

БИОЛОГИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ БЕТОНОВ

В. И. СОЛОМАТОВ, академик РААСН,
В. Т. ЕРОФЕЕВ, кандидат технических наук,
М. С. ФЕЛЬДМАН, кандидат биологических наук

В настоящее время большое внимание уделяется исследованию биологического сопротивления бетонов и разработке способов его повышения. Это обусловлено огромным ущербом, причиняемым микроскопическими организмами: бактериями, грибами, актиномицетами. Разрушающему воздействию микроорганизмов подвергаются железобетонные конструкции и изделия на пищевых, мясомолочных, животноводческих, гидротехнических и других предприятиях. Большинство имеющихся работ в области биокоррозии бетонов посвящены негативному воздействию на них бактерий (тионовых, сульфатредуцирующих, нитрифицирующих, денитрифицирующих и аммонифицирующих) [1, 5, 6, 8]. Согласно этим исследованиям, в начальный период бетоны на цементном связующем обладают бактерицидными свойствами за счет щелочной среды поровой жидкости цементного камня, но с течением времени, уже после одного года эксплуатации [8], их защитные свойства снижаются из-за карбонизации.

Существенная роль в биоповреждении принадлежит мицелиальным грибам, среди которых особенно агрессивны и широко распространены представители родов кладоспориум, альтернария, аспергиллюс, пеницилиум, триходерма [2]. Степень развития микроорганизмов на материалах определяется физическими, химическими и биологическими факторами. Основным из них, стимулирующим размножение грибов

на материалах, является влага на поверхности субстрата. Если материал имеет незначительную влажность, то сначала появляются менее требовательные к влаге грибы, а затем заселяются более влаголюбивые виды, в том числе патогенные, для которых первые микроорганизмы являются питательной средой. В некоторых промышленных сооружениях источниками биоповреждений служат накапливаемые на поверхности материалов органические продукты, используемые в производственных процессах (сахар, жиры, белковые продукты и др.), а также другие загрязнения, которые могут усваиваться микроорганизмами. Микроскопические грибы, как и другие микроорганизмы, оказывают на бетоны как прямое (потребление компонентов материалов), так и косвенное воздействие (влияние метаболитов).

Учитывая, что разрушительные процессы при воздействии микроорганизмов начинаются с поверхности материалов, важное практическое значение для количественной оценки биodeградации композитов имеют исследования, направленные на установление границы фронта продвижения агрессивной среды и изменения физико-механических свойств на поверхности материала. Нами в качестве композитов рассматривались материалы на портландцементе и напрягаемом цементе. Испытания проводились согласно ГОСТ 9049—75. Контролируемыми характеристиками были массосодержание образцов, твердость и модуль

упругости материала на его поверхности. Последние два показателя определяли с помощью консистометра Геплера по методике, описанной в работе [7]. Образцы в течение 56 суток выдерживались в среде микроскопических организмов в условиях постоянного их роста. Изменение массосодержания учитывали через каждые 14 суток экспозиции, а механические испытания были выполнены после окончания эксперимента (табл. 1).

Т а б л и ц а 1
Результаты испытаний композитов

Состав композитов, мас. ч.	Относительное изменение		
	массосодержания, %	твёрдости	модуля упругости
Портланд-цемент (М400) — 100, вода — 23	—0,323	0,43	0,23
Напрягаемый цемент (НЦ-20) — 100, вода — 29	—3,758	0,97	0,65

Результаты эксперимента свидетельствуют, что у композитов на портландцементе биодegradация протекает с образованием на поверхности образцов малорастворимых продуктов коррозии, обладающих низкой прочностью. У образцов после испытаний незначительно уменьшается массосодержание и резко выражено снижение физико-механических свойств материала на поверхности по сравнению с контрольными образцами. Композиты на напрягаемом цементе при разрушительном воздействии микроскопических организмов имеют гетерогенный характер деградации. Продвижение координаты фронта агрессивной среды у этих образцов происходит в пределах незначительной диффузионной области за счет химических реакций, что подтверждается существенным уменьшением массосодержания и близкими с контрольными показателями твёрдости и модуля упругости на поверхности.

Полученные результаты могут быть использованы для моделирования биологической деградации и прогнози-

рования работоспособности бетонов, эксплуатирующихся в биологически активных средах.

Биологическое сопротивление бетонов определяется их структурой, видом цемента и заполнителей, а также интенсивностью их контактного взаимодействия. С целью установления биологического сопротивления цементных композитов были проведены исследования в стандартных средах мицелиальных грибов. Испытывались образцы размером 1х1х3 см. В качестве характеристик для оценки микробиологической стойкости материалов рассматривали обрастаемость грибами, а также изменение массосодержания и прочности при изгибе. Исследования показали, что при увеличении пористости цементного камня происходит резкое падение прочности композитов после воздействия мицелиальных грибов (табл. 2).

Т а б л и ц а 2
Биологическое сопротивление цементных композитов

Состав композитов, мас. ч.	Относительное изменение предела прочности образцов при изгибе	Длительность выдерживания в среде, сут
Цемент — 100, вода — 30	0,93	30
Цемент — 100, вода — 40	1,00	30
Цемент — 100, вода — 50	0,97	30
Цемент — 100, вода — 60	0,50	30
Цемент — 100, вода — 60, отходы производства ферросилиция — 10	0,98	90
Цемент — 100, вода — 60, эпоксидная смола — 5, аминосланцефенольный отвердитель — 5	0,95	90

Факт снижения прочности композитов с повышением или понижением содержания воды от оптимального уровня объясняется увеличением пло-

Т а б л и ц а 3

Устойчивость цементных композитов
к действию микромицетов

Состав цементных композитов, мас. ч.	Степень рос- та грибов, баллы, по методу		Характерис- тика по ГОСТу
	А	Б	
Портланд- цемент — 100, вода — 30	0	3	Грибостойкий.
Шлакопорт- ландце- мент — 100, вода — 28,6	0	3	—«—
Напрягаемый цемент (НЦ-20) — 100, вода — 28,6	2	4	—«—
Пластифици- рованный це- мент — 100, вода — 26,8	0	3	—«—
Цемент низ- кой водопотреб- ности — 100, вода — 23	0	4	—«—

щади поражаемой поверхности продуктами метаболизма грибов у более пористых материалов. Эти результаты подтверждаются и другими исследователями. Например, в работе [5] показано, что инфицирование бактериальной суспензией крупнопористого цементного раствора по сравнению с плотными возрастает в 12 — 17 раз. Опыты авторы производили с композитами при водоцементном отношении 0,4, 0,6, 0,8. При этом с увеличением данного показателя капиллярная пористость цементного камня возросла с 18 до 51,9 %. К резкому повышению стойкости привело введение в состав цементных композитов тонкодисперсного наполнителя — отходов производства ферросилиция и полимерной добавки, состоящей из эпоксидного связующего и аминосланцефенольного отвердителя (см. табл. 2). Эти добавки оказывают благоприятное влияние на процесс структурообразования и характер пористости цементного камня. Отходы производства ферросилиция в основном состоят из аморфного кремнезема, который, взаимодействуя с гидроксидом кальция, способствует образованию дополнительного количества низкоосновных гидросиликатов кальция, что вызывает уплотнение цементного камня. Полимерная добавка наряду со снижением пористости цементного камня улучшает его структуру за счет образования взаимопроникающих фаз полимера и цемента, что повышает его устойчивость в агрессивных средах метаболитов.

Для получения бетонов используют цементы, наполнители и заполнители разного химического состава. Устойчивость к обрастанию композитов на основе различных цементов из равноподвижных составов при выдерживании в стандартных средах микроскопических грибов показана в табл. 3.

Результаты, приведенные в табл. 3, показывают, что без дополнительных источников питания цементные композиты являются грибостойкими. Все композиты, за исключением образцов на напрягаемом цементе, при испытании по методу А показали результат

0 баллов. Большей поражаемости грибами композитов этого вида способствует, видимо, один из его составных компонентов — глиноземистый цемент, который содержит элементы, усваиваемые микромицетами. Результаты исследований также свидетельствуют, что при наличии внешних загрязнений цементные композиты поражаются грибами.

Важная роль в совершенствовании технологии приготовления растворов и бетонов, экономии цемента принадлежит пластифицирующим и другим химическим добавкам. Испытания показали, что введение в состав цементных композитов технического лигносульфоната, суперпластификатора на основе нафталинсульфоокислоты (С-3), смолы нейтрализованной воздухововлекающей в количествах до 1 % от массы цемента не привело к изменению устойчивости материалов к обрастанию микроскопическими грибами.

Исследованные заполнители для цементных бетонов проявили различную устойчивость к воздействию микромицетов (табл. 4).

Т а б л и ц а 4
Устойчивость минералов и горных пород
к действию микромицетов

Вид мине- рала, горной породы	Степень рос- та грибов, баллы, по методу		Характерис- тика по ГОСТу
	А	Б	
Пирит	1	5	Грибостойкий
Кварц	1	5	—«—
Лимонит	2	5	—«—
Боксит	1	5	—«—
Кальцит	1	4	—«—
Доломит	3	5	Негрибостойкий
Гипс	3	5	—«—
Апатит	2	4	Грибостойкий
Биотит	2	5	—«—
Тальк	1	5	—«—
Альбит	4	5	Негрибостойкий
Дунит	1	5	Грибостойкий
Габбро	3	5	Негрибостойкий
Базальт	0	4	Грибостойкий
Диорит	2	5	—«—
Сиеенит	3	5	Негрибостойкий

В отсутствие внешних загрязнений не поражались плесневыми грибами лишь образцы базальта — 0 баллов. На образцах дунита, боксита, кварца, талька, пирита, кальцита под микроскопом наблюдалось развитие отдельных ветвящихся гиф — 1 балл (материалы грибостойки). Ветвящиеся гифы и спороношения при изучении под микроскопом отмечены на биотите, лимоните, диорите, апатите — 2 балла (материалы грибостойки). Едва видимые невооруженным глазом мицелиальные гифы и спороношения обнаружены на образцах сиеенита, доломита, габбро и гипса — 3 балла (материалы негрибостойки). Отчетливо видимый мицелий и спороношения, занимающие менее 25 % поверхности образцов, зафиксированы на альбите. Этот материал также является негрибостойким (4 балла). Испытания показали, что все рассмотренные заполнители не обладают фунгицидными свойствами. Обрастаемость материалов при испытании по методу Б составила 4 — 5 баллов, причем очень сильное развитие мицелия, полностью заполняющего образец, наблюдалось на биотите, лимоните, гипсе.

Биосопротивление композитов в значительной степени определяется ин-

тенсивностью контактного взаимодей-
ствия между связующим и заполните-
лем. Это следует из результатов испы-
тания биостойкости каркасных поли-
мербетонов [2]. При одинаковой обра-
стаемости самое малое падение проч-
ности произошло у материалов на ке-
рамзите, а наибольшее — на гранит-
ном щебне. Промежуточное положение
по показателю биостойкости соответ-
ствует материалам на полимерном за-
полнителе. Здесь, видимо, сказывается
роль структурных напряжений. В
контактах с высокими их значениями
(случай с жестким заполнителем) об-
легчается проникновение продуктов
метаболизма микроорганизмов.

Поселяясь на поверхности строи-
тельных конструкций, микрооргани-
змы наряду с разрушающим воздейст-
вием приводят к ухудшению экологи-
ческой ситуации в зданиях и сооруже-
ниях, так как выделяют токсические
продукты, аллергены. Например, в ра-
боте [4] отмечается, что в животновод-
ческих зданиях, строительные конст-
рукции и изделия в которых инфици-
рованы патогенными микроорганизма-
ми, снижаются приросты, отмечается
гибель животных, а медицинские
учреждения, зараженные стафилокок-
ковой инфекцией, пригодны к эксплуа-
тации только после проведения ре-
монтных работ, заключающихся в за-
мене зараженного слоя штукатурки
новым.

Одним из основных способов подав-
ления обрастания бетонов микроскопи-
ческими грибами является введение в
их состав фунгицидных добавок, в ос-
нове токсического действия которых
лежит способность ингибировать опре-
деленные реакции метаболизма гри-
бов, угнетать дыхание, нарушать их
клеточные структуры. С целью полу-
чения таких бетонов было исследовано
большое количество добавок органи-
ческой и неорганической природы. С
точки зрения фунгицидной активности,
а также положительного влияния на
некоторые физико-механические свой-
ства бетонов эффективны добавки пи-
росульфата натрия и оловоорганиче-
ского препарата АБП-40, синтезирован-

Таблица 5
Устойчивость цементных композитов
с добавками к действию микромицетов

Вид фунги- цида	Со- дер- жание добав- ки, мас. ч.	Степень роста грибов, баллы, по методу		Характе- ристика по ГОСТу
		А	Б	
		0	3	Грибостойкий
Пиросульфат натрия	1	0	3	—« Фунгицидный
	2	0	0	
	3	0	0	—«—
ЛБН-40	0,5	0	0	—«—
	1,0	0	0	—«—
	3,0	0	0	—«—
			(ф. з. — 5 мм)	
			(ф. з. — 15 мм)	
			(ф. з. — 12 мм)	
			(ф. з. — 15 мм)	
			(ф. з. — 20 мм)	

Примечание: ф. з. — фунгицидная зона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гончаров В. В. Бицидные строительные растворы и бетоны // Бетон и железобетон. 1984. № 3. С. 26 — 27.
2. Ерофеев В. Т. Каркасные строительные композиты: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. М., 1993. 52 с.
3. Заботин К. П. Полимерные биоциды // Обращение и биокоррозия в водной среде. М., 1981. С. 188 — 194.
4. Ильичев В. Д., Бочаров Б. В., Горленко М. В. Экологические основы защиты от биоповреждений. М.: Наука, 1985. 262 с.
5. Инфицирование капиллярно-пористых материалов микроорганизмами / А. М. Рожанская, В. В. Гончаров, Т. В. Теплицкая, Е. П. Андреюк // Докл. АН УССР. 1988. № 12. С. 60 — 62.
6. Каравайко Г. И., Жеребятнева Т. В. Бактериальная коррозия бетона // Докл. АН СССР. 1989. Т. 306, № 2. С. 477 — 481.
7. Методика определения физико-механических свойств полимерных композитов путем внедрения конусообразного индентора / НИИ Госстроя Эстонской ССР. Таллин, 1983. 28 с.
8. Шпынова Л. Г., Иваськевич И. А. Бактерицидный бетон // Бетон и железобетон. 1985. № 8. С. 29 — 30.

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ СОЦИАЛЬНОГО ЗАКАЗА НА ФОРМИРОВАНИЕ В МОРДОВИИ АРХИТЕКТУРЫ НОВОЙ МАССОВОЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ

В. Ф. ВАВИЛИН, доктор исторических наук

В условиях радикальной перестройки нашего общества определенный интерес представляет изучение проблем формирования в Мордовии новой мас-

сового жилой застройки на стыке архитектуры с социологией, этнологией и политологией, хотя в большинстве выполняемых архитектурно-градострои-

тельного в НИИ химии при Нижегородском университете. Фунгицидная активность пиросульфата натрия проявляется за счет окислительной способности данного соединения. Механизм фунгицидного действия оловоорганических полимеров включает реакцию гидролитического отщепления оловоорганического биоцида от полимерного каркаса и диффузию на поверхность низкомолекулярного оловоорганического соединения, обуславливающего ее биологическую активность [3]. Результаты испытания композитов с данными добавками приведены в табл. 5.

Применение бетонов с фунгицидными свойствами повышает долговечность строительных конструкций и исключает размножение на их поверхности и в воздушной среде патологически вредных микроорганизмов, что способствует улучшению экологической ситуации в зданиях и сооружениях.