ продуктов коррозии.

6.2.5 Если в процессе обследования исторических зданий и сооружений будет выявлено, что ранее на объекте был пожар, необходимо тщательно обследовать всю зону, куда могла попасть вода при тушении пожара.

6.2.6 На основании полученных при обследовании результатов:

- проводят поверочные расчеты для выяснения остаточного ресурса поврежденной строительной конструкции (при необходимости);
- осуществляют подбор оптимального биоцидного состава;
- разрабатывают рекомендации по предупреждению биоповреждений строительных конструкций, элементов интерьера и декора и методику по ликвидации последствий биоповреждения с учетом степени повреждений и особенностей объекта в соответствии с приложением И.

6.2.7 Отчет по обследованию строительных конструкций и элементов интерьера и декора, поврежденных микроорганизмами, оформляют в соответствии с приложением М.

6.3 Инженерно-техническое обследование строительных конструкций, элементов интерьера и декора, поврежденных домовыми грибами

6.3.1 Повреждению домовыми грибами подвергаются деревянные конструкции, элементы интерьера и декора, находящиеся в условиях повышенного увлажнения. Известны случаи повреждения домовыми грибами не только древесины, но и кирпичной кладки исторических зданий. Это явление связано со способностью гиф домовых грибов в поисках органических источников питания преодолевать/пронизывать различные препятствия, в том числе кирпичную кладку.

6.3.2 Инженерно-техническое обследование поврежденных домовым грибом деревянных и каменных конструкций, элементов интерьера и декора включает в себя:

а) для деревянных конструкций:

1) визуальное обследование объекта;
2) измерение влажности древесины в зоне повреждения электронными влагомерами;
3) выяснение причины увлажнения конструкции;
4) определение зоны повреждения;
5) отбор пробы плодового тела домового гриба с поврежденного участка и проведение исследования в соответствии с приложением Д.

б) для каменных конструкций:

1) визуальное обследование объекта;
2) выяснение причины увлажнения кирпичной кладки;
3) определение зоны примыкания к кирпичной кладке деревянных балок, иных деревянных или органосодержащих элементов;
4) выяснение возможных причин попадания в кирпичную кладку органических загрязнений (например, некоторые инъекционные растворы могут содержать органические компоненты);
5) отбор пробы плодового тела домового гриба с поврежденного участка и проведение исследования в соответствии с приложением Д;

6.3.3 При проведении визуального обследования следует осмотреть строительные конструкции, элементы интерьера и декора, выполнить фотофиксацию поврежденных участков, нанести на поэтажные планы обнаруженные зоны биоповреждений с указанием точек отбора проб поврежденных материалов. Необходимо осмотреть ближайшие деревянные конструкции, убедиться, что на них отсутствуют плодовые тела или другие признаки присутствия домового гриба.

6.3.4 На основании полученных результатов:

- проводят поверочные расчеты для выяснения остаточного ресурса поврежденной строительной конструкции (при необходимости);
- осуществляют подбор оптимального биоцидного состава;
- разрабатывают рекомендации по предупреждению биоповреждений строительных конструкций, элементов интерьера и декора и методику по ликвидации последствий биоповреждения домовыми грибами с учетом объема повреждений и особенностей объекта.

6.3.5 Отчет по обследованию строительных конструкций и элементов интерьера и декора, поврежденных домовыми грибами, оформляют в соответствии с М.1 (приложение М).

6.4 Инженерно-техническое обследование строительных конструкций, поврежденных лишайниками и самосевными растениями (мхи, травы, кусты, деревья)

6.4.1 Инженерно-техническое обследование поврежденных конструкций включает в себя:

- визуальное обследование объекта;
- оценку характера и степени повреждения строительных конструкций корневой системой растений.

6.4.2 При проведении визуального обследования необходимо осмотреть поврежденные строительные конструкции и элементы декора, выполнить фотофиксацию всех поврежденных участков, нанести на развертки стен обнаруженные зоны биоповреждений (составляются картограммы повреждений).

6.4.3 Особое внимание при обследовании исторического здания следует обратить на повреждение корнями деревьев фундаментов, цоколей, отмостки.

6.4.4 На основании полученных результатов:

- проводят поверочные расчеты для выяснения остаточного ресурса поврежденной строительной конструкции (при необходимости);
- разрабатывают рекомендации по предупреждению биоповреждений строительных конструкций мхами и самосевными растениями и методику по ликвидации последствий данного вида биоповреждения с учетом степени особенностей объекта.

6.4.5 Отчет по обследованию строительных конструкций и элементов интерьера и декора, поврежденных лишайниками и самосевными растениями, оформляют в соответствии с М.2 (приложение М).

6.5 Инженерно-техническое обследование деревянных строительных конструкций, элементов интерьера и декора, поврежденных дереворазрушающими насекомыми

6.5.1 Инженерно-техническое обследование поврежденных дереворазрушающими насекомыми конструкций, элементов интерьера и декора включает в себя:

- визуальное обследование поврежденной конструкции и всех деревянных элементов на данном объекте;
- предварительную оценку категории технического состояния поврежденных элементов по ГОСТ Р 55567;
- определение зоны повреждения.

6.5.2 При проведении визуального обследования необходимо осмотреть поврежденные строительные конструкции, элементы интерьера и декора, выполнить фотофиксацию всех поврежденных участков, нанести на поэтажные планы и развертки стен обнаруженные зоны биоповреждений (составляются картограммы повреждений). Визуальный осмотр должен включать в себя осмотр всех деревянных конструкций, элементов интерьера и декора, находящихся на обследуемом объекте.

6.5.3 На основании полученных результатов:

- разрабатывают рекомендации по сохранению или замене поврежденного насекомыми деревянного элемента или конструкции в целом;
- разрабатывают методику по ликвидации последствий данного вида биоповреждения в соответствии с таблицей И.3 (приложение И);
- проводят поверочные расчеты для выяснения остаточного ресурса поврежденной строительной конструкции (при необходимости).

6.5.4 Отчет по результатам обследования составляют по ГОСТ 55567—2013 (раздел 11).

7 Ликвидация последствий биоповреждения строительных конструкций, элементов интерьера и декора исторических зданий и сооружений

7.1 Методы ликвидации последствий биоповреждения строительных конструкций, элементов интерьера и декора, вызванных микроорганизмами и домовыми грибами

7.1.1 При обнаружении очагов биоповреждения микробиодеструкторами, приведенными в приложении А, прежде всего необходимо провести обследование технического состояния поврежденных элементов в соответствии с 6.2.

7.1.2 Прежде чем приступить к ликвидации последствий биоповреждения, необходимо на основании технического обследования разработать методики устранения причин намокания конструкции,

просушки поврежденных конструкций, восстановления нормального температурно-влажностного режима в здании и сооружении.

7.1.3 Методики ликвидации последствий биоповреждений строительных конструкций, элементов интерьера и декора зданий и сооружений, вызванных действием микробиодеструкторов, разрабатываются в соответствии с таблицей И.1 (приложение И) и согласуются с надзорными органами в соответствии с [1].

7.1.4 После выполнения работ по ликвидации последствий биоповреждения микробиодеструкторами необходимо провести контрольные замеры воздуха в обработанных помещениях. Контрольные замеры проводят не ранее чем через 10 дней после завершения работ. В указанный период исключают нахождение людей и принимают меры, исключающие сквозняки, воздухообмен в обработанных биоцидами помещениях.

7.1.5 При повреждении домовыми грибами деревянных конструкций следует принимать меры в соответствии с 3.4.1—3.4.4 таблицы И.1 (приложение И). Если после удаления пораженной части древесины с захватками 1 м на спиле будут обнаружены признаки гниения, продолжить удаление поврежденной древесины до абсолютно чистого участка.

7.2 Методы ликвидации последствий биоповреждения строительных конструкций и элементов декора, вызванных макробиодеструкторами

7.2.1 Степень биоповреждения строительных конструкций макробиодеструкторами, приведенными в приложении А, устанавливается в соответствии с таблицей Б.2 (приложение Б). Биоповреждению макробиодеструкторами подвержены фасады зданий и сооружений, поверхность фортификационных и монастырских стен, за которыми отсутствует постоянный уход.

7.2.2 Ликвидацию последствий биоповреждений фасадов исторических зданий и сооружений, фортификационных и монастырских стен, вызванных действием макробиодеструкторов, следует проводить в соответствии с таблицей И.2 (приложение И).

7.2.3 Если по тем или иным причинам невозможно выкорчевать дерево, корни которого разрушили фундамент, необходимо обустроить в грунте вдоль стены железобетонную монолитную защитную преграду толщиной не менее 150 мм, глубиной не ниже пятки фундамента.

7.3 Методы ликвидации последствий биоповреждения деревянных строительных конструкций, элементов интерьера и декора, вызванных дереворазрушающими насекомыми

7.3.1 Лесоматериалы, пораженные дереворазрушающими насекомыми, приведенными в приложении А, не следует употреблять для реставрации или использовать в качестве строительных лесов, подмостей и т. п. Данные лесоматериалы необходимо сжигать на специально отведенном месте.

7.3.2 После выявления очагов поражения деревянных конструкций насекомыми и их тщательного осмотра решается вопрос о методах реставрации деревянной конструкции здания. Реставрацию поврежденных элементов деревянных конструкций необходимо приурочить к сухому времени года, лучше всего весной, до вылета точильщиков. Если помещения заражены домовым усачом, реставрационные работы допускается проводить позднее, в июне-июле. Реставрация здания, элементов интерьера и декора и особенности мер борьбы с насекомыми зависят от характера и размера повреждений, а также от того, какие части здания и элементов интерьера и декора повреждены. Ликвидацию последствий биоповреждения насекомыми деревянных конструкций выполняют в соответствии с таблицей И.3 (приложение И). После завершения работ продолжают мониторинговое наблюдение за состоянием отреставрированных и соседних деревянных конструкций по ГОСТ Р 56198.

Приложение А
(справочное)

Виды биодеструкторов

А.1 Бактерии

В природе существуют миллионы видов различных бактерий, которые играют важную роль в биосфере. В настоящем приложении рассмотрены основные, наиболее часто встречающиеся виды бактерий, которые имеют непосредственное отношение к разрушению материалов и строительных конструкций.

Бактерии-деструкторы могут развиваться как в аэробных условиях, так и в анаэробных, в широком диапазоне температур, давления и кислотности среды. Высокая способность бактерий приспосабливаться к различным внешним условиям усложняет возможность противодействия микробному биоповреждению различных материалов. Иногда в разрушении материала строительных конструкций одновременно принимают участие разные группы бактерий. Причем одни разрушают защитный слой, а другие основной материал конструкции. Взаимодействуя друг с другом, бактерии повышают свою устойчивость к внешним воздействиям и расширяют возможности колонизации различных материалов. Известно, например, что тионовые бактерии оказались причиной разрушения трубопровода в одном из районов Лондона в течение всего одного года. Их активность была обусловлена поступлением большого количества сероводорода, образующегося в результате жизнедеятельности сульфатредуцирующих бактерий в более глубоких слоях грунта. Данные группы бактерий создали многочисленные трудности при строительстве одного из участков Киевского метро, который строился кессонным методом.

Разрушение кирпича, бетона, природного камня и других материалов, связанное с присутствием бактерий, обусловлено, прежде всего, их биохимической активностью (продукцией агрессивных метаболитов, прежде всего неорганических и органических кислот). Бактерии способны проникать в толщу пористых материалов и проводить разрушительные действия не только на поверхности материалов, но и внутри них. Нитрифицирующие и тионовые бактерии были обнаружены при изучении причин разрушения бетонных водопроводов, конструкций плотины Нижне-Свирской ГЭС, стен Вестминстерского аббатства, собора Парижской богоматери, а также Исаакиевского собора, дворцов Петергофа, памятников Александро-Невской лавры.

Кроме перечисленных выше видов бактерий существуют и другие, которые встречаются значительно реже, но по своему разрушающему действию не менее опасны. Всех их объединяет тот факт, что они развиваются в условиях повышенной влажности. При строительстве и эксплуатации зданий, сооружений, элементов инфраструктуры города всегда следует учитывать опасность биоповреждений, связанных с развитием бактерий-деструкторов.

А.1.1 Сульфатредуцирующие бактерии

Сульфатредуцирующие бактерии чаще всего являются причиной анаэробной коррозии стальных и алюминиевых конструкций. В процессе своей жизнедеятельности они используют сульфат как конечный акцептор электронов с образованием сероводорода. Механизм вызываемой ими коррозии металлов заключается в стимуляции катодной деполяризации твердыми сульфидами железа, которые образуются в результате жизнедеятельности этих бактерий или вследствие потребления ими поляризованного водорода. В условиях анаэробиоза эти бактерии действуют как заменитель кислорода в деполяризационной реакции, способствуя, таким образом, коррозии металла. Сульфатредуцирующие бактерии образуют большое количество сероводорода, который является конечным продуктом их анаэробного дыхания.

А.1.2 Тионовые бактерии

Жизнедеятельность тионовых бактерий вызывает процессы коррозии металлических конструкций, каменных и бетонных сооружений, отделочных материалов. Эти бактерии окисляют различные соединения серы до сульфатов, при этом они используют выделяющуюся при окислении энергию для биосинтеза и роста. В процессе жизнедеятельности продуцируют серную кислоту, которая является одним из опасных факторов коррозии материалов, в особенности бетонов и металлов. Как правило, эти бактерии развиваются только в присутствии кислорода, но некоторые штаммы могут развиваться при низком его содержании. Обладая мощным биохимическим потенциалом, они могут в сотни тысяч — миллионы раз быстрее разрушать материалы, чем при обычном химическом окислении.

А.1.3 Нитрифицирующие бактерии

Нитрифицирующие бактерии приводят не только к коррозии металлов, но и к разрушению пористых материалов, таких как кирпич, бетон, алебастр, природный камень. Биоповреждение материалов происходит путем образования азотной кислоты при окислении аммиака, который в достаточных количествах может присутствовать в воздухе и дождевой воде. Химический процесс, протекающий при участии этих микробов, идет в два этапа. На первом этапе происходит окисление аммиака до нитритов, на втором — окисление нитритов до нитратов с последующим образованием азотной кислоты. Причем в первом и втором этапах принимают участие нитрифицирующие бактерии, принадлежащие различным родам. Азотная кислота переводит нерастворимый карбонат кальция (один из основных компонентов кирпича, бетона и т. п.) в растворимый нитрат кальция, который легко вымывается из материала, что и приводит к разрушению строительного материала.

А.1.4 Железобактерии

Железобактерии способны окислять восстановленные соединения железа и делятся на две группы. К первой группе относятся железобактерии, источником энергии для которых служит процесс окисления закисного железа, а единственным источником углерода — CO_2. Вторую группу составляют железобактерии, которые тоже окисляют железо, а источником углерода для них служат органические вещества. Существует несколько видов железобактерий, которые различаются по способности откладывать окислы железа на поверхности клеток; некоторые бактерии накапливают окислы не только железа, но и марганца.

Существует несколько морфологических типов железобактерий. У одних клетки образуют нити, окруженные чехлом из гидроксидов, другие — одноклеточные.

В основе действия большинства микроорганизмов на металлы лежит электрохимический процесс, который является основным механизмом коррозии металлов. Бактерии оказывают влияние на этот процесс (стимулируют, ускоряют) следующими способами:

- путем воздействия на кинетику электродных реакций;
- в результате образования метаболитов, обладающих электролитными свойствами (неорганические и органические кислоты, углекислый газ, сероводород);
- путем изменения поверхности раздела металл-электролит с образованием участков с повышенным содержанием окислов;
- созданием условий для катодной деполяризации.

А.1.5 Органотрофные бактерии

Большая часть описанных выше бактерий относится к литотрофным микроорганизмам, у которых донорами электронов в энергетическом процессе служат неорганические вещества. Однако наиболее разнообразной группой являются органотрофные бактерии, использующие в качестве источника электронов органические вещества. Эти бактерии разрушают материалы, главным образом, за счет воздействия на них органическими кислотами, образующимися в процессе жизнедеятельности. Многие из них продуцируют и другие агрессивные метаболиты: сероводород, аммиак, углекислый газ, перекись водорода и т. д., которые приводят к разрушению металлических конструкций, связующих растворов, природного камня.

А.2 Грибы

Микроскопические грибы (микромицеты) развиваются повсюду, где только есть минимальные условия для их существования. Им требуется влага и органическое вещество (даже в минимальных количествах). Микромицеты, развивающиеся на материалах и конструкциях различного назначения, получили второе название — плесневые грибы (или просто «грибок»). Большинство из них в высшей степени неприхотливы, обладают высокой степенью адаптации к разным условиям среды. Как правило, видимая часть очагов грибковых поражений подобна вершине айсберга — невидимая часть намного больше. Благоприятные условия для развития грибковых поражений в помещениях создаются при уровне влажности воздуха 60 % и выше. В процессе своей жизнедеятельности грибы изменяют и/или разрушают структуру строительных материалов, что ведет к снижению прочностных характеристик элементов конструкции сооружения и, в конечном счете, к преждевременному старению и разрушению здания. Известны случаи, когда главной причиной разрушений зданий являлось снижение несущей способности стен и перекрытий из-за поражения микромицетами.

Далеко не все грибы принимают участие в процессах биоповреждения материалов. К биодеструкторам относятся: Zigomycetes (зигомицеты), Ascomycetes (аскомицеты), Basidiomycetes (базидиомицеты). Указанные группы грибов вызывают биоповреждение различных материалов, в том числе музейных, архивных и библиотечных фондов, различных строительных материалов, включая камень, кирпич, бетон, металлы.

Грибы относятся к гетеротрофным организмам, для которых источником углерода служат готовые органические вещества. Они подразделяются на сапротрофы и паразиты. Первые питаются остатками отмерших животных и растительных организмов, а вторые питаются за счет живых организмов. В большинстве случаев в разрушении промышленных материалов принимают участие сапротрофы, но иногда причиной деструкции некоторых материалов могут быть и паразиты. Большая группа грибов — полифаги, которые используют для питания самые разнообразные углеродсодержащие вещества, такие как нефтепродукты, воск, парафин, сложные эфиры, полиэтилен, поливинилхлорид и многие другие. Органические соединения, которые служат источником питания для грибов, входят в составы многих строительных и промышленных материалов, что и является причиной их заселения грибами. Кроме того, источником органических веществ могут служить различного рода загрязнения, попадающие на материалы, которые по своему химическому составу не могут служить источником энергии для грибов (металлы, стекло, кирпич, природные и искусственные камни и многие другие).

Разрушительные действия грибов в первую очередь зависят от состава их метаболитов (продуктов их жизнедеятельности) — органических кислот, ферментов, спиртов и др. Обладая высокой химической активностью, эти вещества разрушают большое число различных материалов. Кроме того, при своем развитии (рост биомассы) в трещинах и микротрещинах различных материалов грибы оказывают механическое воздействие на эти материалы. За счет механического воздействия грибы могут разрушать различные каменные конструкции.

Известны случаи, когда дереворазрушающие (домовые) грибы приводили к разрушению неорганических материалов. Однако такие грибы, как правило, растут на деревянной основе, но, натолкнувшись на преграду из

кирпича или бетона, обрастают ее своими мицелиальными тяжами, проникают вглубь этой преграды в поисках древесного субстрата. Мицелиальные тяжи домового гриба могут достигать нескольких метров в длину. Именно такой механизм биоповреждения явился причиной серьезного разрушения бетонных подпорных стен в экспериментальном тоннеле Варшавского метро. Легко проникая в микротрещины и являясь «накопителем» влаги, грибы могут приводить к разрушению строительных материалов в циклах «замерзание — оттаивание». Обладая способностью дополнительно увлажнять материал, на котором они развиваются, грибы создают условия для развития других микроорганизмов.

Грибы являются одним из основных биодеструкторов в исторических зданиях и сооружениях, многие памятники истории и архитектуры разрушаются в результате жизнедеятельности различных видов грибов. Но еще большее распространение колонии грибов получили в жилых домах и различных производственных зданиях, причем не только в старом фонде. Многие предприятия пищевой промышленности, предприятий общественного питания, больницы и диспансеры, метрополитен и многие другие объекты поражены видами грибов, описанными ниже.

А.2.1 Зигомицеты

Эти грибы произрастают на материалах, богатых органическими веществами. Некоторые виды этих грибов, обладая высокоактивными ферментами, являются сильными кислотообразователями, а мукоровые грибы (Mucor) энергично расщепляют пектиновые вещества. Чаще всего зигомицеты повреждают деревянные элементы строительных конструкций, а также различные материалы на основе картона, бумаги, тканей и даже пластмассы. Известны случаи повреждения представителями зигомицетов старинных фресок.

А.2.2 Аскомицеты

Для аскомицетов характерно образование в результате полового процесса сумок, или асков, содержащих, как правило, восемь аскоспор. У низших сумчатых грибов аски формируются на мицелии, у высших — в плодовых телах. Этот класс грибов имеет широкое распространение в природе (около 30 000 видов). Некоторые виды живут в морях и пресных водоемах на погруженной в воду древесине. Основное разнообразие аскомицетов приходится на почву. Кроме того, среди них немало паразитов растений, животных и человека. Аскомицеты часто повреждают пищевые продукты, целлюлозосодержащие материалы, нефтепродукты и другие субстраты. Наибольшую деструктивную активность аскомицеты проявляют в бесполой форме (анаморфы). На этой стадии они образуют массу спор (конидий), которые служат источником первичного заражения материалов. Именно к данной группе относятся самые распространенные виды биодеструкторов (плесневых грибов) из родов Aspergillus, Cladosporium, Penicillium. Эти грибы удивительно вариабельны в эволюционном отношении, что является причиной их широкого распространения в самых различных климатических зонах вплоть до условий, считающихся экстремальными. Они весьма неприхотливы — при низком уровне влажности и минимуме питательных веществ наносят колоссальный экономический ущерб в различных отраслях хозяйства.

А.2.3 Базидиомицеты

Среди базидиомицетов наиболее известны деструкторы древесины (дереворазрушающие грибы), участвующие в повреждении сооружений и конструкций, особенно в условиях повышенной влажности. Они встречаются на мостах, заборах, столбах, в погребах, межэтажных перекрытиях, чердаках и т. д.

Базидиомицеты, в зависимости от комплекса выделяемых ими ферментов, подразделяют на целлюлозоразрушающие и лигниноразрушающие грибы. Грибы, разрушающие целлюлозу, образуют бурую гниль, древесина становится хрупкой, крошащейся на мелкие кусочки темного цвета. Лигниноразрушающие грибы вызывают белую гниль, древесина становится мягкой, волокнистой, расслаивается по годичным кольцам. Некоторые базидиомицеты разрушают одновременно целлюлозу и лигнин. Они вызывают пеструю (смешанную) гниль.

Наиболее распространенными и опасными биодеструкторами древесины являются представители группы домовых грибов. Они хорошо адаптированы к разрушению деловой древесины, которая используется при строительстве объектов различного назначения. Для европейских стран самым опасным домовым грибом признан «плачущий домовый гриб» (Serpula lacrymans). Плодовое тело этого гриба располагается на поверхности деревянных конструкций, а на поверхности плодового тела можно заметить капли жидкости («слезы»). Мицелий этого гриба в виде шнуров и пленок очень быстро распространяется в древесине, разрушая ее целлюлозный компонент. Часто дереворазрушающие грибы попадают в постройки вместе со строительным материалом, который уже при заготовке характеризовался поражением базидиальными грибами.

А.3 Водоросли

Способностью разрушать кирпич, бетон и природные камни обладают водоросли, относящиеся, как правило, к аэрофильной группе. Для жизни водорослей этой группы достаточно наличия влаги в виде росы или дождя. Они растут на наружной поверхности камня (эпилитические формы), в порах и трещинах (хазмолитические формы), в мельчайших воздушных пространствах между частицами породы (эндолитические формы). Водоросли, растущие на наружной поверхности камня, как правило, характерны для конкреций, сложенных из известковых пород. Именно с ними связано появление на зданиях и памятниках темно-зеленых и черных налетов, корочек, пленок и войлокообразных масс. Как правило, они появляются на карнизах, выступах домов, где задерживается влага, на стенах рядом с разрушенными водосточными трубами, а иногда вдоль нижней части стены. Хотя большинство из них нуждается в свете, в некоторых случаях они встречаются внутри здания на переувлажненных стенах. Среди

эпилитических водорослей наиболее часто встречаются зеленые, диатомовые и сине-зеленые (цианобактерии) водоросли, которые часто образуют сообщества с грибами.

Хазмолитические формы в основном представлены сине-зелеными и одноклеточными зелеными водорослями. Отличительной особенностью этих микроорганизмов является связь с поверхностью камня, которая сохраняется, как бы глубоко они не проникали по трещинам внутрь породы. Благодаря этой связи они получают необходимое количество влаги и света.

В большинстве случаев среди эндолитических водорослей встречаются виды сине-зеленых водорослей, в частности — глеокапсы. Они не имеют связи с поверхностью камня, а отделены от нее сплошной коркой толщиной до 3 мм. Особо следует выделить сине-зеленые водоросли, составляющие группу «сверлящих» водорослей. Они достаточно широко распространены в природе. Среди них есть и водные, и воздушные формы. Поселяясь на поверхности известняков, они постепенно погружаются вглубь породы на глубину до 10 мм и образуют множество тонких пересекающихся межу собой канальцев. В результате камень становится пористым, губчатым и, в конце концов, разрушается.

Разрушение камня водорослями связано, прежде всего, с выделением ими различных органических кислот, чаще всего гликолевой кислоты. Реже водоросли выделяют лимонную, щавелевую, янтарную, молочную, уксусную и муравьиную кислоты. Кислоты могут составлять 20 % — 25 % общего количества выделений в окружающую клетки среду. Водоросли оказывают и механическое воздействие на породы.

А.4 Лишайники

Лишайники представляют собой симбиоз гриба и водоросли, которые образуют единое вегетативное тело. Микобионт (гриб) и фикобионт (водоросль) извлекают пользу из этого симбиоза. Лишайники чрезвычайно разнообразны, широко распространены в природе на различных субстратах. Они успешно развиваются на таких строительных материалах, как асбест, кирпич, бетон. Биоповреждение камня, вызываемое лишайниками, не ограничивается только ухудшением его декоративных свойств. В зависимости от породы камня они могут проникать по микротрещинам на глубину 1—10 мм. Проникнув в толщу камня, они способствуют расширению трещин. Лишайники легко впитывают и легко теряют атмосферную воду. Периодическое изменение объема тела лишайника, в зависимости от погодных условий, приводит к дополнительным механическим напряжениям на поверхности и в микротрещинах камня, что, в конечном счете, приводит к его постепенному разрушению. Этот эффект усиливается в осенний и весенний периоды, когда происходит многократное циклическое замерзание и оттаивание воды. Лишайники черного цвета, наиболее устойчивые к воздействию ультрафиолетового излучения, могут приводить к возникновению температурных механических напряжений в поверхностных слоях камня. Механическое разрушение камня усиливается за счет химической активности этих организмов. Было обнаружено, что лишайники способны выделять не только углекислоту и органические кислоты, характерные для грибов, но и специфические «лишайниковые» кислоты. Последние могут быть основной причиной химического разрушения камня.

Описанные выше микроорганизмы могут как подавлять развитие других видов, так и, наоборот, способствовать их развитию. Очень часто грибы и бактерии «помогают» друг другу разрушать или колонизировать различные строительные материалы. Грибы, водоросли, лишайники, растущие на природных, искусственных камнях и других строительных материалах, способствуют удержанию грязи и пыли на поверхности и в полостях строительных конструкций, которые заносятся ветром, птицами и животными, а внутри помещения связывают бытовую пыль с отделочными материалами. Такие микробно-пылевые ассоциации начинают служить дополнительной причиной прогрессирующего разрушения городской среды.

А.5 Высшие растения

Высшие растения — мхи, травы, кустарники, деревья могут являться причинами разрушения зданий и сооружений. Поселяясь на карнизах, выступах, балконах, кровлях и т. п., растения причиняют большой ущерб зданиям и строительным сооружениям. Как правило, они испытывают недостаток влаги, что стимулирует у них развитие мощной корневой системы. Корни растений проникают в кладку по швам и трещинам между кирпичами и могут достигать нескольких метров в длину. Они способны разрушить не только кирпичную кладку, но и железобетонные конструкции, различные гидроизоляционные и другие строительные материалы. Разрушение строительных конструкций и материалов происходит в результате комплексного воздействия: механического давления корневой системы, химического разрушения углекислотой и другими продуктами корневого дыхания, влагой, проникающей по ходу корней, колониями микроорганизмов, использующих в качестве питания корни отмерших растений.

Деревья (как правило, самосевные), выросшие в непосредственной близости (1—6 м) от здания, препятствуют нормальной вентиляции стен. Это приводит к повышению влажности стены здания со всеми вытекающими из этого последствиями. Кроме того, корни деревьев, произрастающих рядом со зданием, способны разрушить фундамент и отмостку. Таким образом, высшие растения могут приносить не только пользу, но и огромный ущерб, если пустить на самотек заселение ими территорий, непосредственно примыкающих к зданиям.

А.6 Дереворазрушающие насекомые

Все насекомые, повреждающие древесину, делятся на две группы. К первой группе относятся насекомые, поражающие живую древесину. Ко второй относятся насекомые, откладывающие яйца в трещины и щели древесины, лишенной коры, которые и являются биодеструкторам деревянных конструкций.

Выделяют следующие виды насекомых-древоточцев:

- точильщик домовый;
- точильщик мебельный;
- сверлильщик;
- долгоносик трухляк;
- жук-древогрыз;
- черный домовой усач;
- фараонов муравей;
- другие виды насекомых-биодеструкторов.

Все перечисленные насекомые способны переваривать клетчатку дерева, которую растворяют с помощью специальных веществ (ферментов), находящихся в их кишечнике, или при участии одноклеточных организмов и/или присутствующих в кишечнике грибов. Точильщики в Российской Федерации представлены сравнительно небольшим числом видов, порядка ста. Наибольшее распространение в деревянных конструкциях имеют два вида — мебельный (Anobium punctatum Deg.) и домовый (Hadrobregmus pertinax L.) точильщики.

Мебельный точильщик — типичный обитатель жилых домов. Он повреждает столы, стулья, кровати, диваны, шкафы, этажерки, музыкальные инструменты, рамы картин, деревянные оправы различных вещей и другие изделия из дерева. Поселяется в плинтусах, подоконниках, оконных рамах, в полах, потолочных балках, в стенах деревянных домов.

Домовый точильщик (Hadrobregmus pertinax L.) выгрызает летное отверстие диаметром 2,5—3,0 мм. Для развития домового точильщика требуется высокая влажность древесины (не менее 18 % — 19 %) и отрицательная температура зимой. Этот вид биодеструкторов заселяет преимущественно древесину в тех местах, где она подвержена воздействию зимних морозов. В каменных домах домовый точильщик поселяется на чердаке в балках, подборе, настильном полу и стропильных ногах, в чердачных перегородках. Он поражает концы балок, лежащих в гнездах наружных стен, затем те части их, которые периодически смачивались в местах протекания крыши.

Особенностью некоторых видов точильщиков [западный (Oligomerus ptilinoides Woll.)] является их способность поражать относительно сухую древесину (с влажностью 11 % — 16 %). Красноногий (Anobium rufipes F.) и еловый (Anobium thomsoni Kr.) точильщики разрушают древесину в постройках, а также деревянную скульптуру и предметы домашнего обихода.

Жуки-древогрызы (Lyctidae) имеют узкое длинное тело, покрытое волосками. Они очень маленькие (обычно не более 0,5 см, а часто и значительно меньше). Самки жуков-древогрызов откладывают яйца в трещины и щели древесины, в ее проводящие сосуды. Личинка вгрызается в древесину и проделывает ход. Ходы личинок, как правило, направляются вдоль волокон, но при плотном заселении сильно перепутываются и поверхностные слои древесины разрушаются настолько, что большая ее часть превращается в труху. Как технические вредители древесины наиболее известны бороздчатый (Lyctus linearis Goeze.), одноцветный (Lyctus brunneus Steph.) и опушенный (Lyctus pubescens Panz.) древогрызы.

Группа жуков-усачей, повреждающих древесину и мебель в домах, ограничена несколькими видами. Из них самый распространенный и опасный — черный домовый усач (Hylotrupes bajalus L.). Жук имеет плоское черное тело длиной 7—21 мм, покрытое нежными беловатыми волосками. Рост их сильно ускоряется, если на древесине, которой они питаются, поселяются грибы. Мебель домовый усач повреждает только в случае массового размножения. При этом он поселяется преимущественно на грубой, примитивной мебели, чаще всего на деревянных столах, скамейках, кроватях. Очень важно вовремя заметить повреждения усача и уничтожить его. Иначе жуки начнут повреждать соседние дома.

Жуки-долгоносики, или слоники, получили свое название за своеобразную форму головы, спереди вытянутую в трубку в виде хоботка. Среди них наиболее широко распространены долгоносик-трухляк (Pselactus spadlx Herbst.), свайный долгоносик (Mesites pallidipennis Boh.), ринкол подземельный (Rhyncolus culinaris Germ.), ринкол толстоногий (Rhyncolus truncorum Gyll.), древесный долгоносик эремотес (Brachytemnus porcatus Germ.) и цилиндрический коссон (Cossonus cylindricus Sahib.).

Долгоносик-трухляк — жук темно-коричневого цвета, блестящий, сверху в волосках. Усики и ножки желтовато-красного цвета. Длина жука около 3 мм. Активная деятельность жуков начинается в апреле. Грызут древесину и личинки, и жуки. Ходы их настолько спутаны, что только при незначительных повреждениях возможно проследить отдельно личиночные и маточные ходы жуков. Древесина, поврежденная трухляком, имеет вид мелконоздреватой губки, темно окрашена, иногда с заметными признаками гниения. Трухляк поселяется в местах постоянного увлажнения, главным образом в кухнях, прачечных, ванных комнатах, сырых углах, а также в деревянных междуэтажных перекрытиях на балках, брусьях, в полах.

Свайный долгоносик (Mesites pallidipennis Boh.) — крупнее трухляка: длина самки 6—7 мм, самца 5—6 мм. Жук черного цвета, надкрылья у самки темно-коричневые, блестящие, а у самца — светло-каштановые с рядами

правильных продольных точек. Свайный долгоносик повреждает береговые сооружения, мосты, подвалы в домах и конструктивные элементы, прилегающие к земле, доски черного пола. Другие представители этого рода также наносят значительный вред деревянным конструкциям.

Наряду с многочисленными полезными видами среди муравьев встречаются и разрушители древесины. Наибольший вред приносят муравьи-древоточцы рода Camponotus. В фауне России как вредители древесины зарегистрированы шесть видов древоточцев. Они имеют сходный образ жизни. Самый распространенный из них красногрудый древоточец (Camponotus herculeanus L.). В справочнике АН СССР «Вредители леса» (1955) он именуется коричневым таежным муравьем. Данный вид широко распространен в пределах Российской Федерации. В городах и сельской местности поселяется в бревнах деревянных построек, выступая в роли технического вредителя. Постепенно древесина в результате деятельности муравьев и гниения превращается в трухлявую массу.

Приложение Б
(обязательное)

Определение степени биоповреждения строительных конструкций, элементов интерьера и декора на стадии предпроектных работ при реставрации исторических зданий и сооружений

Таблица Б.1 — Определение степени биоповреждения строительных конструкций зданий и сооружений, вызванных действием микробиодеструкторов

Степень биоповреждения	Характеристика конструкции	Характеристика повреждения
I	Оштукатуренные и окрашенные поверхности, а также различные отделочные материалы	Образование биологических наслоений в виде пятен различных цветов на поверхности отделочного материала (окрасочного слоя, керамической плитки, обоев или иного покрытия)
	Конструкции из незащищенного бетона, железобетона	Поверхностный плесневой налет без видимого разрушения
	Конструкции из искусственного и природного камня	Поверхностный плесневой налет без видимого разрушения
	Стальные конструкции	Коррозионный слой толщиной не более 0,5 мм
	Деревянные конструкции	Поверхностный плесневой налет
II	Оштукатуренные и окрашенные поверхности, а также различные отделочные материалы	Глубокое повреждение под действием микробиодеструкторов отделочных слоев, вспучивание и отслоение краски, обоев и т. п. Повреждение шпаклевочных и штукатурных слоев, локальное отслаивание керамической и иной плитки
	Конструкции из незащищенного бетона, железобетона	Поверхностное разрушение под действием микробиодеструкторов на глубину до 20 мм (без обнажения арматуры)
	Конструкции из искусственного и природного камня	Поверхностность камня покрыта корками биологического происхождения, имеет незначительные видимые повреждения. Биодеструкторы обнаружены на поверхности и внутри материала. Остаточный прочностной ресурс обеспечивает безопасность эксплуатации конструкции
	Стальные конструкции	Плотный коррозионный слой толщиной более 0,5 мм, но поврежденная конструкция сохраняет способность нести существующие нагрузки
	Деревянные конструкции	Участки гнили локализованы. Глубина повреждения деревянной конструкции не более 10 % сечения. Остаточный прочностной ресурс обеспечивает безопасность эксплуатации конструкции
III	Оштукатуренные и окрашенные поверхности, а также различные отделочные материалы	Отслоение, осыпание штукатурки, шпаклевки, отслоение керамической и иной плитки, глубокое повреждение иных отделочных слоев. Остаточный прочностной ресурс не обеспечивает сохранность и безопасность эксплуатации конструкции
	Конструкции из незащищенного бетона, железобетона	Шелушение и выкрошивание бетона и железобетона под действием микробиодеструкторов более чем на 20 мм, отслоение коррозионного слоя от арматуры железобетона. Остаточный прочностной ресурс не обеспечивает сохранность и безопасность эксплуатации конструкции

Окончание таблицы Б.1

Степень биоповреждения	Характеристика конструкции	Характеристика повреждения
III	Конструкции из искусственного и природного камня	Повреждение поверхности природного камня на глубину более 5 мм. Остаточный прочностной ресурс не обеспечивает сохранность и безопасность эксплуатации конструкции
	Стальные конструкции	Рыхлый коррозионный слой толщиной более 0,5 мм. Поверочные расчеты указывают на то, что конструкция утратила способность нести проектные нагрузки
	Деревянные конструкции	Глубина повреждения деревянной конструкции более 20 % сечения
IV	Биоповреждению степени II и III подвержено более 50 % — 60 % строительных конструкций здания или сооружения. Категория технического состояния объекта по ГОСТ Р 55567 недопустимое или аварийное.	

Таблица Б.2 — Определение степени биоповреждения фасадов зданий и сооружений, вызванных действием макробиодеструкторов

Степень биоповреждения	Тип фасада	Характеристика повреждения
I	Открытая кирпичная, каменная, бутовая кладка. Керамическая плитка, штукатурка. Цокольная отделка фасадов	Поверхностное повреждение поверхности фасадов лишайниками или мхами
II		Произрастание на фасадах самосевных трав, кустов и деревьев возрастом до двух лет. Сохраняется возможность удаления корней растения без разборки кладки
III		Повреждение фасадов и фундаментов корнями кустов и деревьев старше двух лет. Трещины в кладке, вываливание камней, отслаивание штукатурки, керамической плитки, каменных плит, пробивка корнями деревьев фундаментов

Приложение В
(обязательное)

Метод определения степени биостойкости строительных материалов к воздействию микроорганизмов

В.1 Общие рекомендации

Настоящая методика разработана для проверки на стойкость строительных материалов к воздействию микроорганизмов-биодеструкторов, а именно некоторых видов грибов и бактерий. В основу методики положены:

- требования ГОСТ 9.048;
- литературные данные;
- результаты микробиологических исследований строительных конструкций зданий и сооружений различных назначений, памятников истории и архитектуры, которые проводились в период 1995—2020 годы.

Существующие нормативные документы по биостойкости разработаны для технических изделий и не учитывают специфику многих строительных материалов. В настоящей методике в перечень микробиодеструкторов строительных материалов включены грибы, предусмотренные ГОСТ 9.048, а также грибы и бактерии, наиболее часто встречаемые на строительных материалах в разных экологических условиях. Необходимо учитывать, что данный список (см. В.3.1) является базовым и включает микроорганизмы-деструкторы, которые наиболее часто встречаются на поврежденных материалах на территории Российской Федерации. Данный список может корректироваться для отдельных регионов, так как в разных климатических условиях может меняться состав микроорганизмов, проявляющих деструктивную активность в отношении материалов и конструкций. С учетом особенностей региона допускается введение в список В.3 дополнительных видов микробиодеструкторов, которые используются в испытаниях материалов на биостойкость.

В.2 Подготовка образцов

В.2.1 Готовые изделия

Образцы материала отбирают из разных мест готового изделия. Размеры образца не должны превышать внутренние размеры стандартной чашки Петри (диаметр 90 мм), толщина образца не должна превышать 0,7 глубины чашки (1 см).

Каждый образец очищается от загрязнений, протирается тампоном или кистью, смоченными в этиловом спирте. Расход спирта 0,05—0,1 л/м^2. Если образцы не стойкие к спирту, их очищают дистиллированной водой, нагретой до (50 ± 10) °С. Затем образцы помещают в стерильные чашки Петри.

В.2.2 Сухие строительные смеси

Сухие строительные смеси затворяют дистиллированной водой, если иное не предусмотрено в технических условиях для данной смеси. Раствор заливают в стерильные чашки Петри. Толщина раствора должна быть от 0,4 до 0,7 см.

В.2.3 Лакокрасочные материалы

Лакокрасочные материалы наносят на дно стерильной чашки Петри сплошным слоем, не превышающим по толщине допустимое значение.

В.2.4 Сыпучие материалы

Сыпучие материалы равномерно засыпают в стерильные чашки Петри. Толщина слоя от 0,1 до 0,7 см.

В.2.5 При проведении подготовительных работ используют резиновые перчатки. Следует предусмотреть меры по предупреждению попадания посторонних веществ на образцы.

В.3 Проведение испытаний

В.3.1 Испытание на биостойкость материала проводят по следующим микробиодеструкторам:

а) грибы:

1) Aspergillus niger*;
2) Aspergillus terreus*;
3) Aspergillus versicolor;
4) Alternaria alternata;
5) Aurebasidium pullulans;
6) Cladosporium cladosporioides;
7) Cladosporium sphaerospermum;
8) Mucor racemosus;
9) Penicillium ochro-chloron*;
10) Penicillium funiculosum*;
11) Paecilomyces variotii*;
12) Scopulariopsis brevicaulis*;
13) Trichoderma viride*;

б) бактерии:
1) Streptomyces sp.;
2) Nitrosomonas sp.;
3) Thiobacillus ferrooxidans;
4) Thiobacillus thioparus;
5) Pseudomonas fluorescens;
6) Gallionella ferruginea;
7) Bacillus subtilis;
8) Desulfovibrio desulfuricans.

Примечание — Знак «*» означает, что виды включены в ГОСТ 9.048.

В.3.2 Испытания проводят на образцах, не подвергавшихся климатическим испытаниям.

В.3.3 Каждый образец материала тестируют с каждым указанным в В.3.1 биодеструктором не менее чем в трехкратной повторности.

В.3.4 Тестирование проводят путем инокуляции (искусственным заражением) испытуемых образцов микроорганизмом-деструктуром (тест-объектом) или инкубацией (выдерживанием) образцов в культуре тест-объекта. Одновременно осуществляется посев тех же видов микроорганизмов на контрольные питательные среды (тест-контроль).

В.3.5 Испытания с тест-объектами грибов

В.3.5.1 При проведении испытаний используют аппаратуру, материалы и реактивы согласно ГОСТ 9.048.

В.3.5.2 Питательные среды для грибов готовят согласно Г.1 и приложению 3 ГОСТ 9.048.

В.3.5.3 Суспензии спор грибов в дистиллированной воде готовят непосредственно перед испытанием. Концентрации суспензий определяют с использованием камеры Горяева. Для проведения испытаний применяют суспензии, концентрации которых находятся в пределах 10^5 —10^6 спор грибов на 1 мл суспензии.

В.3.5.4 В соответствии с ГОСТ 9.048 поверхность образцов заражают водной суспензией спор грибов равномерным опрыскиванием или нанесением капель, не допуская их слияния. Зараженные образцы подсушивают в боксе при температуре (25 ± 1) °С и относительной влажности воздуха от 70 % до 90 % до высыхания капель, но не более 60 мин.

В.3.5.5 Чашки Петри с образцами, зараженными спорами грибов, помещают в камеру или эксикатор, на дно которого налита дистиллированная вода (для создания высокой влажности воздушной среды, необходимой для развития грибов). Расстояние между стенками камеры или эксикатора до чашек Петри должно быть не менее 50 мм. Камеру или эксикатор закрывают. Контрольные чашки Петри с питательной средой (среда Чапека) помещают в аналогичные условия.

В.3.5.6 Испытания с грибами-деструкторами проводят при температуре (29 ± 2) °С и относительной влажности воздуха более 90 %. Продолжительность испытаний составляет 28 сут. За начало испытаний принимают время получения заданного режима. В камере не допускается конденсация влаги, принудительная вентиляция и воздействие прямого естественного или искусственного освещения. В процессе испытания каждые 7 сут крышки эксикаторов приоткрывают на 3 мин для доступа воздуха.

В.3.5.7 Контрольные чашки Петри осматривают через 5 сут. Если на питательной среде не наблюдается развитие микроорганизмов, то они считаются нежизнеспособными. Испытания проводят заново. При этом используют ту же, но жизнеспособную культуру тест-объекта.

В.3.5.8 По завершении испытания образцы извлекают из камеры или эксикатора и осматривают невооруженным глазом (освещенность 200—300 лк), фотографируют, затем анализируют под бинокулярной лупой и микроскопом и оценивают биостойкость каждого образца по интенсивности развития микроорганизмов-деструкторов. Оценку степени биостойкости каждого образца проводят по таблице В.1.

В.3.6 Испытания с бактериальными тест-объектами

В.3.6.1 В зависимости от физиологических особенностей используемых бактериальных тест-объектов испытание проводят или инокуляцией (заражением), как и грибными тест-объектами, или, в случае анаэробов, погружением материала в культуру тест-объекта.

В.3.6.2 Для инокуляции образца опрыскиванием бактериальные штаммы выращивают на соответствующих жидких или твердых питательных средах при оптимальной температуре до получения максимального содержания (начало стационарной фазы роста). Перед опрыскиванием готовят исходные суспензии на стерильной воде с концентрацией $1 \cdot 10^6$ кл — $1 \cdot 10^8$ кл в 1 мл суспензии. После опрыскивания культивирование проводят по Г.2.

В.3.6.3 Для испытаний методом погружения образцы помещают в сосуды с молодыми, свежезасеянными культурами бактериальных тест-объектов и инкубируют при оптимальных условиях 28 сут.

В.3.6.4 По завершении испытания образцы извлекают из камеры, эксикатора или бактериальной культуры, осматривают невооруженным глазом (освещенность 200—300 лк), фотографируют, затем анализируют под бинокулярной лупой и микроскопом, после чего оценивают биостойкость каждого образца по интенсивности развития микроорганизмов-деструкторов. Оценку степени биостойкости каждого образца проводят по таблице В.1.

Таблица В.1 — Оценка степени биостойкости образцов испытуемых материалов для каждого тест-объекта

Характеристика балла	Балл
Под микроскопом прорастания спор, конидий грибов и бактерий не обнаружено	0
Под микроскопом видны проросшие споры и незначительно развитый мицелий. Под микроскопом видны единичные колонии бактерий	1
Под микроскопом виден развитый мицелий, возможно спороношение. Под микроскопом видны немногочисленные колонии бактерий	2
Невооруженным глазом мицелий и (или) спороношение едва видны, но отчетливо видны под микроскопом. Под микроскопом видны многочисленные колонии бактерий	3
Невооруженным глазом отчетливо видно развитие грибов, покрывающих менее 25 % испытуемой поверхности. То же, для бактерий	4
Невооруженным глазом отчетливо видно развитие грибов, покрывающих более 25 % испытуемой поверхности. То же, для бактерий	5

В.4 Обработка результатов

В.4.1 По каждому тест-объекту определяют средний балл: суммируют баллы в каждой повторности, разделяют на количество повторностей и округляют до целого значения.

В.4.2 Заключение о биостойкости строительного материала делают по максимальному значению балла.

В.4.3 Если известны другие микроорганизмы, проявляющие специфичную агрессивность по отношению к исследуемому материалу в обычных условиях, их необходимо включить в перечень тест-объектов.

В.4.4 Если испытуемый строительный материал предназначен для использования в специфичных условиях, следует предварительно выяснить, какие агрессивные биодеструкторы наиболее часто встречаются в этих условиях, и использовать их в качестве дополнительных.

В.4.5 Результаты испытания заносят в протокол. Протокол оформляют следующим образом.

Протокол испытания материала на биостойкость

Наименование материала_____

Предприятие-изготовитель _____

Номер технических условий (ТУ) на материал _____

Количество образцов материала _____

Полное наименование предприятия/организации, проводившей испытание_____

Дата проведения испытания:

Начало испытания _____

Окончание испытания _____

Ответственное лицо _____ _____
инициалы, фамилия личная подпись

М.П.

Наименование тест-культуры	Количество повторностей	Балл
ГРИБЫ		
Aspergillus niger		
Aspergillus terreus		
Aspergillus versicolor		
Alternaria alternata		
Aurebasidium pullulans		
Cladosporium cladosporioides		
Cladosporium sphaerospermum		
Mucor racemosus		
Penicillium ochro-chloron		
Penicillium funiculosum		
Paecilomyces variotii		
Scopulariopsis brevicaulis		
Trichoderma viride		
БАКТЕРИИ		
Streptomyces sp.		
Nitrosomonas sp.		
Thiobacillus ferrooxidans Thiobacillus thioparus		
Pseudomonas fluorescens		
Gallionella ferruginea		
Bacillus subtilis		
Desulfovibrio desulfuricans		

Заключение о биостойкости материала _____

В.5 Требования безопасности при проведении испытания должны соответствовать ГОСТ 9.048—89 (раздел 5)

В.6 Стерилизация и хранение посуды должны соответствовать ГОСТ 9.048—89 (приложение 2).

В.7 Стерилизация питательных сред должна соответствовать ГОСТ 9.048—89 (раздел 8, приложение 3).

Приложение Г
(обязательное)

Методы отбора проб материалов, поврежденных микробиодеструкторами

Отбор микробиологических проб строительных и отделочных материалов с поврежденных строительных конструкций

Г.1 Отбор проб проводят с наиболее поврежденного участка зоны с признаками биоповреждения. Если в помещении несколько зон с признаками биоповреждения, то необходимо отбирать отдельные пробы с каждого материала.

Г.2 Метод соскоба пробы

Г.2.1 Перед отбором пробы выполняют следующие работы:

- измеряют влажность и температуру воздуха в помещении;
- измеряют влажность материала в зоне повреждения;
- если позволяют условия, измеряют pH в зоне повреждения;
- рядом с зоной повреждения устанавливают табличку с номером пробы, проводят фотофиксацию зоны;
- на поэтажные планы наносят точку фотосъемки с указанием направления съемки;
- на развертке стен помещения или фасада наносят все зоны, имеющие признаки биоповреждения;
- в рабочий блокнот записывают характер повреждения, предварительную оценку степени биоповреждения конструкции (приложение Б), характеристику внешних условий.

Г.2.2 Если имеется нарушение целостности поврежденной поверхности, образование сыпучих и порошащих структур, следует проводить отбор разрушающегося материала в количестве не менее 25—30 г для проведения комплексного лабораторного исследования.

Г.2.3 Отбор осуществляют в стерильные чашки Петри или другие стерильные емкости с помощью скальпеля или хирургического шпателя. Емкости должны быть герметичными. Для герметизации емкостей лучше всего использовать специальную пленку «парафильм», допускается использовать пластырь или скотч.

Г.2.4 При незначительном или едва заметном разрушении материала (I степень повреждения) и невозможности отобрать необходимое для лабораторных исследований количество материала используют метод бактериологических отпечатков на поверхность с питательной средой (приложение Д).

Г.2.5 Для оценки обсемененности поверхности микроорганизмами пробы отбирают методом смыва. Смывы собирают стерильными салфетками или ватными тампонами, которые предварительно смачивают дистиллированной водой, а рассев на питательные среды проводят с использованием разведений полученного смыва. Общая площадь поверхности крупных объектов, с которой берется смыв, — 100 $см^2$ (площадка 10 × 10 см). Смывы с мелких предметов можно получить, погрузив их непосредственно в колбу с дистиллированной водой. В течение 10 мин их встряхивают, затем полученный смыв используют для посевов на питательные среды.

Г.2.6 При отсутствии возможности приступить к лабораторным исследованиям в тот же или на следующий день отобранные пробы следует хранить в холодильнике при температуре от 3 °С до 5 °С. Срок хранения не должен превышать 20 дней.

Г.2.7 Если зона повреждения имеет высокую влажность, отобранные пробы разделяют (в лабораторных условиях) на две части: для бактериологического и микологического анализов.

Г.2.8 Все отобранные пробы должны быть пронумерованы.

Г.3 Метод отбора проб воздуха

Г.3.1 Перед отбором пробы выполняют следующие работы:

- измеряют влажность и температуру воздуха в помещении;
- рядом с пробоотборником или чашкой Петри устанавливают табличку с номером пробы;
- проводят фотофиксацию места установки приборов;
- на поэтажные планы наносят точку места установки приборов;
- в рабочий блокнот записывают характеристику внешних условий.

Г.3.2 Отбор пробы воздуха осуществляют с помощью сертифицированного пробоотборника ПУ-1Б, обеспечивающего осаждение на питательную среду клеток микроорганизмов из определенного объема воздуха.

Г.3.3 При отсутствии прибора ПУ-1Б допускается использовать метод осаждения микроорганизмов из воздуха на питательные среды в стандартные чашки Петри (время экспозиции ~1 ч). Для первичного отбора проб воздуха следует использовать среду Сабуро и среду Чапека-Докса. На чашках Петри записывают номер пробы, дату и время экспозиции.

Г.4 Метод зондирования

Г.4.1 Предварительная оценка степени биоповреждения строительных материалов и конструкций по таблице Б.1 основана на визуальном осмотре конструкции и зависит от характеристики повреждения. При биоповреждениях степени I разрушение материала незначительное, возможны поверхностные шелушения, повреждения

красочного слоя, поверхностный плесневелый налет. При степенях повреждения II и выше имеет место более глубокое повреждение материалов. Микробиодеструкторы могут развиваться не только на поверхности материала, но и в толще конструкции. Видовой и количественный состав биодеструкторов, как правило, варьируется по глубине. Метод зондирования рекомендуется, прежде всего, для исследования поврежденной штукатурки и кирпичной кладки.

Г.4.2 Перед отбором пробы выполняют работы, указанные в Г.2.1.

Г.4.3 Для отбора проб по методу зондирования используют следующие инструменты: строительный шлямбур, молоток весом более 100 г, универсальный штангенциркуль, плотно закрывающиеся стерильные контейнеры для проб, баллончик с жатым воздухом, щеточка для удаления пыли, одноразовые стерильные салфетки, спирт (~96 %) или иной стерилизующий состав. Использовать электромеханические инструменты для отбора проб недопустимо.

Г.4.4 Прежде всего необходимо отобрать пробу с поверхности штукатурки по Б.1. Если стена не оштукатурена, то соскоб отбирают с поверхности кирпича. Шлямбур устанавливают в точке соскоба. Перед отбором проб шлямбур необходимо стерилизовать (промывка в спирте или ином стерилизующим составе) для того, чтобы избежать занесения в пробу посторонних микроорганизмов.

Г.4.5 При помощи шлямбура проводят отбор проб через каждые (5 ± 2) мм. Отобранный материал высыпают в стерильный контейнер.

Г.4.6 Перед отбором очередной пробы шлямбур и круглую щеточку дезинфицируют. Круглой щеточкой тщательно вычищают мелкие крошки из получившегося отверстия в стене. Пыль удаляют сжатым воздухом.

Г.4.7 После отбора каждой пробы измеряют глубину получившегося отверстия с точностью до миллиметра. На контейнере с отобранной пробой делают надпись с указанием глубины отверстия. Рекомендуется осуществлять отбор проб на глубину не менее 5 см.

Г.4.8 Отобранные пробы исследуют в лабораторных условиях (приложение Д).

Приложение Д
(обязательное)

Методы лабораторных исследований материалов, поврежденных микробиодеструкторами

Д.1 Методы проведения микологического анализа

Д.1.1 Состав питательных сред для микологического анализа

Д.1.1.1 Картофельно-глюкозный агар (г/л): картофель — 200,0; глюкоза — 20,0; агар-агар — 20,0; вода дистиллированная.

Д.1.1.2 Среда Чапека-Докса с агаром (г/л): KH_2PO_4 — 0,7; K_2HPO_4 — 0,3; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ — 0,5; $NaNO_3$ — 2,0; KCl — 0,5; $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ — 0,01 г; сахароза — 30,0, вода дистиллированная.

Д.1.1.3 Среда Сусло-агар: неохмеленное пивное сусло (5—6 градусов по Баллингу) — 1 л; агар-агар — 20,0 г.

Д.1.1.4 Среда Сабуро (г/л): глюкоза — 40,0; пептон — 10,0; агар-агар — 20,0; вода дистиллированная.

Д.1.2 Способы выделения грибов в культуру с поверхности образца

Д.1.2.1 Способ рассева крошек и мелких фрагментов отобранного поврежденного материала (далее — субстрата) на поверхность питательной среды

Перед рассевом материал следует растереть в керамической ступке, после чего равномерно распределить мелкие частицы (1—3 мм) по поверхности питательной среды, подготовленной согласно Г.1.1.

Для сыпучих материалов процедура растирания не обязательна.

Д.1.2.2 Способ смыва с поверхности субстрата

Способ смыва с поверхности субстрата применяют для выявления микроорганизмов, часто развивающихся за счет поверхностного загрязнения материала. Материал желательно измельчить. Необходимо перенести 1 г материала в 10 мл стерильного 0,001 % раствора Твина-80 в дистиллированной воде. Полученную суспензию следует размешивать в течение 1 ч при комнатной температуре для отделения клеток микроорганизмов от материала. Равномерно распределяют 40 мкл суспензии по поверхности твердой питательной среды в чашках Петри (следует использовать среды, указанные в Г.1.1). Чашки выдерживают в термостате при температуре 25 °С — 28 °С. Осуществляют ежедневное наблюдение и фиксируют появление колоний микроорганизмов. По мере развития колоний осуществляют их пересев для последующей идентификации.

Д.1.2.3 Способ избирательного выделения микромицетов на питательную среду с помощью инъекционной иглы

Просматривая материал под бинокулярной лупой при увеличениях от 20 до 80 раз или при малом увеличении светового микроскопа, осуществляют прямой перенос мицелия или мелких колоний микромицетов стерильной инъекционной иглой на питательную среду. Такой способ выделения позволяет получать культуры медленнорастущих (микроколониальных) грибов.

Д.1.2.4 Предварительная активация (возобновление развития) микромицетов во влажных камерах с последующим переносом на питательную среду развивающихся зачатков грибов

Данный способ обеспечивает возобновление развития микромицетов, что существенно облегчает их перенос на питательную среду. Однако при использовании данного способа стимулируется развитие сопутствующих бактерий, загрязняющих получаемые культуры микромицетов. Для предотвращения подобного загрязнения при первом выделении микромицетов в культуру в состав питательных сред целесообразно включать антибиотики (например, стрептомицин, окситетрациклин или актидион) из расчета 3 мг на 1 литр проавтоклавированной и охлажденной до 45 °С — 50 °С среды.

Д.1.2.5 Перенос выявленных на бакпечатках (отпечатках с поверхности субстрата) структур грибов осуществляют на питательную среду.

Д.1.3 Количественный метод

Д.1.3.1 К 1 г измельченного исследуемого материала добавляют 100 мл дистиллированной воды, тщательно перемешивают и 1 мл полученной суспензии равномерно распределяют по поверхности агаризованной питательной среды с помощью микробиологического шпателя.

Д.1.3.2 Засеянные чашки Петри выдерживают в термостате при температуре 25 °С — 28 °С до появления колоний.

Д.1.3.3 Проводят подсчет колоний на поверхности среды. Рассчитывают количество колониеобразующих единиц (КОЕ) на 1 г субстрата.

Д.1.4 Методы идентификации

Д.1.4.1 Образовавшиеся колонии грибов при первичной изоляции пересевают на стандартные питательные среды, подготовленные согласно Г.3.1, в стерильных условиях, используя микробиологическую петлю.

Д.1.4.2 Культивирование посевов проводят в термостате при температуре 25 °С — 28 °С до получения развитых колоний с характерными морфологическими признаками и зрелым спороношением.

Д.1.4.3 Для идентификации просматривают выросшие колонии в световом микроскопе. Препараты для световой микроскопии готовят в капле воды (временные препараты) или используя консервирующую жидкость — лак-

тофенол (постоянные препараты). Идентификацию до вида по морфолого-культуральным признакам проводят с использованием стандартных отечественных и зарубежных определителей.

Д.1.4.4 Для идентификации медленнорастущих микромицетов применяют специальную методику культивирования грибов на агаровых блоках, помещенных между покровными и предметными стеклами.

Д.1.4.5 В специальных лабораториях возможно применение молекулярно-генетических методов идентификации отдельных штаммов микромицетов. Эта процедура включает несколько этапов и требует специального дорогостоящего оборудования. Для проведения такого анализа в специализированную лабораторию передаются чистые культуры штаммов микромицетов, отобранных для идентификации.

Д.2 Методы проведения бактериологического анализа

Д.2.1 При проведении бактериологического анализа должны быть использованы два взаимодополняющих метода: количественный и качественный. При этом устанавливают принадлежность бактерий к определенным группам, а также оценивают их содержание в 1 г исследуемого материала прямым высевом на твердую питательную среду или методом наиболее вероятных чисел (НВЧ) при высеве в специфические жидкие накопительные среды. Результат выражают в КОЕ/г для прямого высева и кл/г — для метода НВЧ.

Д.2.2 Метод разведений

Навеску образца (1 г) измельчают в стерильной ступке и переносят во флакон с 10 мл стерильного физиологического раствора (или стерильной дистиллированной воды). Флакон тщательно встряхивают не менее 15 мин. Из суспензии готовят ряд последовательных десятикратных разведений от 10^{-1} до 10^{-4}, из которых осуществляется посев на рекомендованные питательные среды.

Д.2.3 Определение общего количества бактерий

Под общим количеством бактерий, как правило, подразумевают количество органотрофных бактерий, которые способны расти на готовом коммерческом питательном агаре, изготавливаемом из гидролизата рыбной муки (агар питательный сухой).

В пустые стерильные чашки Петри в двухкратной повторности вносят по 1 мл исходной суспензии и разведений 10^{-1} — 10^{-4}. В каждую чашку вливают по 8—12 мл расплавленного и остуженного до 45 °С питательного агара. Быстро смешивают содержимое чашек, равномерно распределяя суспензию бактерий в питательной среде. После застывания среды чашки с посевами помещают в термостат вверх дном и инкубируют при температуре 25 °С — 28 °С в течение 3—5 сут. Подсчитывают только колонии бактерий, не включая в общее число колонии плесневых грибов. Результат усредняют и пересчитывают на 1 г исследуемого материала.

Д.2.4 Определение нитрифицирующих бактерий

Для определения нитрифицирующих бактерий используют среду Виноградского следующего состава (г/л): $(NH_4)_2SO_4$ — 2,0; K_2HPO_4 — 1,0; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ — 0,4; $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ — 0,4; NaCl — 2,0; стерильная вода — 1 л. Среду разливают в колбы по 15 мл. Толщина слоя среды не должна быть более 1,0—1,5 см. В каждую колбу вносят на кончике шпателя небольшое количество мела. Посев проводят в объеме по 1 мл из исходной суспензии и ее разведений 10^{-1}; 10^{-2}; 10^{-3} в трехкратной повторности. Инкубацию посевов проводят при 28 °С — 30 °С три недели. Присутствие нитрифицирующих бактерий устанавливают по появлению нитратов.

Выявление нитратов проводят с помощью дифениламина. Для этого 2 г дифениламина растворяют в 100 мл концентрированной серной кислоты, затем добавляют 20 мл воды. К одной капле культуры, нанесенной на белую керамическую пластину, добавляют каплю реактива. Присутствие нитратов вызывает появление интенсивного синего окрашивания. Содержание нитрифицирующих бактерий определяют как наиболее вероятное число (кл/г исследуемого материала) по статистическим таблицам Мак-Креди.

Д.2.5 Определение железобактерий

Для определения железобактерий используют среду Хариссона: Раствор 1 (г/л): $(NH_4)_2SO_4$ — 2,0; KCl — 0,1; K_2PO_4 — 0,25; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ — 0,25; Ca $(NO_3)_2$ — 0,01; вода дистиллированная; pH 2,0 — 4,0. Раствор 2 (г/л): агароза — 8,0; вода дистиллированная. Раствор 3 (г/л): $FeSO_4 \cdot H_2O$ — 40,0; вода дистиллированная. Готовят смесь расплавленной агарозы и раствора 1 в соответствии 1:1, охлаждают до 45 °С, вносят раствор 3 в конечной концентрации 1 % $FeSO_4$ и разливают среду в чашки Петри, которые хранят при температуре 10 °С. Посевной материал (по 0,1 мл нативной суспензии и ее разведений до 10^{-2}) вносят в 0,3 % агарозу (60 мг агарозы вносят в 10 мл воды, стерилизуют и смешивают с 10 мл стерильного раствора 1, вносят 0,5 мл раствора 3, подогретого до 45 °С) и заливают на чашки вторым слоем. Посевы инкубируют одну — четыре недели. Подсчитывают колонии железобактерий ярко-оранжевого или желтого цвета. Результат выражают как количество КОЕ железобактерий в 1 г исходного материала.

Д.2.6 Определение тиобацилл и сульфатредуцирующих бактерий

Для определения тиобацилл используют среду Бейеринка (г/л): Na_2SO_4 — 5,0; NH_4Cl — 0,1; $NaHCO_3$ — 1,0; $Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$ — 2,0; $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ — 0,1; $FeSO_4 \cdot H_2O$ — следы; стерильная вода. Тиосульфат и бикарбонат стерилизуют по отдельности, растворив в небольшом количестве воды, и после охлаждения добавляют в раствор остальных солей вместе с $FeSO_4$. pH среды 9,2—9,4. Исходную суспензию и ее разведения до 10^{-4} засевают в готовую среду в трех повторностях. При наличии тионовых бактерий в посевном материале среда мутнеет через два — четыре дня, и на ее поверхности появляется пленка молекулярной серы, которая образуется при окислении

тиосульфата. Содержание тиобацилл определяют в виде наиболее вероятного числа (кл/г исследуемого материала) по таблицам Мак-Креди.

Для определения сульфатредуцирующих бактерий используют среду Постгейта «В» с осадком, так как первоначальное развитие бактерий происходит в осадке. Среда Постгейта «В» (г/л): NaCl — 1; K_2HPO_4 — 0,5; NH_4Cl — 1,0; $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ — 1,0; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ — 2,0; лактат натрия (70 %) — 3,5; дрожжевой экстракт — 1,0; аскорбиновая кислота — 1,0; тиогликолевая кислота — 1,0; $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ — 0,5; вода дистиллированная. Аскорбиновую и тиогликолевую кислоту в виде 5 %-ных стерильных растворов и сернокислое железо в 1 %-ной соляной кислоте добавляют в питательную среду непосредственно перед засевом. Реакцию среды доводят до pH 7,5, нейтрализуя 5 %-ным раствором соляной кислоты или углекислого натрия. Среда должна иметь низкий окислительно-восстановительный потенциал, который в самом начале культивирования создается добавлением восстановителя, например сульфида натрия, в концентрации 1 мМ. Культуры накопления лучше всего ставить в склянках на 30—60 мл со стеклянными пробками, которые смазываются перед автоклавированием силиконовой смазкой. Заражение (инокуляцию) проводят 0,1—1 г материала. Склянка наполняется средой так, чтобы после заражения под пробкой не оставалось пузырьков воздуха. Содержание сульфатредуцирующих бактерий определяют в виде наиболее вероятного числа (кл/г исследуемого материала) по таблицам Мак-Креди.

Д.2.7 В отдельных случаях целесообразно проводить изучение микроорганизмов на поверхности поврежденного материала методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Высокие увеличения и хорошее разрешение, достигаемые при использовании данного метода, делают возможным изучение биодеструкторов прямо на поверхности разрушающегося материала. Образцы поврежденного материала, минимальным размером 0,5 на 0,5 см и максимальным размером 1,0 на 1,0 см, первоначально необходимо исследовать под бинокулярной лупой. Критерием отбора участков материала для СЭм-анализа служит наличие разнообразных биологических структур на его поверхности. Отобранные образцы целесообразно выдержать во влажной камере в течение 24 ч с целью активации микроорганизмов, после чего материал фиксируют и анализируют в сканирующем электронном микроскопе в диапазоне увеличений от 100 крат до 10 000 крат.

Д.3 Метод анализа проб воздушной среды

Отбор проб осуществляют с помощью сертифицированного пробоотборника ПУ-1Б, обеспечивающего осаждение на питательную среду клеток микроорганизмов из определенного объема воздуха. При отсутствии прибора допускается использовать метод осаждения микроорганизмов из воздуха на питательные среды в стандартные чашки Петри (время экспозиции — 1 ч). Для первичного отбора проб воздуха следует использовать среду Сабуро и среду Чапека-Докса.

Число спор в $1м^3$ воздуха X вычисляют по формуле

$$X = \frac{5 \cdot A \cdot 10^4}{r^2} \cdot T, \qquad (Д.1)$$

где A — число колоний на чашке Петри;

r — радиус чашки Петри;

T — время экспозиции.

Инкубацию чашек осуществляют так же, как и при выделении грибов из субстрата (Г.1.3.2). Колонии, как правило, подсчитывают на 7—9 сут культивирования. Идентификацию грибов осуществляют в соответствии с Г.1.4.

Приложение Е
(справочное)

Причины биоповреждения строительных материалов и конструкций исторических зданий и сооружений

Е.1 К основным причинам биоповреждений исторических зданий и сооружений относят следующие факторы:

- повышенная влажность строительных материалов;
- наличие в составе строительных материалов веществ (прежде всего органических), являющихся питательной средой для биодеструкторов;
- высокая запыленность наружного воздуха и воздуха внутри помещений;
- загрязнение атмосферы такими газами, как: SO_2, SO_3, CO_2, NO_2, NH_3 и т. п.;
- повреждение поверхности строительных материалов под воздействием других факторов (появление трещин, напряженное состояние конструкции и т. д.);
- загрязнение поверхности строительных материалов веществами, способствующими развитию биодеструкторов;
- антисанитарные условия в эксплуатируемых, подсобных помещениях и на прилегающих территориях;
- использование материалов, зараженных биодеструкторами.

Е.2 Питательной средой для микробиодеструкторов являются многие органические соединения, используемые в строительстве или строительных материалах, например олифа, столярный клей, дерево и деревянные стружки, целлюлоза, а также материалы на основе нефтепродуктов, синтетических полимеров и т. п.

Е.3 Пыль, как правило, содержит вещества, необходимые для развития различных микроорганизмов-деструкторов. Кроме того, вместе с пылью по воздуху распространяются споры грибов, бактерии, пыльца и семена растений.

Е.4 Строительные материалы, в состав которых не входят вещества, благоприятные для жизнедеятельности микроорганизмов, могут подвергаться биоповреждениям в том случае, если на их поверхности имеются загрязнители, которые служат благоприятной средой для микробов. Те, в свою очередь, продуцируют вещества, химически агрессивные для материалов, а после появления микротрещин разрушают материал и механическим путем.

Е.5 Причина повреждения деревянных конструкций дереворазрушающими насекомыми, как правило, связана с использованием, нахождением или складировнием вблизи от объекта деревянных материалов, пораженных насекомыми. Поражению насекомыми способствует повышенная влажность древесины (более 20 %), первичное поражение деревянных конструкций домовыми и плесневыми грибами.

Е.6 Отсутствие постоянного биомониторинга в исторических зданиях и сооружениях.

Приложение Ж
(обязательное)

Метод оценки эффективности биоцидных составов

Ж.1 Применение биоцидов (химический метод антисептирования) остается основным способом дезинфекции открытых поверхностей, инструментов, защиты от биоразрушения различных материалов. Действие биоцидов обеспечивается наличием в их составе веществ, уничтожающих микроорганизмы, поселяющиеся на конкретном материале. Основные требования, предъявляемые к современным биоцидным составам:

- широкий спектр действия;
- продолжительность воздействия;
- отсутствие отрицательного воздействия на материал (особенно важно при использовании биоцидов в реставрационной практике);
- проникающее действие (ингибирование микроорганизмов, оставшихся в порах, трещинах и структурных полостях);
- низкая токсичность в отношении человека.

Ж.2 Существует широкий выбор биоцидов, которые представляют собой различные классы веществ, применяемых для замедления или остановки роста микроорганизмов. Биоцидные составы используют для борьбы с грибами, водорослями, бактериями и лишайниками. Эффективность антимикробного действия зависит от правильного выбора биоцида, способа и условий обработки. В случае выявления широкого спектра биодеструкторов возможно применение смеси биоцидов, что существенно усиливает защитный эффект. Некоторые современные биоциды обладают гидрофобизирующим эффектом.

Ж.3 Биоциды допускается использовать для повышения биостойкости строительных материалов. Они добавляются в краски, грунтовки, побелочные смеси, электролиты, конверсионные покрытия как наполнители.

Ж.4 Внедрению в практику новых биоцидных составов должны предшествовать всесторонние испытания, проводимые как в лабораторных, так и полевых условиях. Испытания защитных составов допускается проводить разными методами. Однако первичное представление об эффективности биоцидов дает испытание на чистых культурах микроорганизмов, которые известны как агрессивные деструкторы и выделены в культуру с поврежденных материалов. Питательные среды, которые следует использовать в испытаниях биоцидных составов, приведены в разделе Д.1 приложения Д.

Лабораторные испытания проводят следующими методами:

- добавлением биоцидов в питательную среду с последующим посевом тест-объектов;
- методом лунок (диффузионный метод основан на введении препарата в лунки, сделанные в питательной среде с культурой микроорганизма; оценка эффективности препарата определяется по размеру зоны подавления роста тест-объекта);
- методом бумажных дисков (диффузионный метод — препарат наносят на бумажные диски и помещают на питательную среду с культурой микроорганизма; оценку эффективности препарата определяют по размеру зоны подавления роста тест-объекта).

Необходимо контролировать, когда вместо биоцида используется дистиллированная вода.

Эффективность биоцидного действия на тест-культуры биодеструкторов оценивают по степени подавления роста (при добавлении в среду) или по размеру зоны ингибирования роста (при использовании метода лунок и бумажных дисков).

Ж.5 Продолжение испытаний проводят непосредственно на защищаемом материале. При этом обработанный биоцидом материал оценивают на биостойкость как приведено в приложении В.

Приложение И
(обязательное)

Методы ликвидации последствий биоповреждений строительных конструкций исторических зданий и сооружений

Таблица И.1 — Методы ликвидации последствий биоповреждений строительных конструкций зданий и сооружений, вызванных действием микроорганизмов-деструкторов

Характеристика конструкции	Степень биоповреждения	Методы ликвидации очагов и последствий биоповреждения строительных материалов и конструкций
Оштукатуренные и окрашенные поверхности, а также различные отделочные материалы, конструкции из незащищенного бетона, железобетона	I	1.1.1 После просушки поверхности провести ее обработку биоцидным раствором. Прежде чем приступить к работе, убедиться в том, что используемые составы не влияют на колористику обрабатываемой поверхности 1.1.2 Пораженные обои удалить 1.1.3 С окрашенных, оштукатуренных или открытых поверхностей (после смачивания биоцидным раствором) шпателем или иным инструментом соскоблить налеты плесневых грибов, микроводорослей и продукты жизнедеятельности микроорганизмов с поврежденных участков 1.1.4 Собрать с пола мусор, обильно смочить его биоцидным раствором, упаковать мусор в полиэтиленовые мешки, вынести в мусоросборник 1.1.5 Повторно обработать поврежденную поверхность биоцидным раствором 1.1.6 Провести ремонтно-реставрационные работы с применением биостойких материалов для влажных помещений, имеющих биоцидные добавки
Конструкции из искусственного и природного камня		1.2.1 Смыть биоцидным раствором с поверхности камня колонии микроорганизмов 1.2.2 Удалить с поверхности материала продукты жизнедеятельности микроорганизмов 1.2.3 Смочить на время не менее 30 мин биоцидным раствором [перекись водорода (15 % — 20 %), четвертичные аммонийные соединения] швы, трещины или естественные полости, где могут сохраняться колонии микроорганизмов 1.2.4 Промыть водой всю поверхность материала. Расчистить швы, трещины или естественные полости от остатков биопленок, биомассы 1.2.5 Обработать всю поверхность биоцидным раствором
Стальные конструкции		1.3.1 Очистить стальную поверхность от коррозионного слоя 1.3.2 Нанести антикоррозионную грунтовку и покрасить краской для металлов
Деревянные конструкции		1.4.1 Смыть биоцидным раствором с поверхности деревянной конструкции колонии микроорганизмов (бактерий, плесневых грибов, микроводорослей и продукты их жизнедеятельности). Биоцидный состав не должен оказывать химическое воздействие на древесину 1.4.2 Просушить обработанный участок 1.4.3 Обработать всю деревянную конструкцию биоцидным составом

Продолжение таблицы И.1

Характеристика конструкции	Степень биоповреждения	Методы ликвидации очагов и последствий биоповреждения строительных материалов и конструкций
Оштукатуренные и окрашенные поверхности, а также различные отделочные материалы, конструкции из незащищенного бетона, железобетона	II	2.1.1 После просушки поверхности провести ее обработку согласно 1.1.1 настоящей таблицы 2.1.2 Шпателем или иным инструментом соскоблить или сбить поврежденные участки до неповрежденной поверхности 2.1.3 Аналогично 1.1.4 настоящей таблицы 2.1.4 Любым доступным способом, за исключением применения открытого пламени, прогреть поврежденную зону конструкции до температуры свыше 60 °С 2.1.5 Если выполнить работы по 2.1.4 настоящей таблицы невозможно, после просушки поврежденного биодеструкторами участка наложить на зону повреждения биоцидный компресс (с захватом не менее 15 см), состоящий из 10 слоев фильтровальной бумаги, смоченной в биоцидном составе. Компресс не снимать до полного высыхания фильтровальной бумаги. Эту процедуру повторить не менее трех раз 2.1.6 Провести биоцидную обработку помещения. Для наружных элементов конструкций и элементов декора провести биоцидную обработку всех прилегающих элементов 2.1.7 Провести реставрационные работы с применением биостойких материалов для влажных помещений, имеющих биоцидные добавки
Конструкции из искусственного и природного камня		2.2.1 Смыть биоцидным составом с поверхности камня колонии микроорганизмов 2.2.2 Удалить с поверхности материала продукты жизнедеятельности микроорганизмов 2.2.3 При сильном биологическом загрязнении обрабатываемой поверхности поставить на время не менее 1 ч компресс перекиси водорода (15 % — 20 %) на участки, содержащие корки и наслоения биогенного происхождения 2.2.4 Провести расчистку швов, трещин, полостей, стыков от биогенных включений 2.2.5 Выполнить работы по 2.1.4—2.1.7 настоящей таблицы
Стальные конструкции		2.3.1 Аналогично 1.3.1 и 1.3.2 настоящей таблицы
Деревянные конструкции		2.4.1 Провести локальное протезирование поврежденной деревянной конструкции 2.4.2 Просушить деревянные конструкции и прилегающие материалы 2.4.3 Удалить (выпилить, вырубить) пораженную зону древесины и грибные образования (пленки, плодовые тела и т. п.) 2.4.4 Заменить удаленную древесину сухой деревянной вставкой (абсолютной влажностью менее 20 %), предварительно обработав ее антисептическим составом 2.4.5 Если невозможно выполнить работы согласно 2.4.1—2.4.3 настоящей таблицы, следует любым доступным способом, за исключением применения открытого пламени, прогреть поврежденную зону конструкции до температуры 60 °С — 70 °С или выполнить работы аналогично 2.1.5 настоящей таблицы 2.4.6 Обработать деревянные и прилегающие конструкции антисептиком. Применять фтористые, борные, хромомедные и хромомедно-цинковые антисептики. При использовании водорастворимых антисептиков обработанные участки просушить
Деревянные конструкции		

Окончание таблицы И.1

Характеристика конструкции	Степень биоповреждения	Методы ликвидации очагов и последствий биоповреждения строительных материалов и конструкций
Оштукатуренные и окрашенные поверхности, а также различные отделочные материалы	III	3.1.1 После просушки поврежденной поверхности обильно смочить ее биоцидным раствором 3.1.2 Полностью сбить разрушенный материал. Для предотвращения запыленности помещения периодически обильно смачивать обрабатываемый участок биоцидным раствором 3.1.3 Аналогично 1.1.4 настоящей таблицы 3.1.4 Аналогично 2.1.6 настоящей таблицы 3.1.5 Восстановить поврежденные участки реставрационными составами
Конструкции из искусственного и природного камня		3.2.1 Перед расчисткой зоны повреждения обильно смочить ее биоцидным составом 3.2.2 Расчистить зону повреждения от остатков разрушенного камня. 3.2.3 Образовавшийся мусор собрать и удалить с места работ 3.2.4 Обработать поврежденный участок биоцидным составом с захваткой не менее 0,5 м на сторону 3.2.5 Восстановить утраченный элемент реставрационным материалом
Стальные конструкции		3.3.1 Выполнить протезирование поврежденной конструкции или провести замену конструкции 3.3.2 После протезирования или замены конструкции выполнить работы по 1.3.1 и 1.3.2 настоящей таблицы
Деревянные конструкции		3.4.1 Провести протезирование поврежденного участка конструкции: - просушить деревянные конструкции и прилегающие материалы; - полностью удалить пораженные участки древесины; - восстановить утраченную часть конструкции 3.4.2 При обнаружении очагов заражения домовыми грибами необходимо удалить все пораженные гнилью части с захватом: - не менее 1 м вдоль волокон прилегающей здоровой на вид древесины, для конструкции, состоящей из отдельного бревна бруса, доски и т. п.; - не менее 1 м по всем направлениям, для конструкций, состоящих из нескольких деревянных элементов, примыкающих друг к другу 3.4.3 Заменить удаленный фрагмент деревянным протезом (абсолютная влажность менее 20 %) и надежно закрепить по СП 64.13330.2017 (раздел 5) 3.4.4 Обработать деревянные и прилегающие конструкции антисептиком. Применять фтористые, борные, хромомедные и хромомедно-цинковые антисептики
Биоповреждению II и III степени подвержено более 50 % — 60 % строительных конструкций здания или сооружения	IV	Провести инженерно-техническое обследование, определить категорию технического состояния по ГОСТ Р 55567. Разработать проект реставрационных работ с учетом рекомендации данной таблицы

Примечания

1 При проведении работ необходимо использовать: резиновые перчатки, защитные очки (маски), респираторы.

2 При проведении биоцидной обработки не применять вещества, способные изменить цвет обрабатываемой поверхности.

3 При проведении биоцидной обработки не применять вещества, содержащие яды, которые могут повысить класс опасности отходов.

При обильном развитии водорослей на поверхности материалов рекомендуется использовать защитные составы, относящиеся к группе альгицидов.

Таблица И.2 — Методы ликвидации последствий биоповреждений, вызванных макроорганизмами-деструкторами — лишайниками и самосевными растениями (мхи, травы, кусты, деревья)

Макробиодеструкторы	Степень биоповреждения	Методы ликвидации последствий биоповреждения строительных конструкций
Лишайники, мхи	I	Удалить лишайник, мхи с поверхности поврежденного материала и из трещин любым доступным способом. Удалить из трещин пыль, грязь и т. п. Поставить (на время не менее 1 ч) компресс перекиси водорода (15 % — 20 %) на поврежденные участки. Зашпаклевать трещины, восстановить отделочный слой
Самосевные травы, самосевные кусты и деревья возрастом до двух лет	II	Выполоть самосевные растения. По возможности расшить трещины, удалить корневую систему. Удалить из трещин пыль, грязь и т. п. Поставить (на время не менее 1 ч) компресс перекиси водорода (10 % — 15 %) на поврежденные участки. Зашпаклевать трещины, восстановить отделочный слой
Самосевные кусты и деревья возрастом свыше двух лет	III	Если предоставляется возможность, разобрать кладку для полного удаления корней дерева. После полного удаления корней очистить разобранный участок от остатков растений, пыли и восстановить кладку Если не предоставляется возможность разборки кладки, выкорчевать растение из кирпичной или каменной кладки. Удалить корневую систему на доступную глубину. Вычистить трещины, образованные корневой системой. Для очистки трещин использовать воздух высокого давления. Пролить трещины составом (например, известковым) с PH > 12 или антисептиком. Заполнить трещины связующим безусадочным раствором. Восстановить разрушенную кладку. После набора раствором нормируемой прочности просушить кладку до относительной влажности менее 2 % В случае повреждения кладки фундамента или цоколя корнями деревьев, произрастающих рядом с историческим зданием или сооружением, провести откопку фундамента снаружи здания, перерубить корни и удалить их из кладки. Образовавшееся отверстие в цоколе или фундаменте зачеканить водонепроницаемым составом. Дерево, корневая система которого нанесла повреждение, необходимо выкорчевать Недопустимо выкорчевывать деревья, корни которого уже вросли в фундамент или цоколь, без предварительного отсечения корней. Вросший корень может потянуть за собой всю или часть конструкции При корчевании деревьев вблизи здания следует учитывать изменение плотности и влажности грунта основания здания

Таблица И.3 — Методы ликвидации последствий воздействия дереворазрушающих насекомых на деревянные конструкции

Наименование метода	Описание метода	Примечание
Истребительный метод	Вырезать всю древесину, имеющую признаки повреждения насекомыми. Работы по ликвидации данного вида биоповреждения и ремонт/реставрацию конструкций следует проводить до вылета жуков из древесины: точильщиков — до весны, усачей — до июня. Зараженную древесину удалить и сжечь на месте. Новые части деревянных конструкций, особенно подверженные увлажнению, инсектицировать	Истребительный метод применяется в исторических зданиях и сооружениях, когда состояние конструкции соответствует недопустимому или аварийному техническому состоянию по ГОСТ 55567. Недопустимо перевозить зараженную древесину в другое место для уничтожения. Перевозка такой древесины может стать причиной заражения других зданий и сооружений
Химический метод	Раствор наносится кистью неоднократно, с интервалами два-три дня, причем область промазки должна распространяться на незараженную часть деревянной конструкции на 50—70 см. Предпочтение следует отдавать препаратам на основе синтетических пиретроидов, как высокотоксичных для насекомых и малотоксичных для теплокровных животных. Конструкции, пораженные насекомыми, обрабатываются инсектицидами, а также препаратами двойного действия против грибов и насекомых, поскольку дереворазрушающие грибы привлекают некоторых жуков, например точильщиков. Древесина, пораженная грибами и насекомыми, обмазывается антисептическими пастами — на основе гашеной извести, экстрактовыми или глиняными, содержащими буру и борную кислоту (ББК-3), кремнефтористый аммоний (КФА) или натрий (КФН). Высокой токсичностью к дереворазрушающим грибам и насекомым обладает группа медно-хромовых препаратов с добавками буры, фтористого и кремнефтористого натрия — ХМ-11, ХМББ, ХМК, ХМФ. Все они хорошо растворяются в воде, трудно выщелачиваются, окрашивают древесину в зеленоватые тона. В связи с этим указанные медно-хромовые препараты применять для инсектицидной обработки деревянных строительных конструкций, которые не являются элементами экстерьера или интерьера исторических зданий и сооружений. Применение инсектицидных препаратов на основе лямбда-цигалотрина (0,015 %) имеет широкий диапазон воздействия на различные биодеструкторы. Перед применением необходимо убедиться в том, что они не изменяют цвет конкретного вида деревянной конструкции. Элементы конструкций, подвергающиеся постоянному или периодическому увлажнению в процессе эксплуатации, после обработки пастами должны быть защищены от выщелачивания водой гидроизоляционными покрытиями из нефтебитума, каменноугольного лака, смолы и рулонным материалом, который снаружи покрывается теми же гидроизоляционными материалами	Если поражение насекомыми находится в начальной стадии, имеются только отдельные летные отверстия, древесина незначительно разрушена, гнездовые поражения и загнивание отсутствуют, допускается промазать (кистью) пораженные части инсектицидами
Физический метод	Прогрев древесины любым доступным способом без использования открытого огня до 60 °С. На первом этапе накрыть прогреваемую конструкцию паронепроницаемым материалом. Выдержать конструкцию при температуре 60 °С не менее 1 ч, после чего прекратить прогрев и снять паронепроницаемое покрытие	Применяется в тех случаях, когда химические методы малоэффективны, а истребительный метод недопустим

Приложение К
(справочное)

Виды и механизмы биологического воздействия на здания и сооружения

К.1 К основным биодеструкторам строительных материалов и конструкций относятся представители следующих групп живых организмов: бактерии, грибы (микромицеты, дереворазрушающие грибы), водоросли, лишайники, мхи, самосевные травы, кустарники и деревья. Перечисленные организмы способны повреждать строительные материалы и конструкции за счет биохимического и механического воздействия. Виды биоповреждения строительных материалов живыми организмами приведены в таблице К.1.

К.2 На состояние зданий и сооружений оказывают влияние физико-механические параметры грунтов, которые могут претерпевать серьезные изменения под действием анаэробных микроорганизмов.

К.3 Видовой состав наиболее типичных микробиодеструкторов для средней полосы России представлен в таблице К.2, в которой указана также степень их агрессивности и показатель встречаемости. Видовой состав наиболее типичных микробиодеструкторов в различных климатических зонах может отличаться от указанных.

Таблица К.1 — Виды биоповреждения строительных материалов

Механизмы биоповреждений	Описание повреждений	Примеры
Прямое разрушение	Использование биодеструкторами ингредиентов материала в качестве питания	Повреждение органосодержащих материалов: краски на органической основе, древесины, полимеров, композитов и т. п.
Химическое повреждение	Химическое воздействие метаболитов на диэлектрические материалы и металлы в отсутствие электролитов Растворение органическими кислотами труднорастворимых солей	Повреждение красок, штукатурок, связующих растворов, бетонов элементов декора и др. Растворение карбоната кальция
Электрохимическое повреждение. Стимуляция гальванических процессов	Коррозионное воздействие различных организмов и продуктов их жизнедеятельности на металлы в электролитической среде	Коррозия несущих стальных балок, труб, арматуры, запорных и защитных устройств
Механическое повреждение типа I	Воздействие на поверхность материалов биопленок, лишайников, мхов, микроводорослей при высыхании, намокании, замерзании	Поверхность бетонных и каменных конструкций, связующих растворов, штукатурок, красочных покрытий и т.п.
Механическое повреждение типа II	Воздействие на материалы в процессе роста биомассы микроорганизмов, роста лишайников, мхов, микроводорослей, корней самосевных растений в трещинах и микротрещинах (расклинивающий эффект)	Разрушение природного камня, кирпичных кладок, бетонных конструкций, штукатурных слоев
Механическое повреждение типа III	Расклинивающее воздействие солей, образованных в результате взаимодействия органических кислот (метаболитов микромицет, бактерий) с известковым или цементным камнями, карбонатными породами	Разрушение штукатурок связующих растворов, элементов декора из камней карбонатных пород
Увлажнение строительных конструкций	Способность отдельных микроорганизмов сорбировать влагу из воздуха, препятствовать вентиляции поверхности материалов. Нарушение вентиляции фасадов произрастающими в непосредственной близости кустами и деревьями	Намокание поверхностей строительных конструкций
Комбинированное воздействие на материалы[1)]	Комплексное воздействие организмов, их сообществ и продуктов их жизнедеятельности на строительные материалы	Разрушение природного камня, кирпичных кладок, бетонных конструкций, штукатурных слоев

[1)] Наиболее встречаемый вид повреждения строительных материалов.

Разрушение строительных и реставрационных материалов может происходить даже после гибели биодеструкторов. Продукты жизнедеятельности организмов, сохранившиеся после их гибели на поверхности конструкции и в микротрещинах, обладают сорбционной способностью. Они способны оказывать механическое воздействие на материал при намокании, высыхании и замерзании.

Таблица К.2 — Видовой состав наиболее известных микроорганизмов-деструкторов строительных и реставрационных материалов

Микробиодеструкторы	Агрессивность	Частота встречаемости (общая по разным регионам)
Микромицеты		
Aspergillus niger*	••	++
Aspergillus terreus*	••	+
Aspergillus versicolor	••	++
Alternaria alternata	•	++
Aurebasidium pullulans	•	++
Cladosporium cladosporioides	••	++
Cladosporium sphaerospermum	••	++
Mucor racemosus	•	++
Penicillium ochro-chloron*	••	+
Penicillium funiculosum*	••	+
Paecilomyces variotii*	••	++
Scopulariopsis brevicaulis*	••	+
Trichoderma viride*	••	++
Бактерии		
Streptomyces sp.	••	++
Nitrosomonas sp.	••	+
Thiobacillus ferrooxidans	••	++
Thiobacillus thioparus	••	+
Pseudomonas fluorescens	•	++
Gallionella ferruginea	••	++
Bacillus subtilis	•	++
Desulfovibrio desulfuricans	••	+

Примечание — Агрессивность в отношении материалов:
• — агрессивен;
•• — очень агрессивен.
Встречаемость:
+ — частая;
++ — очень частая.
* — виды, включенные в ГОСТ 9.048.

К.4 Биоповреждения деловой древесины, деревянных построек и строительных конструкций вызывают дереворазрушающие грибы и насекомые, которые используют в качестве источника питания целлюлозу, лигнин и другие компоненты. Бактерии причиняют меньший ущерб древесине и оказывают косвенное повреждающее действие. К наиболее часто встречаемым грибам, разрушающим деревянные конструкции, относят:

Serpula lacrymans — настоящий домовый гриб;

Coniophora puteana — пленчатый домовый гриб;
Paxillus panueides — пластинчатый домовый гриб или шахтный;
Antrodia sinuosa (Coriolus vaporarius) — белый домовый гриб;
Lentinus lepideus — шпальный гриб;
Gloeophyllum sepiarium — заборный гриб.
Наиболее часто встречающиеся насекомые — вредители деревянных конструкций приведены в таблице К.3.

Таблица К.3 — Насекомые — вредители деревянных конструкций

Наименование	Локализация	Породы древесины и характер повреждений	Агрессивность
Жуки-точильщики			
Мебельный (Anobium punctatum Deg.)	Повреждает столы, стулья, иную деревянную мебель, а также плинтусы, подоконники, полы, деревянные балки и т. п.	Заселяет хвойную и лиственную древесину нижних этажей, где достаточно влажно и прохладно. Личинки жука точат в древесине продольные ходы	••
Домовый (Hadrobregmus pertinax L.)	Влажная древесина строений. В каменных домах — во влажных чердачных конструкциях. Начало заражения — увлажняемые стыки бревен	Хвойные, редко лиственные. Заселяет древесину построек, прослуживших несколько лет, пораженную плесневыми грибами	••
Северный (Priobium confusum Kr.)	Влажная древесина строений. В каменных домах — во влажных чердачных конструкциях. Начало заражения — увлажняемые стыки бревен в нижних венцах, подвалах, в досках черного пола	Хвойные, редко лиственные. Заселяет древесину построек, прослуживших несколько лет, пораженную плесневыми грибами	••
Западный (Oligomerus. ptilinoides Woll.)	Заселяет сравнительно сухую древесину (с влажностью 11 % — 16 %). В постройках заселяет древесину верхних этажей, в более сухих и теплых местах	Заселяет только лиственные породы	••
Усачи			
Черный домовой (Hylotrupes bajalus L.)	Поражает грубую примитивную мебель, различные строительные конструкции	Хвойные породы, в основном сосна. Делает длинные извилистые ходы, уходящие в толщу древесины	••
Фиолетовый (Callidium violaceum L.)	Балки и бревна, чердачные перекрытия	Хвойные. Делает длинные извилистые ходы, уходящие в толщу древесины	•
Одноцветный домовый (Stromatium unicolor Oliw.)	Чердачные перекрытия, потолки, стены, подоконники	Хвойные. Предпочитает подсохшую древесину, которую грызет вдоль волокон	•
Долгоносики			
Долгоносик-трухляк (Codiosoma spadix Hbst.)	В постоянно увлажняемых местах строительных конструкций, пораженных домовыми грибами	Предпочитает хвойные. Заселяет мокрую древесину, превращает ее в мелконоздреватую темную губку	••

Окончание таблицы К.3

Наименование	Локализация	Породы древесины и характер повреждений	Агрессивность
Свайный (Mesites pallidipenis Boh.)	Мосты, в домах — подвалы и части конструкций, прилегающих к земле	Предпочитает хвойные. Заселяет мокрую древесину, превращает ее в мелконоздреватую темную губку. Повреждает поверхностные слои древесины	•
Ринкол толстоногий (Rhincolus truncorum Germ.)	В балках и полах	Все породы, но чаще хвойные. Истачивает преимущественно верхние слои древесины	•
Древогрыз бороздчатый (Lyctus linearis Goeze)	Типичный разрушитель паркета	Лиственные породы, преимущественно дуб. Поверхностные слои древесины превращает в труху	••

Примечание — Агрессивность в отношении материалов:

• — агрессивен;

•• — очень агрессивен.

Приложение Л
(обязательное)

Общие требования к обеспечению исследовательской лаборатории по определению видового и количественного состава биодеструкторов

Л.1 Основные условия:

- наличие профессиональных микологов/микробиологов, обладающих необходимыми знаниями и опытом в области исследования микроорганизмов — деструкторов различных материалов (не менее четырех человек: специалист-миколог, специалист-бактериолог, лаборант-исследователь, инженер);
- наличие помещения, отвечающего требованиям по стерильности, возможности обработки образцов, работы с чистыми культурами грибов и бактерий, условиям хранения микроорганизмов;
- наличие необходимого оборудования для проведения работ по идентификации биодеструкторов;
- наличие необходимой справочной литературы (прежде всего определителей для конкретных групп микроорганизмов, вызывающих биоповреждения различных материалов);
- доступ через интернет к ресурсам (базам данных) по проблемам биодеструкции, генетическому банку микроорганизмов, микологическим коллекциям в Российской Федерации и за рубежом.

Л.2 Техническое оснащение:

- оборудование для первичной обработки проб (центрифуги, смесители, измельчители, устройства для фильтрации и др.); работу проводят в отдельном помещении, отделенном тамбуром от помещения для работы с чистыми культурами;
- оборудование для приготовления и стерилизации питательных сред и химической посуды (электронные весы, дистилляторы, автоклавы, pH-метры, сушильные шкафы, водяные бани, электрические или газовые плитки и др.);
- оборудование для проведения посевов микроорганизмов, поддержания их в культуре и хранения: ламинарные боксы или стерильные микробиологические боксы, обеспечивающие возможность поддержания стерильности при работе с микроорганизмами, термостаты, работающие в широком температурном диапазоне и обеспечивающие возможность поддержания оптимальных параметров для роста культур микроорганизмов (диапазон от 0 °С до плюс 50 °С), холодильные установки (диапазон температур от минус 10 °С до плюс 5 °С), газовые горелки;
- оборудование для подготовки образцов и чистых культур к проведению микроскопического исследования, в том числе для сканирующей электронной микроскопии; подготовленные образцы могут передаваться в специализированные лаборатории электронной микроскопии и молекулярно-генетических исследований для детального исследования микроорганизмов и идентификации штаммов при отсутствии выраженных таксономических признаков (при необходимости);
- оборудование для проведения микроскопических исследований образцов поврежденных материалов и микроорганизмов, выделенных в чистую культуру (бинокулярные лупы, цифровые микроскопы с возможностью микрофотосъемки, световые микроскопы с возможностью микрофотосъемки); микроскопическая техника должна обеспечивать возможность изучать микроорганизмы в широком диапазоне увеличений (от нескольких десятков до тысячи раз);
- лабораторные инструменты (дозаторы, пинцеты, пипетки, скальпели, посевные иглы, спиртовки, предметные и покровные стекла, эксикаторы, химическая посуда и т. д.), позволяющие проводить микологические и бактериологические анализы, диагностику микроорганизмов, испытания материалов на биостойкость, оценку эффективности биоцидных составов; реактивы для приготовления питательных сред и проведения необходимых тестов;
- компьютерное оснащение, включающее компьютеры с выходом в интернет, программное обеспечение для обработки анализа изображений, получаемых в ходе микроскопического исследования биодеструкторов;
- лаборатории могут иметь дополнительное приборное оснащение для определения физико-химических свойств проб.

Приложение М
(обязательное)

Формы отчета по исследованию строительных конструкций, элементов интерьера и декора исторических зданий, имеющих биоповреждение

М.1 Биоповреждение строительных конструкций, элементов интерьера и декора исторических зданий микробиодеструкторами

М.1.1 Отчет по результатам микробиологического (микологического и бактериологического) исследования является документом, на основании которого разрабатываются конкретные рекомендации по защите объекта и ликвидации последствий биоповреждения строительных конструкций. Микробиологическое (бактериологическое) исследование поврежденных материалов проводят при повышенной влажности зоны повреждения.

М.1.2 Отчет должен иметь определенную структуру, которая обеспечивает заказчику возможность получить полную и логически связанную информацию о результатах проведенной работы. Отчет должен состоять из следующих разделов:

1 Введение

Приводятся общие сведения об объекте, а также цели и задачи работы.

2 Материал и методы работы

Раздел включает:

- описание методики обследования объекта с указанием сроков проведенных работ, ссылок на документы, регламентирующие обследовательские работы;
- описание мест и способов отбора образцов, а также характеристики проб, отобранных для микробиологического/микологического исследования, с указанием точек отбора проб на планах (картах-схемах);
- описание методик лабораторной работы с указанием состава питательных сред, способов посева, условий культивирования выделенных микроорганизмов, методов микроскопического исследования и идентификации выявленных микроорганизмов с указанием определителей, использованных в работе.

3 Основные виды повреждения материалов и конструкций (по результатам визуальной оценки)

Раздел включает:

- подробное описание видов повреждения/разрушения материалов и конструкций (данные заносят в форму 1);
- фотофиксацию зон деструкции материалов и конструкций;
- описание причин повреждений, выявленных на основе визуальных наблюдений;
- характеристику наиболее пораженных участков, а также зон повышенного риска;
- определение степени повреждения материалов;
- результаты поверочных расчетов (при необходимости);
- определение категории технического состояния по ГОСТ Р 55567.

4 Результаты лабораторных исследований

Раздел включает:

- результаты микологического и бактериологического анализа проб, содержащие сведения о составе биодеструкторов, их численности, выделении на разные питательные среды, скорости роста, опасности для материалов, а также потенциальной патогенности для человека;
- анализ полученных данных в привязке к конкретным частям объекта, определенным типам и зонам биоповреждений;
- характеристику и выделение доминирующих видов биодеструкторов;
- особенности распределения и возможные источники накопления микроорганизмов на объекте.

Полученные данные заносят в приведенные ниже формы 2—4.

5 Выводы

Формулируют наиболее важные результаты работы по каждой части в краткой форме, определяют категорию технического состояния обследованного исторического здания, сооружения.

6 Практические рекомендации

Составляют на основании полученных данных и включают общие рекомендации по защите объекта от биоповреждений, а также конкретные методы защиты для данного объекта, направленные на борьбу с биодеструкторами и устранение последствий их жизнедеятельности.

Ф о р м а 1 — Результаты визуального обследования строительных конструкций здания (сооружения), имеющих признаки биоповреждения

Заказчик _____

Подрядчик _____

Номер договора_____ от _____

Объект _____

Этаж _____

Дата _____

Обследование провел _____ _____
инициалы, фамилия личная подпись

М.П.

Номер пробы	Описание участка обследования (номер/ наименование помещения, место нахождения, вид/ тип конструкции)	Описание характера повреждения	Оценка степени биоповреждения*	Выявленные причины биоповреждения	Дополнительные сведения				Примечания
					Относительная влажность воздуха	Температура окружающей среды	pH в точке отбора пробы	Влажность поврежденного материала	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

_____

* Заполняют только после проведения микробиологических исследований, подтверждающих биологическую причину повреждения.

Ф о р м а 2 — Результаты выделения микромицетов на различные питательные среды

Объект _____

Таблицу составил _____ _____
инициалы, фамилия личная подпись

М.П.

Дата _____

Виды грибов	Картофельно-глюкозный агар	Среда Чапека-Докса (с агаром)	Среда Сабуро	Сусло-агар

Ф о р м а 3 — Сводная таблица результатов микробиологических исследований

Заказчик _____

Подрядчик _____

Номер договора_____ от _____

Объект _____

Этаж _____

Дата _____

Обследование провел _____ _____
инициалы, фамилия личная подпись

М.П.

Номер пробы	Фотографии точек отбора проб с указанием места отбора	Описание пробы (формы разрушения)	Виды грибов	Количество (КОЕ) на 1 г субстрата	Физиологические группы бактерий	Количество бактерий на 1 г субстрата
1	2	3	4	5	6	7

Ф о р м а 4 — Оценка биодеструктивных свойств выявленных микроорганизмов

Заказчик _____

Подрядчик _____

Номер договора_____ от _____

Объект _____

Этаж _____

Дата _____

Обследование провел _____ _____
инициалы, фамилия личная подпись

М.П.

Вид микроорганизмов	Степень агрессивности по отношению к строительным материалам	Частота встречаемости в пробах, %

П р и м е ч а н и е — Степень агрессивности:

– + — степень агрессивности не определена;

+ — агрессивен;

++ — очень агрессивен.

М.2 Биоповреждение строительных конструкций и элементов декора исторических зданий и сооружений лишайниками и самосевными растениями

М.2.1 Отчет по результатам обследования строительных конструкций, поврежденных лишайниками и самосевными растениями, является документом, на основании которого разрабатываются конкретные рекомендации по защите объекта и ликвидации последствий биоповреждения строительных конструкций.

М.2.2 Отчет должен иметь определенную структуру, которая обеспечивает заказчику возможность получить полную и логически связанную информацию о результатах проведенной работы. Отчет должен состоять из следующих разделов:

1 Введение

Приводятся общие сведения об объекте, а также цели и задачи работы.

2 Материал и методы работы

Раздел включает:

- описание методики обследования объекта с указанием сроков проведенных работ, ссылок на документы, регламентирующие обследовательские работы;
- описание мест произрастания лишайников и самосевных растений и характера повреждений строительных конструкций;
- нанесение на планы и развертки стен ограждающих конструкций исторических зданий зон выявленных повреждений.

3 Основные виды повреждения материалов и конструкций (по результатам визуальной оценки)

Раздел включает:

- описание всех видов лишайников и самосевных растений, выявленных при обследовании;
- фотофиксацию зон повреждения материалов и конструкций;
- описание причин повреждений, выявленных на основе визуальных наблюдений;
- результаты визуального обследования (заносят в форму 5);
- определение категории технического состояния по ГОСТ Р 55567;
- результаты поверочных расчетов (при необходимости).

Ф о р м а 5 — Результаты визуального обследования строительных конструкций здания (сооружения), поврежденных лишайниками и самосевными растениями

Заказчик _____

Подрядчик _____

Номер договора_____ от _____

Объект _____

Этаж _____

Дата _____

Обследование провел _____ _____
инициалы, фамилия личная подпись

М.П.

Номер зоны повреждения	Фотографии поврежденных участков с указанием мест нахождения	Описание участка обследования (наименование конструкции, вид/тип конструкции)	Описание характера повреждения	Выявленные причины биоповреждения	Примечания
1	2	3	4	5	6

4 Выводы

Формулируют наиболее важные результаты работы по каждой части в краткой форме, определяют категорию технического состояния обследованного исторического здания, сооружения.

5 Практические рекомендации

Составляют на основании полученных данных и включают общие рекомендации по защите объекта от мхов и самосевных растений, а также конкретные методы защиты для данного объекта, направленные на борьбу с биодеструкторами и устранение последствий их жизнедеятельности.

Библиография

[1] Федеральный закон от 25 июня 2002 г. № 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации»

УДК 351.853:006.034 ОКС 97.195

Ключевые слова: сохранение объектов культурного наследия, строительные конструкции, элементы декора и интерьеров, температурно-влажностный режим, степень биоповреждения, биодеструкторы, ликвидации последствий биоповреждения

Редактор *Е.В. Якубова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Е.Д. Дульнева*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 14.02.2022. Подписано в печать 25.02.2022. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 5,58. Уч.-изд. л. 4,64.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «РСТ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru