

УДК 620.1:691.32

**Ерофеев В.Т.** – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РААСН

E-mail: [fac-build@adm.mrsu.ru](mailto:fac-build@adm.mrsu.ru)

**Богатов А.Д.** – кандидат технических наук, доцент

E-mail: [bogatovad@mail.ru](mailto:bogatovad@mail.ru)

**Богатова С.Н.** – старший преподаватель

E-mail: [bogatovasn@mail.ru](mailto:bogatovasn@mail.ru)

**Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева**

**Смирнов В.Ф.** – доктор биологических наук, профессор

E-mail: [protectfun@mail.ru](mailto:protectfun@mail.ru)

**Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского**

## **ВЛИЯНИЕ СТАРЕНИЯ ВЯЖУЩИХ НА ИХ БИОЛОГИЧЕСКУЮ СТОЙКОСТЬ\***

### **АННОТАЦИЯ**

Проведено исследование влияния старения некоторых вяжущих под воздействием различных внешних факторов на их биологическую стойкость. Экспериментально показано, что стеклощелочное вяжущее и строительные растворы на основе жидкого стекла обладают повышенной устойчивостью в биологически агрессивных средах. Установлены потенциальные биодеструкторы, способные к заселению на поверхностях рассматриваемых материалов при их эксплуатации в воздушно-сухих условиях.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** бой стекла, цемент, эпоксидная смола, жидкое стекло, микроорганизмы, биологическое сопротивление, агрессивная среда, старение.

**Erofeev V.T.** – doctor of technical sciences, professor, corresponding member RAACS

**Bogatov A.D.** – candidate of technical sciences, associate professor

**Bogatova S.N.** – senior lecturer

**Mordovian State Ogarev University**

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

**Nizhny Novgorod State Lobachevsky University**

## **INFLUENCE OF AGEING KNITTING ON THEIR BIOLOGICAL FIRMNESS**

### **ABSTRACT**

Researches of influence of aging of some knitting under influence of various external factors on their biological firmness are conducted. It is experimentally shown that glass alkali knitting and building solutions on the basis of liquid glass possess the raised stability in biologically excited environments. It is established that potential biodestructures are capable to settle on surfaces of considered materials at their operation in air-dry conditions.

**KEYWORDS:** glass fight, cement, epoxide pitch, liquid glass, microorganisms, biological resistance, an excited environment, aging.

Биологическая коррозия становится определяющим фактором надежности и долговечности зданий и сооружений. Проблеме изучения влияния воздействия микроскопических грибов и продуктов их метаболизма на свойства строительных материалов в последнее время начинает уделяться все большее внимание. Это связано с тем, что мицелиальные грибы, бактерии, актиномицеты в процессе своей жизнедеятельности способны, если не полностью разрушить конструкцию, то, во всяком случае, значительно снизить эксплуатационные характеристики материалов, использованных для ее получения. Ущерб, причиняемый экономике страны, измеряется в этом случае сотнями тысяч, а возможно, и миллионами долларов.

\* Печатается при поддержке РФФИ – грант 09-08-13742 офиц. «Исследование влияния факторов старения композиционных строительных материалов на их биодеградацию и биосопротивление».

Биоразрушениям подвержены практически все материалы: металлические, каменные, бетонные и т.д. [1-3]. Поэтому исследования биодegradации и биологического сопротивления строительных материалов, которые в процессе эксплуатации в различных областях промышленности, строительства, сельского хозяйства подвергаются разрушающему действию различных живых организмов, являются актуальными.

Данные литературы свидетельствуют, что более 40 % общего объема биоразрушений связано с деятельностью микроорганизмов – бактерий и грибов [4-6]. Бактерии развиваются при обильном содержании влаги в материалах, например, при соприкосновении их с жидкостью (градирни, резервуары, трубопроводы, коллекторы и т. д.). При отсутствии капельно-жидкой среды развитие бактерий подавляется, и они уступают место грибам, которые также развиваются при влажности выше 75 %. Оптимум влажности для них 95-98 %. В то же время известно, что грибы и споры многих бактерий сохраняют жизнеспособность и в высушенном состоянии. Известно несколько сотен видов грибов, способных вызывать повреждения различных промышленных и строительных материалов. Доминирующие в процессах биоразрушений виды мицелиальных грибов, относящиеся к классу гифомицетов, следующие: *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus terreus*, *Penicillium cyclopium*, *Penicillium funiculosum*, *Penicillium chrysogenum*, *Paecilomyces varioti*, *Chaetomium globosum*, *Trichoderma viride* [7, 8].

На рост грибов и их физиологическую активность влияют многие факторы внешней среды: температура, кислотность, степень аэробности среды, свет, влажность, давление и др. Основным же фактором, способствующим развитию грибов на материале или конструкции, является вода. Если материал имеет незначительную влажность, то сначала появляются менее требовательные к влажности грибы, а затем уже появляются более влаголюбивые виды или такие, для которых первые микромицеты являются питательной средой. Влага может вноситься за счет самих микробных клеток, которые содержат ее 80 % и более. Рост отдельных видов грибов могут стимулировать воздушные среды, содержащие аммиак, углекислоту, этанол и другие соединения.

Повреждение материалов грибами начинается, как правило, с небольших участков. Даже на биостойких материалах могут наблюдаться мелкие колонии мицелиальных грибов, поселяющихся на загрязнениях биологического происхождения. Особенно благоприятны для роста микромицетов условия повышенной влажности и затрудненного воздухообмена. Такие условия нередко создаются при эксплуатации различного оборудования в закрытых помещениях. В этом случае рост грибов не прекращается до полного исчерпания источника питания, после чего погибшая колония служит источником питания для других микроорганизмов [9].

В наших исследованиях испытания материалов на грибостойкость и фунгицидные свойства проводились в соответствии с ГОСТ 9.049-91 по двум методам: 1 (без дополнительных источников питания) и 3 (на твердой питательной среде Чапека-Докса). Их сущность заключалась в выдерживании материалов, зараженных спорами плесневых грибов, в оптимальных для их развития условиях с последующей оценкой грибостойкости 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 грибостойкость. В качестве характеристики для оценки микробиологической стойкости материалов рассматривалась обрастаемость их грибами. Оценку грибостойкости проводили по пятибалльной шкале. Материал считается грибостойким, если он получает оценку от нуля до двух по методу 1 и обладает фунгицидными свойствами, если на поверхности и на краях образцов наблюдается рост грибов, оцениваемый 0 и 1 баллом.

В табл. 1 приведены полученные нами результаты исследований, показывающие сравнительные данные биологической стойкости некоторых видов вяжущих.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что из испытанных материалов только стеклощелочное вяжущее и строительные растворы на основе жидкого стекла обладают фунгицидными свойствами, которые сохраняются с течением времени при условии эксплуатации в воздушно-сухих условиях. Причиной высокой биостойкости вяжущего на основе боя стекла является повышенный уровень водородного показателя системы. Что же касается образцов строительного раствора на основе жидкого стекла, то в качестве отвердителя был использован кремнефтористый натрий, который, как известно, обладает хорошим фунгицидным действием.

Таблица 1

**Результаты исследования биостойкости вяжущих**

Материал	Метод 1	Метод 3	Результат
<i>после набора марочной прочности</i>			
Вяжущее стеклощелочное	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>после выдерживания в течение 3 месяцев в воздушно-сухих условиях</i>			
Вяжущее стеклощелочное	0	0 (R=15 мм)	фунгициден
Портландцементный камень	0	3	грибостоек
Отвержденная эпоксидная смола	2	5	грибостоек
Строительные растворы на основе жидкого стекла	0	0 (R=15 мм)	фунгициден

R – радиус зоны ингибирования роста грибов

Далее нами были проведены исследования по изучению влияния процесса старения вяжущих под воздействием агрессивных факторов окружающей среды на их биологическую стойкость. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Биостойкость вяжущих после выдерживания в агрессивной среде**

Состава	Метод 1	Метод 3	Результат
Срок экспонирования 1 месяц			
вода			
Вяжущее стеклощелочное	0	3	грибостоек
Портландцементный камень	1	4	грибостоек
Отвержденная эпоксидная смола	1	4	грибостоек
Строительные растворы на основе жидкого стекла	0	2	грибостоек
2 % раствор серной кислоты			
Вяжущее стеклощелочное	0	4	грибостоек
Портландцементный камень	2	4	грибостоек
Отвержденная эпоксидная смола	2	4	грибостоек
Строительные растворы на основе жидкого стекла	0	2	грибостоек
2 % раствор едкого натра			
Вяжущее стеклощелочное	0	2	грибостоек
Портландцементный камень	1	3	грибостоек
Отвержденная эпоксидная смола	1	4	грибостоек
Срок экспонирования 3 месяца			
вода			
Вяжущее стеклощелочное	0	2	грибостоек
Портландцементный камень	0	4	грибостоек
Отвержденная эпоксидная смола	2	5	грибостоек
Строительные растворы на основе жидкого стекла	0	0 (R = 12 мм)	фунгициден
2 % раствор серной кислоты			
Вяжущее стеклощелочное	0	3	грибостоек
Портландцементный камень	4	4	негрибостоек
Отвержденная эпоксидная смола	3	5	негрибостоек
Строительные растворы на основе жидкого стекла	0	5	грибостоек
2 % раствор едкого натра			
Вяжущее стеклощелочное	0	2	грибостоек
Портландцементный камень	0	3	грибостоек
Отвержденная эпоксидная смола	2	5	грибостоек

Полученные в ходе эксперимента результаты свидетельствуют о том, что максимальное снижение биологической стойкости материалов происходит после воздействия на них водного раствора серной кислоты. Данный факт может быть объяснен тем, что слабокислая среда, образующаяся в этом случае на поверхности материалов, является наиболее оптимальной для развития микроскопических грибов.

С целью выявления потенциальных биодеструкторов вяжущих органического и неорганического происхождения нами были проведены исследования по определению видового состава микроорганизмов, заселяющих их. Задачей исследований являлось установление количества родов грибов, способных использовать вяжущие вещества в качестве источника питания, а также определение конкретных видов – представителей данного рода.

В процессе выполнения работы установлены роды и виды грибов, поселившихся на образцах материалов за время пребывания в воздушно-сухих условиях в течение трех месяцев после набора марочной прочности. Видовой состав грибов приведен в табл. 3.

Таблица 3

**Видовой состав колоний грибов, заселяющих вяжущие при выдерживании в воздушно-сухих условиях в течение 3 месяцев**

Наименование материала	Виды грибов	Общее количество видов грибов / количество родов
Вяжущее стеклощелочное	Грибов нет	0
Портландцементный камень	<i>Aspergillus ustus</i>	1/1
Отвержденная эпоксидная смола	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus ustus</i> , <i>Penicillium nigricans</i> , <i>Mucor corticola</i>	4/3
Строительные растворы на основе жидкого стекла	Грибов нет	0

На стеклощелочном вяжущем и образцах строительного раствора на основе жидкого стекла при выдерживании в нормальных условиях в течение 3 месяцев колонии грибов не обнаружены. На портландцементном камне обнаружен 1 вид гриба – *Aspergillus ustus*. На образцах отвержденной эпоксидной смолы обнаружено 3 рода грибов (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*).

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 мицелиальные грибы *Aspergillus niger* и *Penicillium chrysogenum* [10-12]. Полученные нами результаты свидетельствуют о том, что только на поверхности образцов отвержденной эпоксидной смолы обнаружен такой вид мицелиальных грибов, как *Aspergillus niger*. На поверхностях остальных исследуемых составов данные виды вредоносных грибов не выявлены.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Смирнов В.Ф., Семичева А.С., Тарасова Н.А. и др. Исследование биодegradации ряда конструктивных материалов с целью их защиты от биокоррозии // IV Всесоюзная конференция по биоповреждениям: Тезисы докладов. – Н. Новгород, 1991. – С. 72-73.
- Соломатов В.И., Ерофеев В.Т., Фельдман М.С. Биологическое сопротивление бетонов // Изв. вузов. Строительство, 1996, № 8. – С. 44-48.
- Соломатов В.И., Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф. и др. Биологическое сопротивление материалов. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2001. – 196 с.
- Андреюк Е.И., Билай В.И., Коваль Э.З., Козлова И.А. Микробная коррозия и ее возбудители. – Киев: Наукова думка, 1980. – 288 с.
- Иванов Ф.М., Горшин С.Н., Уайт Дж. и др. Биоповреждения в строительстве. / Под ред. Ф.М. Иванова, С.Н. Горшина. – М.: Стройиздат, 1984. – 320 с.

6. Соломатов В.И., Черкасов В.Д., Ерофеев В.Т. Строительные биотехнологии и биоконпозиты. – М.: Изд-во МИИТа, 1998. – 166 с.
7. Фельдман М.С., Смирнов В.Ф., Веселов А.П. К вопросу об идентификации микромицетов-технофилов // Выделение, идентификация и хранение микромицетов и других организмов. – Вильнюс, 1990. – С. 36-40.
8. Лугаускас А.Ю. Микроскопические грибы как агенты биоповреждений // Химические средства защиты от биокоррозии. – Уфа, 1980. – С. 9-14.
9. Биоповреждения: Учеб. пособие для биолог. спец. вузов / Под ред. В.Ф. Ильичева. – М.: Высш. шк., 1987. – 352 с.
10. Билай В.И., Коваль Э.З. Грибы, вызывающие коррозию // Биологические повреждения строительных и промышленных материалов. – Киев, 1978. – С. 19-21.
11. Каневская И.Г. Биологическое повреждение промышленных материалов. – Л.: Наука, 1984. – 230 с.