



УДК 620.1:691.32

Богатов А.Д. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: bogatovad@list.ru

Богатова С.Н. – кандидат технических наук

E-mail: bogatovasn@mail.ru

Ерофеев В.Т. – доктор технических наук, профессор

E-mail: fac-build@adm.mrsu.ru

Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева

Адрес организации: 430005, Р. Мордовия, г. Саранск, ул. Большевикская, 68

Смирнов В.Ф. – доктор биологических наук, профессор

E-mail: protectfun@mail.ru

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

Адрес организации: 603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23

Влияние старения в условиях воздействия фактора эксплуатационной среды на биологическое сопротивление материалов

Аннотация

Проведены исследования биологической стойкости эпоксидных, жидкостеклольных, стеклощелочных и гипсовых связующих при эксплуатации в солодовенном цехе пивного производства. Экспериментально показано, что композиты на основе стеклощелочного вяжущего и жидкого стекла обладают повышенной устойчивостью в биологически агрессивных средах. Выявлены виды потенциальных биодеструкторов, заселяющихся на поверхностях материалов при эксплуатации в условиях пивоваренного производства.

Ключевые слова: бой стекла, цемент, эпоксидная смола, жидкое стекло, микроорганизмы, биологическое сопротивление, агрессивная среда, потенциальные биодеструкторы.

В настоящее время у нас в стране и за рубежом проводятся исследования микробиологической стойкости композиционных строительных материалов на неорганических и органических связующих [1]. Это обусловлено тем, что в связи с постоянной химизацией народного хозяйства и расширением внедрения биотехнологических процессов в производство на строительные материалы и изделия воздействует все большее число агрессивных сред, среди которых – микроорганизмы и продукты их метаболизма. Установлено, что более 50 % общего объема регистрируемых в мире повреждений связано с деятельностью микроорганизмов. Бактерии, мицелиальные грибы и актиномицеты постоянно и повсеместно обитают в среде пребывания человека, используя органические и неорганические соединения как питательный субстрат. В последние годы отмечается рост разнообразия и численности микроорганизмов, вызывающих биоповреждения материалов и сооружений. Возросла агрессивность известных видов.

Биоповреждениям подвержены практически все материалы, в том числе цементные растворы и бетоны, композиционные материалы на полимерных и других связующих, древесина и т.д. [1-3]. Разрушения микроорганизмами обычно происходят под воздействием не какой-либо одной группы, а комплекса, включающего и бактерии, и грибы. Одна группа микроорганизмов своей деятельностью подготавливает субстрат для другой. При этом возникают новые связи между отдельными микроорганизмами, постоянно формируются взаимосвязанные ассоциации, которые обеспечивают выживание и адаптацию каждого вида в отдельности.

Доказано, что некоторые микроорганизмы, поселяющиеся на поверхностях строительных материалов в жилых, административных, производственных помещениях, могут стать причиной целого ряда заболеваний, в том числе микозов внутренних органов, которые очень сложно поддаются диагностике и лечению. В этой связи особую актуальность приобретают исследования по идентификации видового состава микроорганизмов, поселяющихся на различных видах строительных материалов в зависимости от условий эксплуатации, обусловленных характером технологического процесса.

Из микроорганизмов мицелиальные грибы очень широко распространены по всему земному шару. Большинство из них вызывают повреждения материалов и обладают высокой энергией размножения [4]. Например, сухоспоровые формы образуют такое количество спор, которое исчисляется миллионами. Благодаря своим микроскопическим размерам споры могут проникать в невидимые глазу трещины и поры, которыми пронизаны даже такие плотные материалы, как гранит и металл. Закрепившись на поверхности материалов, при благоприятных условиях споры прорастают, образуя мицелий. Грибы – это вариabельная и подвижная в экологическом отношении группа организмов, способных приспособиться к возникающим условиям. Это свойство имеет особое значение в связи с непрерывным созданием новых материалов и возникновением новых искусственно создаваемых биотопов.

Развитие и жизнедеятельность грибов тесно связаны с условиями среды, в которой они обитают. Внешняя среда может как стимулировать, так и подавлять рост биодеструкторов. Факторы окружающей среды, которые оказывают влияние на активность микроорганизмов, можно разделить на химические (кислотность среды, кислород, источники питания) и физические (влажность, температура, освещение). Изменение одного фактора приводит к измененной реакции организма на действие других факторов внешней среды. Однако устойчивость грибов к отдельному неблагоприятному фактору всегда выше, если другие условия среды близки к оптимальным. Повышению устойчивости грибов к экстремальным условиям способствует питательная ценность субстрата, на котором развиваются биодеструкторы. Знание реакции грибов на факторы окружающей среды необходимо на практике для борьбы с биоразрушениями.

С целью выявления потенциальных биодеструкторов материалов органического и неорганического происхождения, используемых для изготовления конструкций, эксплуатирующихся в солодовенном цехе пивного производства, нами были проведены исследования по определению видового состава микроорганизмов, заселяющих их. Задачей являлось установление количества родов грибов, способных использовать вяжущие вещества в качестве источника питания, а также определение конкретных видов – представителей данного рода. Результаты исследований представлены в табл. 1.

Таблица 1

Видовой состав колоний грибов, заселяющих вяжущие при эксплуатации в солодовенном цехе ОАО «САН ИнБев» (филиала в г. Саранске)

Наименование материала	Виды грибов	Общее кол-во видов грибов / кол-во родов
Срок экспонирования – 1 месяц		
Стеклощелочное вяжущее	<i>Aspergillus ustus</i> , <i>Penicillium claviforme</i> , <i>Verticillium album</i> , <i>Fusarium moniliforme</i> , <i>Paecilomyces carneus</i> , <i>Cladosporium sphaerospermum</i> , <i>Cladosporium cladosporioides</i> , бактерии	7/6
Портландцементный камень	<i>Aspergillus terreus</i> , <i>Aspergillus oryzae</i> , <i>Aspergillus ustus</i> , <i>Penicillium chrysogenum</i> , <i>Cladosporium elatum</i> , <i>Cladosporium herbarum</i> , <i>Cladosporium sphaerospermum</i> , <i>Chaetomium dolichotrichum</i> , <i>Alternaria brassicae</i> , бактерии	9/5
Отвержденная эпоксидная смола	<i>Aspergillus terreus</i> , <i>Aspergillus oryzae</i> , <i>Aspergillus ustus</i> , <i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>Penicillium canescens</i> , <i>Penicillium notatum</i> , <i>Cladosporium elatum</i> , <i>Cladosporium herbarum</i> , <i>Cladosporium sphaerospermum</i> , <i>Alternaria brassicae</i> , <i>Alternaria dianthi</i> , <i>Chaetomium globosum</i> , <i>Verticillium nubilum</i>	13/6
Гипсовый камень	<i>Aspergillus ustus</i> , <i>Aspergillus clavatus</i> , <i>Aspergillus versicolor</i> , <i>Penicillium notatum</i> , <i>Penicillium nigricans</i> , <i>Penicillium tardum</i> , <i>Penicillium urticae</i> , <i>Penicillium lanosum</i> , <i>Penicillium oxalicum</i> , <i>Cladosporium cladosporioides</i> , <i>Cladosporium sphaerospermum</i> , <i>Alternaria alternate</i> , <i>Alternaria pluriseptata</i> , <i>Alternaria dianthi</i> , <i>Chaetomium dolichotrichum</i> , <i>Mucor corticola</i> , <i>Mucor circinelloides</i> , <i>Trichoderma koningii</i> , <i>Gliocladium penicillioides</i>	19/8

Продолжение таблицы

Строительные растворы на основе жидкого стекла	<i>Aspergillus terreus, Fusarium moniliforme, Cladosporium sphaerospermum, Cladosporium cladosporioides,</i>	4/3
Срок экспонирования – 3 месяца		
Стеклощелочное вяжущее	<i>Aspergillus niger, Aspergillus ustus, Aspergillus terreus, Verticillium album, Fusarium moniliforme, Alternaria alternata, Alternaria pluriseptata, Cladosporium sphaerospermum, бактерии</i>	8/5
Портландцементный камень	<i>Aspergillus niger, Aspergillus ustus, Aspergillus terreus, Aspergillus versicolor, Penicillium claviforme, Cladosporium elatum, Cladosporium herbarum, Cladosporium sphaerospermum, Fusarium moniliforme, Chaetomium dolichotrichum</i>	10/5
Отвержденная эпоксидная смола	<i>Aspergillus ustus, Fusarium moniliforme, Alternaria brassicae, Verticillium nubilum, бактерии</i>	4/4
Гипсовый камень	<i>Aspergillus ustus, Aspergillus clavatus, Penicillium notatum, Penicillium nigricans, Alternaria brassicae, Alternaria alternata, Alternaria dianthi, Chaetomium dolichotrichum, Verticillium nubilum, Verticillium album, Trichoderma koningii, бактерии</i>	11/6
Строительные растворы на основе жидкого стекла	<i>Aspergillus terreus, Aspergillus ustus, Aspergillus fumigatus, Aspergillus clavatus, Alternaria alternata, Cladosporium herbarum, Cladosporium sphaerospermum, Cladosporium elatum, Chaetomium bostrychodes, Verticillium album, Trichoderma koningii, бактерии</i>	11/6
Срок экспонирования – 6 месяцев		
Стеклощелочное вяжущее	<i>Aspergillus ustus, Penicillium meleagrimum, Fusarium moniliforme, Alternaria alternata, Alternaria pluriseptata, Alternaria dianthi, Cladosporium sphaerospermum, Mucor corticola</i>	8/6
Портландцементный камень	<i>Aspergillus niger, Aspergillus ustus, Penicillium meleagrimum, Alternaria pluriseptata, Alternaria dianthi, Alternaria brassicae, Fusarium avenaceum, Chaetomium dolichotrichum, Cladosporium sphaerospermum, Cladosporium cladosporioides, Mucor corticola</i>	11/7
Отвержденная эпоксидная смола	<i>Aspergillus niger, Aspergillus ustus, Aspergillus oryzae, Aspergillus clavatus, Penicillium notatum, Penicillium tardum, Penicillium claviforme, Alternaria alternata, Alternaria pluriseptata, Alternaria dianthi, Alternaria brassicae, Fusarium avenaceum, Fusarium moniliforme, Chaetomium dolichotrichum, Cladosporium cladosporioides, Cladosporium sphaerospermum</i>	16/6
Гипсовый камень	<i>Aspergillus terreus, Aspergillus fumigatus, Fusarium moniliforme, Cladosporium cladosporioides, Cladosporium sphaerospermum, Cladosporium herbarum, Verticillium album, Mucor hiemalis, Mucor corticola, Mucor circinelloides</i>	10/5
Строительные растворы на основе жидкого стекла	<i>Aspergillus ustus, Alternaria dianthi, Fusarium moniliforme, Fusarium avenaceum, Mucor hiemalis</i>	5/4

Результаты эксперимента свидетельствуют о том, что 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. Из рассматриваемых материалов наименьшая степень заселения микроорганизмами оказалась характерна для композитов на основе стеклощелочного связующего и жидкого стекла.

Изменение технологических параметров производства, возникновение нештатных аварийных ситуаций, смена сырьевых материалов и т.д. могут стать причиной развития на конструкциях других видов микроорганизмов. С целью определения влияния воздействия эксплуатационной среды и образовавшихся в процессе эксплуатации на образцах материалов биологических загрязнений на их грибоустойкость и фунгицидность были проведены испытания в соответствии с ГОСТ 9.049-91. В качестве тест-организмов использовались следующие виды микромицетов: *Aspergillus oryzae* (Ahlburg) Cohn; *Aspergillus niger* vgn Tieghem; *Aspergillus terreus* Thom; *Chaetomium globosum* Kunze; *Paecilomyces varioti* Bainier; *Penicillium cyclopium* Westling; *Penicillium funiculosum* Thom; *Penicillium chrysogenum* Thom; *Trichoderma viride*. Испытания проводились двумя методами: 1 (без дополнительных источников питания) и 3 (на твердой питательной среде Чапека-Докса). Сущность заключалась в выдерживании материалов, зараженных спорами плесневых грибов, в оптимальных для их развития условиях с последующей оценкой грибоустойкости 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 грибоустойкость. 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; сахара – 30 г; агар – 20 г; вода дистиллированная 1 л. В табл. 2 приведены результаты исследований, показывающие сравнительные данные биологической стойкости вяжущих после выдерживания в солодовенном цехе пивного производства.

Таблица 2

**Биостойкость вяжущих при эксплуатации
в солодовенном цехе ОАО «САН ИнБев» (филиала в г. Саранске)**

Состав	Метод 1	Метод 3	Результат
<i>После набора марочной прочности</i>			
Стеклощелочное вяжущее	0	0 (R=45 мм)	фунгициден
Портландцементный камень	0	3	грибостоек
Отвержденная эпоксидная смола	2	5	грибостоек
Строительные растворы на основе жидкого стекла	0	0 (R=8 мм)	фунгициден
<i>Срок экспонирования – 1 месяц</i>			
Стеклощелочное вяжущее	1	3	грибостоек
Портландцементный камень	2	4	грибостоек
Отвержденная эпоксидная смола	2	5	грибостоек
Гипсовый камень	3	5	негрибостоек
Строительные растворы на основе жидкого стекла	0	5	грибостоек
<i>Срок экспонирования – 3 месяца</i>			
Стеклощелочное вяжущее	1	3	грибостоек
Портландцементный камень	3	4	негрибостоек
Отвержденная эпоксидная смола	3	5	негрибостоек
Гипсовый камень	4	5	негрибостоек
Строительные растворы на основе жидкого стекла	0	5	грибостоек
<i>Срок экспонирования – 6 месяцев</i>			
Стеклощелочное вяжущее	1	5	грибостоек
Портландцементный камень	3	5	негрибостоек
Отвержденная эпоксидная смола	3	5	негрибостоек
Гипсовый камень	3	5	негрибостоек
Строительные растворы на основе жидкого стекла	0	5	грибостоек

R – радиус зоны ингибирования роста грибов

Полученные данные свидетельствуют о том, что с течением времени биостойкость исследуемых видов вяжущих снижается. Так, например, образцы портландцементного камня и отвержденной эпоксидной смолы после трех месяцев выдерживания в

солодовенном цехе становятся негрибостойкими, а образцы гипсового камня уже после одного месяца. Причиной высокой биостойкости стеклощелочного связующего является повышенный уровень водородного показателя системы, это основной ингибирующий фактор, препятствующий заселению и развитию на их поверхности микроскопических организмов (наиболее благоприятной для развития мицелиальных грибов является слабокислая среда); а образцов строительного раствора на основе жидкого стекла – использование в качестве отвердителя кремнефтористого натрия (20 масс. ч. на 100 масс. ч. связующего), который, как известно, обладает хорошим фунгицидным действием.

Список литературы

1. Соломатов В.И., Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф. и др. Биологическое сопротивление материалов. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2001. – 196 с.
2. Смирнов В.Ф., Семичева А.С., Тарасова Н.А. и др. Исследование биодеградации ряда конструктивных материалов с целью их защиты от биокоррозии // IV Всесоюзная конференция по биоповреждениям: Тез. докл. – Н. Новгород, 1991. – С. 72-73.
3. Соломатов В.И., Ерофеев В.Т., Фельдман М.С. Биологическое сопротивление бетонов // Изв. вузов. Строительство, 1996, № 8. – С. 44-48.
4. Ильичев В.Д., Бочаров Б.В., Анисимов А.А. и др. Биоповреждения: учеб. пособие для биол. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1987. – 352 с.

Bogatov A.D. – candidate of technical sciences, assistant professor

E-mail: bogatovad@list.ru

Bogatova S.N. – candidate of technical sciences

E-mail: bogatovasn@mail.ru

Erofeev V.T. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: fac-build@adm.mrsu.ru

Mordovian State University

The organization address: 430005, Russia, Saransk, Bolshevistskay st., 68

Smirnov V.F. – doctor of biological sciences, professor

E-mail: protectfun@mail.ru

Nizhny Novgorod State University

The organization address: 603950, Russia, N. Novgorod, Gagarina st., 23

Effect of aging under the impact factor of the operational environment on the biological resistance of materials

Resume

In modern conditions more stringent requirements are imposed to durability and reliability of buildings. According to it, special attention is being given to the materials and constructions, subject to the risk of biological degradation.

Obviously, the research of biological resistance of materials and their proper selection, depending on the specific operating conditions, reduce the biological impacts on structures and products, which in turn provides a more reliable and stable work of buildings and constructions.

Microorganisms are able to occupy the surfaces of all kinds of tested binders that are widely used in obtaining building designs and products.

However, the species and quantitative structures under identical operating conditions are different.

Comparing the number of species and genera of fungi growing on the samples of binding, 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 experimentally shown that composites based on unacid binder and liquid glass have increased resistance to biologically aggressive environments. Results of experiments again confirm the presence of appropriate selectivity in the choice of building materials and protective coatings, depending on specific conditions and preventive actions to prevent or minimize the likelihood of settlement for these microscopic organisms.

Key words: glass fibre, cement, epoxy resin, liquid glass, microorganisms, biological resistance, an aggressive environment, potential biodegradation.

References

1. Solomatov V.I., Yerofeev V.T., Smirnov V.F. and other. Biological resistance of materials / Saransk, Isd-vo Mordov. un-ta, 2001. – 196 p.
2. Smirnov V.F., Semicheva A.S., Tarasova N.A. Research of biodegradation of some constructive materials for the purpose of their protection against biocorrosion // IV Vsesojuznaja konferenzija po biopovregdenijam: Tez. dokl. – N. Novgorod, 1991. – P. 72-73.
3. Solomatov V.I., Yerofeev V.T., Feldman M.S. Biological resistance of concrete // Izv. vuzov. Stroitelstvo, 1996, № 8. – P. 44-48.
4. Ilchev V.D., Bocharov B.V., Anisimov A.A. and other. Biodamages: ucheb. posobie dlja boil. spez. vuzov. – M.: Visch. shk., 1987. – 352 p.