

УДК 620.1:691.32

**В. Т. Ерофеев, А. Д. Богатов, С. Н. Богатова, С. В. Казначеев,
В. Ф. Смирнов, Е. А. Захарова**

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОСТОЙКОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ С УЧЕТОМ ИХ СТАРЕНИЯ

Микроорганизмы способны заселяться на поверхностях всех испытанных видов вяжущих веществ, широко используемых при получении строительных конструкций и изделий. Однако их видовой и количественный составы при идентичных условиях эксплуатации различны. Сопоставив количество видов и родов грибов, развивающихся на образцах связующих, можно определить эффективность применения тех или иных строительных композитов и выбрать наиболее подходящие материалы для соответствующих условий эксплуатации. Экспериментально показано, что композиты на основе стеклощелочного вяжущего обладают повышенной устойчивостью в биологически агрессивных средах.

К л ю ч е в ы е с л о в а: бой стекла, цемент, эпоксидная смола, жидкое стекло, микроорганизмы, биологическое сопротивление, агрессивная среда, потенциальные биодеструкторы, старение.

Microorganisms are able to occupy surfaces of all tested kinds of binding substances used widely when getting building constructions and products. However their specific and quantitative structures are various under identical service conditions. Having compared quantity of kinds and types of the mushrooms developing on samples of bindings, it is possible to define efficiency of application of those or other building composites and to choose the most suitable materials for corresponding service conditions. It is proved experimentally that composites based on alkali glass bindings possess greater stability in biologically aggressive environments.

K e y w o r d s: broken glass, cement, epoxide pitch, liquid glass, microorganisms, biological resistance, aggressive environment, potential biodestructures, aging.

Как показывает статистика, из различных видов микроорганизмов наибольшее повреждающее воздействие на промышленные и строительные материалы оказывают мицелиальные грибы [1, 2]. Их высокая деструктивная активность обусловлена способностью адаптироваться к материалам различной химической природы, что связано, прежде всего, с наличием у них хорошо развитого, мощного и мобильного ферментного комплекса. Метаболические особенности грибов, вызывающих повреждение, заключаются в том, что они обладают системами высокоактивных окислительных, гликолитических и других более или менее специфических ферментов, осуществляющих разнообразные химические превращения сложных субстратов. Расщепление таких субстратов может происходить путем окисления, гидроксирования, разрыва кольца и двойных связей в циклических соединениях, трансформации молекул и соединений, биохимического синтеза и другими путями.

Нами проведены исследования стойкости композитов на основе различных видов вяжущих в условиях воздействия мицелиальных грибов. Испытания материалов проводились в соответствии с [3] по двум методам: № 1 (без дополнительных источников питания) и № 3 (с примени-

ем твердой питательной среды Чапека — Докса). Сущность заключалась в выдерживании материалов, зараженных спорами плесневых грибов, в оптимальных для их развития условиях с последующей оценкой грибоустойчивости и фунгицидности образцов. Методом № 1 устанавливалось, является ли материал питательной средой для микромицетов. Методом № 3 определялись наличие у материала фунгицидных свойств и влияние внешних загрязнений на его грибоустойчивость. Твердая питательная среда состояла из следующих компонентов: NaNO_3 — 2,0 г; KCl — 0,5 г; MgSO_4 — 0,5 г; KH_2PO_4 — 0,3 г; FeSO_4 — 0,01 г; сахароза — 30 г; агар — 20 г; вода дистиллированная — 1 л.

В табл. 1 приведены результаты исследований, показывающие кинетику изменения биологической стойкости композитов на основе различных видов вяжущих после выдерживания в воздушно-сухих условиях в течение трех и двенадцати месяцев, а также количественные показатели их биостойкости после длительного срока выдерживания в условиях испытаний при наличии постоянной действующей питательной среды во время испытаний.

Таблица 1

Результаты исследования биостойкости вяжущих

Наименование материала	Метод 1	Метод 3	Результат
После набора марочной прочности			
Стеклощелочное вяжущее	0	0 ($R^* = 45$ мм)	Фунгицидно
Портландцементный камень	0	3	Грибостоек
Гипсовый камень	4	5	Негрибостоек
Отвержденная эпоксидная смола	2	5	Грибостойка
После выдерживания в течение 3 месяцев в воздушно-сухих условиях			
Стеклощелочное вяжущее	0	0 ($R = 15$ мм)	Фунгицидно
Портландцементный камень	0	3	Грибостоек
Гипсовый камень	4	5	Негрибостоек
Отвержденная эпоксидная смола	2	5	Грибостойка
После выдерживания в течение 12 месяцев в воздушно-сухих условиях			
Стеклощелочное вяжущее	0	2	Грибостойко
Портландцементный камень	0	4	Грибостоек
Гипсовый камень	4	5	Негрибостоек
Отвержденная эпоксидная смола	4	5	Негрибостойка
После выдерживания в течение 3 месяцев в питательной среде Чапека — Докса			
Стеклощелочное вяжущее	—	1	Фунгицидно
Портландцементный камень	—	5	Нефунгициден
Гипсовый камень	—	5	Нефунгициден
Отвержденная эпоксидная смола	—	5	Нефунгицидна

* R — радиус зоны ингибирования роста грибов.

Результаты, приведенные в табл. 1, свидетельствуют о том, что после набора марочной прочности только образцы стеклощелочного вяжущего обладают фунгицидными свойствами. Высокая биостойкость вяжущего на основе боя стекла объясняется повышенным уровнем основности системы. Старение материалов уменьшает их биостойкость, так, например, у образцов стеклощелочного

вяжущего радиус зоны ингибирования роста грибов снижается, а отвержденная эпоксидная смола становится негрибостойкой. Выдерживание материалов в условиях воздействия биосреды при наличии питательной среды для мицелиальных грибов способствует росту биообрастания материалов.

С целью выявления потенциальных биодеструкторов вяжущих после выдерживания в воздушно-сухих условиях были проведены исследования по определению видового состава микроорганизмов, заселяющих их. Задачей исследований являлось установление количества родов грибов из присутствующих в воздухе помещения, способных использовать вяжущие вещества в качестве источника питания, а также определение конкретных видов — представителей данного рода. Видовой состав грибов приведен в табл. 2.

Таблица 2

Видовой состав колоний грибов, заселяющих вяжущие

Наименование материала	Виды грибов	Общее количество видов грибов / количество родов
После выдерживания в течение 3 месяцев в воздушно-сухих условиях		
Стеклощелочное вяжущее	Грибов нет	0
Портландцементный камень	<i>Aspergillus ustus</i>	1/1
Гипсовый камень	<i>Aspergillus ustus</i> , <i>Penicillium nigricans</i> , <i>Mucor corticola</i> , <i>Chaetomium globosum</i> , <i>Verticillium nigrescens</i>	5/5
Отвержденная эпоксидная смола	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus ustus</i> , <i>Penicillium nigricans</i> , <i>Mucor corticola</i>	4/3
После выдерживания в течение 12 месяцев в воздушно-сухих условиях		
Стеклощелочное вяжущее	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus ustus</i> , <i>Penicillium notatum</i> , <i>Penicillium claviforme</i> , <i>Penicillium cyclopium</i> , <i>Penicillium ochrochloron</i> , <i>Penicillium nigricans</i> , <i>Fusarium moniliforme</i> , <i>Cladosporium elatum</i>	9/4
Портландцементный камень	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus ustus</i> , <i>Alternaria brassicae</i> , <i>Cladosporium elatum</i>	4/3
Гипсовый камень	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus ustus</i> , <i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>Aspergillus clavatus</i> , <i>Aspergillus oryzae</i> , <i>Penicillium notatum</i> , <i>Cladosporium elatum</i> , <i>Fusarium sambucinum</i> , <i>Chaetomium dolichotrichum</i> , <i>Mucor corticola</i> , <i>Mucor circinelloides</i> , <i>Alternaria brassicae</i>	12/7
Отвержденная эпоксидная смола	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus ustus</i> , <i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>Aspergillus ruber</i> , <i>Penicillium notatum</i> , <i>Alternaria brassicae</i> , <i>Alternaria plurisepata</i> , <i>Fusarium moniliforme</i> , <i>Cladosporium elatum</i>	9/5

После выдерживания в течение трех месяцев образцов на портландцементе обнаружен один род гриба — *Aspergillus ustus*, на гипсовом камне — пять родов грибов (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Chaetomium*,

Verticillium), отвержденной эпоксидной смоле — три рода грибов (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*). Увеличение срока выдерживания образцов способствовало расширению видового состава грибов. Из табл. 2 видно, что количество грибов, которые были обнаружены на поверхностях исследуемых составов после выдерживания в воздушно-сухих условиях в течение 12 месяцев, резко увеличилось. На стеклощелочном вяжущем при выдерживании в нормальных условиях в течение трех месяцев колонии грибов не обнаружены, а после 12 месяцев колонии грибов хотя и обнаружены на образцах, но развиваются медленно и находятся в угнетенном состоянии.

В этой связи применение стеклощелочных композитов в зданиях с биологически активными средами является наиболее предпочтительным, т. к. в этом случае наряду с повышением долговечности конструкций и изделий улучшается экологическая ситуация в зданиях и сооружениях. Поселяясь на поверхности строительных материалов и конструкций, микроорганизмы приводят к возникновению запаха плесени в помещениях и выделяют токсичные продукты, аллергены [4]. Развиваясь на материалах, грибы выделяют массу спор и различных продуктов жизнедеятельности, которые способны вызывать ряд серьезных заболеваний у человека.

С целью выявления потенциальных биодеструкторов вяжущих, эксплуатирующихся в свиноводческих и птицеводческих зданиях, в картофелехранилище и солодовенном цехе пивного производства, были проведены исследования по определению видового состава микроорганизмов, заселяющих их. Эксперимент проводился в натуральных условиях в течение шести месяцев. Результаты исследований приведены в табл. 3.

Таблица 3

Видовой состав колоний грибов, заселяющих вяжущие вещества

Наименование материала	Виды грибов	Общее количество видов грибов / количество родов
Свиноводческое помещение		
Стеклощелочное вяжущее	<i>Aspergillus ustus</i> , <i>Aspergillus versicolor</i> , <i>Aspergillus ruber</i> , <i>Penicillium nigrkans</i> , <i>Penicillium tardum</i> , <i>Penicillium cyclopium</i> , <i>Alternaria dianthi</i> , <i>Alternaria alternate</i> , <i>Mucor hiemalis</i> , <i>Fusarium heterosporum</i> , <i>Fusarium sambucinum</i> , <i>Chaetomium globosum</i> , <i>Paecilomyces variotii</i>	13/7
Портландцементный камень	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus ustus</i> , <i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>Aspergillus clavatus</i> , <i>Aspergillus terreus</i> , <i>Aspergillus oryzae</i> , <i>Aspergillus penicillioideus</i> , <i>Penicillium godlewskii</i> , <i>Penicillium cyclopium</i> , <i>Penicillium urticae</i> , <i>Alternaria alternate</i> , <i>Alternaria dianthi</i> , <i>Mucor corticola</i> , <i>Mucor circinelloides</i> , <i>Mucor hiemalis</i> , <i>Cladosporium elatum</i> , <i>Cladosporium macrocarpum</i> , <i>Fusarium avenaceum</i> , <i>Rhizopus cohnii</i> , <i>Chaetomium dolichotrichum</i>	20/8

Отвержденная эпоксидная смо- ла	<i>Aspergillus niger, Aspergillus oryzae, Aspergillus nidulans, Aspergillus ustus, Aspergillus sydowi, Mucor corticola, Mucor hiemalis, Mucor circinelloides, Cladosporium macrocarpum, Penicillium godlewskii, Penicillium cyclopium, Penicillium claviforme, Penicillium notatum, Penicillium corylophilum, Chaetomium dolichotrichum</i>	15/5
Гипсовый камень	<i>Aspergillus niger, Aspergillus ustus, Aspergillus sydowi, Aspergillus oryzae, Aspergillus nidulans, Aspergillus terreus, Penicillium claviforme, Penicillium godlewskii, Penicillium cyclopium, Penicillium lanosum, Penicillium notatum, Penicillium expansum, Penicillium meleagrinum, Mucor corticola, Mucor circinelloides, Fusarium avenaceum, Fusarium sambucinum, Alternaria alternate, Alternaria pluriseptata, Alternaria brassicae, Chaetomium dolichotrichum, Chaetomium bostrychodes, Trichoderma koningii, Cladosporium macrocarpum, Cladosporium elatum</i>	25/8
Птицеводческое помещение		
Стеклощелочное вяжущее	<i>Aspergillus ustus, Aspergillus versicolor, Penicillium nigricans, Penicillium cyclopium, Penicillium claviforme, Penicillium godlewskii, Mucor hiemalis, Mucor corticola, Cladosporium macrocarpum, Cladosporium elatum, Alternaria brassicae, Alternaria pluriseptata, Chaetomium globosum</i>	13/6
Портландце- ментный камень	<i>Aspergillus niger, Aspergillus ustus, Aspergillus oryzae, Aspergillus sydowi, Penicillium godlewskii, Penicillium cyclopium, Penicillium expansum, Penicillium nigricans, Penicillium corylophilum, Penicillium notatum, Penicillium chrysogenum, Penicillium claviforme, Mucor corticola, Mucor hiemalis, Alternaria alternate, Alternaria pluriseptata, Alternaria brassicae, Cladosporium macrocarpum, Cladosporium herbarum, Chaetomium dolichotrichum, Fusarium sambucinum</i>	21/7
Отвержденная эпоксидная смо- ла	<i>Aspergillus niger, Aspergillus ustus, Aspergillus sydowi, Aspergillus clavatus, Aspergillus fumigatus, Penicillium godlewskii, Penicillium notatum, Penicillium cyclopium, Penicillium chrysogenum, Penicillium corylophilum, Alternaria alternate, Alternaria dianthi, Cladosporium elatum, Cladosporium herbarum, Cladosporium macrocarpum, Mucor circinelloides, Mucor corticola, Trichoderma koningii</i>	18/6

Продолжение табл. 3

Наименование материала	Виды грибов	Общее количество видов грибов / количество родов
Гипсовый камень	<i>Aspergillus ustus</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus ruber</i> , <i>Aspergillus clavatus</i> , <i>Aspergillus penicilloides</i> , <i>Penicillium godlewskii</i> , <i>Penicillium nigricans</i> , <i>Penicillium lanosum</i> , <i>Penicillium cyclopium</i> , <i>Mucor corticola</i> , <i>Mucor circinelloides</i> , <i>Alternaria alternata</i> , <i>Alternaria brassicae</i> , <i>Cladosporium macrocarpum</i> , <i>Cladosporium elatum</i> , <i>Chaetomium dolichotrichum</i> , <i>Chaetomium bostrychodes</i> , <i>Trichoderma viride</i> , <i>Paezilomyces variotii</i>	19/8
Помещение для хранения картофеля		
Стеклощелочное вяжущее	<i>Aspergillus penicilloides</i> , <i>Aspergillus sydowi</i> , <i>Aspergillus nidulans</i> , <i>Aspergillus versicolor</i> , <i>Aspergillus clavatus</i> , <i>Aspergillus oryzae</i> , <i>Aspergillus ustus</i> , <i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>Penicillium canescens</i> , <i>Penicillium godlewskii</i> , <i>Penicillium lanosum</i> , <i>Penicillium nigricans</i> , <i>Penicillium cyclopium</i> , <i>Penicillium claviforme</i> , <i>Penicillium urticae</i> , <i>Fusarium heterosporum</i> , <i>Fusarium moniliforme</i> , <i>Fusarium sambucinum</i> , <i>Alternaria brassicae</i> , <i>Mucor circinelloides</i> , <i>Verticillium album</i> , <i>Cladosporium elatum</i> , <i>Cladosporium macrocarpum</i>	23/7
Портландцементный камень	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus ustus</i> , <i>Aspergillus sydowi</i> , <i>Penicillium corylophilum</i> , <i>Penicillium clavigerum</i> , <i>Penicillium urticae</i> , <i>Penicillium claviforme</i> , <i>Penicillium canescens</i> , <i>Penicillium godlewskii</i> , <i>Penicillium cyclopium</i> , <i>Mucor corticola</i> , <i>Mucor circinelloides</i> , <i>Cladosporium macrocarpum</i> , <i>Cladosporium elatum</i> , <i>Fusarium sambucinum</i> , <i>Trichoderma koningii</i> , <i>Trichoderma viride</i>	17/6
Отвержденная эпоксидная смола	<i>Aspergillus ustus</i> , <i>Aspergillus penicilloides</i> , <i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>Penicillium oxalicum</i> , <i>Penicillium nigricans</i> , <i>Penicillium godlewskii</i> , <i>Penicillium lanosum</i> , <i>Penicillium cyclopium</i> , <i>Penicillium corylophilum</i> , <i>Penicillium expansum</i> , <i>Penicillium claviforme</i> , <i>Penicillium meleagrinum</i> , <i>Alternaria brassicae</i> , <i>Fusarium moniliforme</i> , <i>Fusarium sambucinum</i> , <i>Fusarium avenaceum</i> , <i>Cladosporium macrocarpum</i> , <i>Cladosporium elatum</i> , <i>Trichoderma viride</i> , <i>Verticillium tenerum</i> , <i>Mucor corticola</i> , <i>Mucor hiemalis</i>	22/8

Окончание табл. 3

Гипсовый камень	<i>Aspergillus ustus</i> , <i>Aspergillus penicilloides</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus clavatus</i> , <i>Aspergillus sydowi</i> , <i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>Aspergillus nigricans</i> , <i>Penicillium lanosum</i> , <i>Penicillium oxalicum</i> , <i>Penicillium puberulum</i> , <i>Penicillium corylophilum</i> , <i>Penicillium canescens</i> , <i>Penicillium claviforme</i> , <i>Penicillium cyclopium</i> , <i>Alternaria alternata</i> , <i>Alternaria brassicae</i> , <i>Alternaria dianthi</i> , <i>Cladosporium macrocarpum</i> , <i>Cladosporium elatum</i> , <i>Paecilomyces variotii</i> , <i>Fusarium sambucinum</i> , <i>Fusarium avenaceum</i> , <i>Verticillium tenerum</i> , <i>Rhizopus cohnii</i> , <i>Trichoderma viride</i> , <i>Mucor corticola</i> , <i>Mucor hiemalis</i> , <i>Botrytis cinerea</i>	28/11
Солодовенный цех ОАО «САН ИнБев» (филиала в г. Саранске)		
Стеклощелочное вяжущее	<i>Aspergillus ustus</i> , <i>Penicillium meleagrinum</i> , <i>Fusarium moniliforme</i> , <i>Alternaria alternata</i> , <i>Alternaria pluriseptata</i> , <i>Alternaria dianthi</i> , <i>Cladosporium sphaerospermum</i> , <i>Mucor corticola</i>	8/6
Портландцементный камень	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus ustus</i> , <i>Penicillium meleagrinum</i> , <i>Alternaria pluriseptata</i> , <i>Alternaria dianthi</i> , <i>Alternaria brassicae</i> , <i>Fusarium avenaceum</i> , <i>Chaetomium dolichotrichum</i> , <i>Cladosporium sphaerospermum</i> , <i>Cladosporium cladosporioides</i> , <i>Mucor corticola</i>	11/7
Отвержденная эпоксидная смола	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus ustus</i> , <i>Aspergillus oryzae</i> , <i>Aspergillus clavatus</i> , <i>Penicillium notatum</i> , <i>Penicillium tardum</i> , <i>Penicillium claviforme</i> , <i>Alternaria alternata</i> , <i>Alternaria pluriseptata</i> , <i>Alternaria dianthi</i> , <i>Alternaria brassicae</i> , <i>Fusarium avenaceum</i> , <i>Fusarium moniliforme</i> , <i>Chaetomium dolichotrichum</i> , <i>Cladosporium cladosporioides</i> , <i>Cladosporium sphaerospermum</i>	16/6
Гипсовый камень	<i>Aspergillus terreus</i> , <i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>Fusarium moniliforme</i> , <i>Cladosporium cladosporioides</i> , <i>Cladosporium sphaerospermum</i> , <i>Cladosporium herbarum</i> , <i>Verticillium album</i> , <i>Mucor hiemalis</i> , <i>Mucor corticola</i> , <i>Mucor circinelloides</i>	10/5

К родам грибов, обнаруженных на исследуемых материалах при их эксплуатации во всех вышеназванных условиях, относятся *Aspergillus*, *Penicillium* и *Mucor*. При этом преобладают в значительной степени рода *Aspergillus* и *Penicillium*. Многолетние исследования в области биологической стойкости композиционных строительных материалов свидетельствуют о том, что из большого многообразия микроскопических организмов наибольший вред промышленным и строительным материалам, изделиям и конструкциям приносят грибы видов *Aspergillus niger* и *Penicillium chrysogenum* [2, 5]. Полученные результаты свидетельствуют о том, что только на образцах стеклощелочного вяжущего ни в одном из случаев не были обнаружены данные виды мицелиальных грибов. На поверхности гипсового камня при эксплуатации в свиноводческих и птицеводческих зданиях, в картофелехранилище обнаружен лишь *Aspergillus niger*. На поверхностях портландцементного камня и отвержденной эпоксидной смолы при эксплуатации в птицеводческом здании

выявлены оба вида данных вредоносных грибов, а при выдерживании в солодовенном цехе пивного производства — *Aspergillus niger*.

Экспериментальные исследования поведения композиционных строительных материалов (КСМ) в условиях воздействия микроскопических организмов показали снижение прочностных показателей и изменение массосодержания композитов на цементных, стеклощелочных и полимерных связующих [1]. Из результатов изменения массосодержания следует, что взаимодействие материалов с микроорганизмами и продуктами их метаболизма протекает по различным механизмам. Так, композиты на цементных и гипсовых связующих характеризуются уменьшением, а материалы на полимерных связующих — увеличением массосодержания. Эти данные подтверждают, что при биодegradации интенсивность коррозионных разрушений протекает аналогично деградации от химически агрессивных сред и определяется скоростью химических реакций на поверхности материала, внутренней диффузией микроорганизмов и продуктов их метаболизма в структуру материала и прохождением при этом химических реакций. Только в этом случае следует дополнительно учитывать характер взаимодействия микроорганизмов с компонентами материала.

Результаты проведенных экспериментов позволили выделить основные биодеструкторы строительных материалов и подтвердили, что даже содержащиеся в воздухе помещений административных и гражданских зданий споры микроскопических грибов могут заселяться на их поверхностях и развиваться, используя имеющиеся на них загрязнения в качестве питательного субстрата. При наличии в зданиях и сооружениях биотехнологических производственных процессов развитие микроскопических организмов активизируется, а количество их родов и видов увеличивается. Это еще раз подтверждает необходимость избирательного подхода при выборе строительных материалов и защитных покрытий в зависимости от конкретных условий эксплуатации и проведения профилактических мероприятий, предотвращающих или сводящих к минимуму вероятность заселения на КСМ микроскопических организмов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соломатов В. И., Черкасов В. Д., Ерофеев В. Т. Строительные биотехнологии и биокompозиты. М. : МИИТ, 1998. 165 с.
2. Каневская И. Г. Биологическое повреждение промышленных материалов. Л. : Наука, 1984. 230 с.
3. ГОСТ 9.049—91. Материалы полимерные и их компоненты. Методы испытаний на стойкость к воздействию плесневых грибов. М. : Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1992.
4. Соломатов В. И., Ерофеев В. Т., Смирнов В. Ф. Биологическое сопротивление материалов. Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2001. 196 с.
5. Биоповреждения в строительстве / Ф. М. Иванов, С. Н. Горшин, Д. Уайт и др. М. : Стройиздат, 1984. 320 с.

1. Solomatov V. I., Cherkasov V. D., Erofeev V. T. Stroitelnye biotekhnologii i biokompозity. M. : MIIT, 1998. 165 s.
2. Kanevskaya I. G. Biologicheskoe povrezhdenie promyshlennykh materialov. L. : Nauka, 1984. 230 s.

3. GOST 9.049—91. Materialy polimernye i ikh komponenty. Metody ispytaniy na stoykost k vozdeystviyu plesnevykh gribov. M. : Komitet standartizatsii i metrologii SSSR, 1992.

4. *Solomatov V. I., Erofeev V. T., Smirnov V. F.* Biologicheskoe soprotivlenie materia-lov. Saransk : Izd-vo Mordov. un-ta, 2001. 196 s.

5. Biopovrezhdeniya v stroitelstve / F. M. Ivanov, S. N. Gorshin, D. Uayt i dr. M. : Stroyizdat, 1984. 320 s.

© *Ерофеев В. Т., Богатов А. Д., Богатова С. Н.,
Казначеев С. В., Смирнов В. Ф., Захарова Е. А., 2012*

*Поступила в редакцию
в июне 2012 г.*

Ссылка для цитирования:

Исследование биостойкости строительных композитов с учетом их старения / В. Т. Ерофеев, А. Д. Богатов, С. Н. Богатова, С. В. Казначеев, В. Ф. Смирнов, Е. А. Захарова // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2012. Вып. 2 (22).