

УДК 69.034.092

**В. Т. Ерофеев, С. В. Казначеев, А. Д. Богатов, В. А. Спирин, Д. А. Светлов,  
С. Н. Богатова**

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИТОВ,  
МОДИФИЦИРОВАННЫХ БИОЦИДНЫМИ ПРЕПАРАТАМИ НА ОСНОВЕ ГУАНИДИНА,  
В МОДЕЛЬНОЙ СРЕДЕ МИЦЕЛИАЛЬНЫХ ГРИБОВ**

Исследована стойкость цементных композитов в модельной смеси продуктов метаболизма мицелиальных грибов. Использовался план Коно, состоящий из 13 опытов. Установлено влияние вида добавки на основе гуанидина и состава модельной среды на стойкость цементных композитов. Выделены самые неблагоприятные сочетания компонентов агрессивной среды.

Ключевые слова: мицелиальные грибы, метаболизм, модельная среда, стойкость композитов, математическое планирование.

Stability of cement composite in model mixture of products of the metabolism micelial mushroom is explored. Plan Kono, consisting of 13 experiences was used. The influence of the type of the additive on base guanidine and composition of the model ambience on stability cement composite is installed. The combinations component aggressive ambience are chosen for each composition.

Key words: micelial mushrooms, metabolism, model ambience, stability of composites, mathematical planning.

В последние годы происходит существенное изменение среды обитания человека. Все более активно прогрессируют процессы биоповреждения строительных материалов и изделий. Это чаще всего происходит в зданиях, где имеются технологические среды, служащие питательной средой для микроорганизмов. Биологическая коррозия становится определяющим фактором надежности и долговечности зданий и сооружений различного назначения. В этой связи проблема создания строительных композиционных материалов с высокой биологической стойкостью стала крайне актуальной.

Известно, что в процессе жизнедеятельности микроорганизмы выделяют органические и неорганические кислоты, воду и ферменты, которые оказывают разрушающее воздействие на различные материалы. Основные процессы разрушения обусловлены действием кислот. Их перечень весьма обширен: от сильных минеральных (серной и азотной) до органических, как многоатомных (гуминовых, пировиноградной), так и более простых по структуре (уксусная, молочная, винная, щавелевая, яблочная, лимонная). Вероятность биологических повреждений природных каменных материалов, искусственных неорганических — бетонов и растворов различного вида на неорганических вяжущих, керамических и других материалов, — как правило, обусловлена воздействием на них продуктов метаболизма микроорганизмов. Согласно данным З. А. Турковой, среду мицелиальных грибов можно моделировать водным раствором органических кислот и перекиси водорода. Известно, что одним из эффективных методов повышения биологического сопротивления строительных материалов и конструкций и способов борьбы против биопоражения зданий и сооружений являются биозащитные препараты, вводимые в состав композиционных материалов или применяемые в качестве поверхностных обработок. Одними

из эффективных модифицирующих добавок, способствующих повышению стойкости строительных композитов в условиях воздействия биологических агрессивных сред и позитивно влияющих на физико-механические свойства получаемых материалов, являются препараты на основе гуанидина [1, 2].

Из большого разнообразия строительных материалов наиболее широко используемыми являются цементные связующие, находящие применение при изготовлении растворов и бетонов различных видов. Нами изучено влияние биоцидного препарата на основе гуанидина и состава модельной агрессивной среды на основе перекиси водорода, лимонной и щавелевой кислот на прочностные свойства и коррозионную стойкость цементных композитов.

При выполнении исследований в качестве вяжущего использовался бездобавочный портландцемент М500 ОАО «Мордовцемент», а в качестве добавок — препараты, выпускаемые в промышленном масштабе под марками «Тефлекс Антиплесень», «Тефлекс Антисоль смывка», «Тефлекс Реставратор», содержащие полигексаметиленгуанидин в концентрации 1...5 %, и полифункциональные добавки (ТУ 23-86-003-23170704—99). В качестве предполагаемых агентов химической коррозии, вызываемой воздействием продуктов жизнедеятельности микроорганизмов, нами были использованы комбинации лимонной и щавелевой кислот, а также перекиси водорода с концентрацией до 5 %. Исследования проведены методами математического планирования эксперимента. В качестве матрицы планирования использовали план Коно, состоящий из 13 опытов. Варьируемыми факторами служили:  $X_1$  — концентрация лимонной кислоты;  $X_2$  — концентрация щавелевой кислоты;  $X_3$  — концентрация перекиси водорода. Матрица планирования и рабочая матрица приведены в табл. 1.

Таблица 1

*Матрица планирования и рабочая матрица модельной среды*

№ опыта	Матрица планирования			Рабочая матрица, %		
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	Лимонная кислота	Щавелевая кислота	Перекись водорода
1	0	+1	+1	2,5	5	5
2	+1	0	+1	5	2,5	5
3	-1	0	+1	0	2,5	5
4	0	-1	+1	2,5	0	5
5	+1	+1	0	5	5	2,5
6	-1	+1	0	0	5	2,5
7	0	0	0	2,5	2,5	2,5
8	+1	-1	0	5	0	2,5
9	-1	-1	0	0	0	2,5
10	0	+1	-1	2,5	5	0
11	+1	0	-1	5	2,5	0
12	-1	0	-1	0	2,5	0
13	0	-1	-1	2,5	0	0

Образцы в средах были выдержаны в течение 90 сут. Коэффициент химической стойкости определяли по формуле

$$K_{x.c} = R_t / R_0,$$

где  $R_0$  и  $R_t$  — соответственно прочность образцов до выдерживания и после выдерживания в среде.

Результаты эксперимента приведены в табл. 2.

После статистической обработки результатов эксперимента получены уравнения регрессии, связывающие зависимости изменения прочности цементных композитов с составом модельной среды.

Для композитов, содержащих препарат «Тефлекс Антиплесень»,

$$K_4 = 0,793 - 0,003X_1 - 0,022X_2 + 0,045X_3 + 0,017X_1^2 + 0,125X_1X_2 + 0,074X_1X_3 - 0,042X_2^2 - 0,111X_2X_3 - 0,026X_3^2. \quad (1)$$

Таблица 2

*Коэффициент стойкости цементного камня в агрессивных средах в зависимости от вида биоцидного препарата*

№ опыта	Коэффициент стойкости композитов, усл. ед.		
	«Тефлекс Антиплесень»	«Тефлекс Антисоль смывка»	«Тефлекс Реставратор»
1	0,633	0,652	0,669
2	0,866	0,785	0,662
3	0,735	0,733	0,861
4	0,968	0,940	0,897
5	0,907	0,702	0,704
6	0,653	0,806	0,917
7	0,793	0,936	0,710
8	0,633	0,661	0,619
9	0,880	0,853	0,801
10	0,705	0,966	0,728
11	0,686	0,632	0,578
12	0,851	0,702	0,898
13	0,597	0,684	0,665

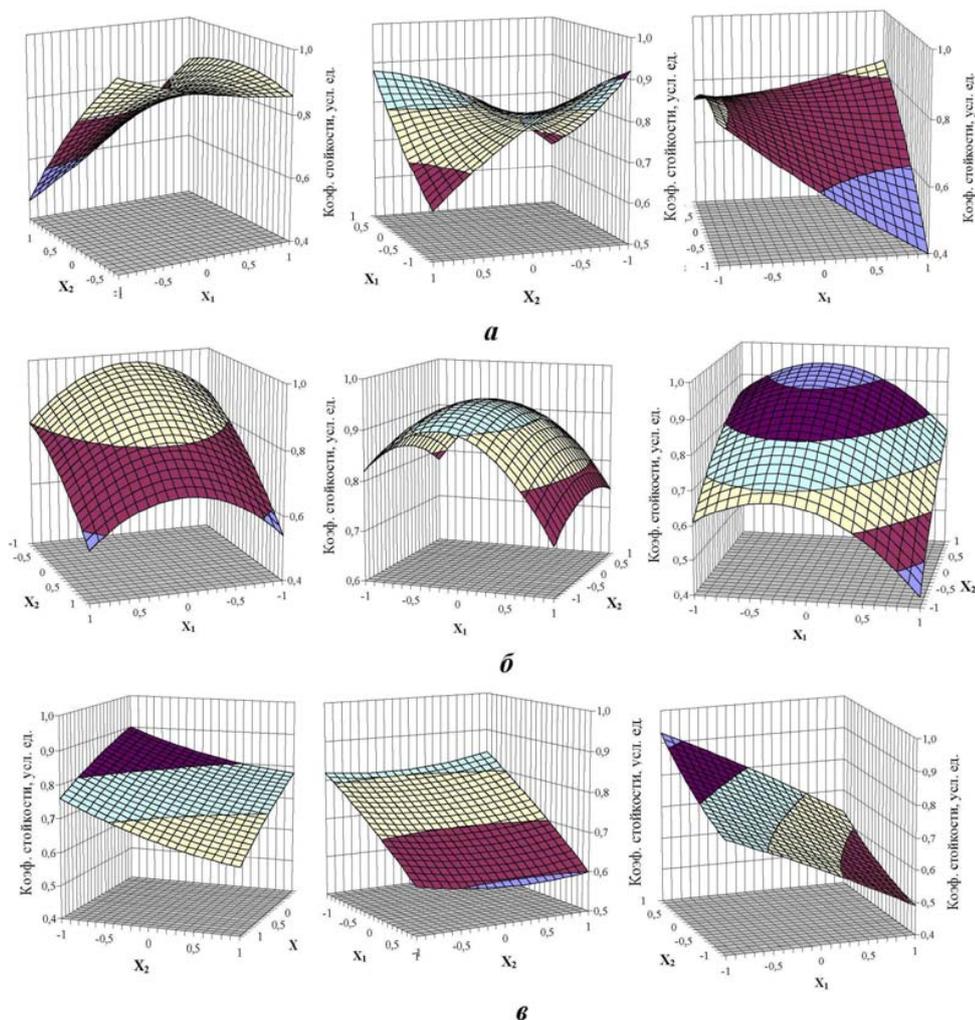
Для композитов, содержащих препарат «Тефлекс Антисоль смывка»,

$$K_5 = 0,936 - 0,039X_1 - 0,001X_2 + 0,016X_3 - 0,139X_1^2 + 0,022X_1X_2 + 0,03X_1X_3 - 0,042X_2^2 - 0,142X_2X_3 - 0,084X_3^2. \quad (2)$$

Для композитов, содержащих препарат «Тефлекс Реставратор»,

$$K_6 = 0,71 - 0,114X_1 + 0,004X_2 + 0,028X_3 + 0,03X_1^2 - 0,008X_1X_2 + 0,03X_1X_3 + 0,02X_2^2 - 0,073X_2X_3 + 0,01X_3^2. \quad (3)$$

Графически изменения прочности цементных композитов в зависимости от вида модифицирующей добавки и состава модельной среды на основе лимонной и щавелевой кислот и перекиси водорода, построенные по результатам статистической обработки полученных экспериментальных данных, приведены на рис.



Уровни варьирования содержания перекиси водорода:

$X_3 = +1$  (5%-я концентрация);  $X_3 = 0$  (2,5%-я концентрация);  $X_3 = -1$  (0 %).

Изменение коэффициента стойкости цементных композитов, модифицированных препаратом «Тефлекс Антиплесень» (а), «Тефлекс Антисоль смывка» (б), «Тефлекс Реставратор» (в) в зависимости от состава модельной среды на основе перекиси водорода, лимонной и щавелевой кислот:  $X_1$  — концентрация лимонной кислоты (0...5 %);  $X_2$  — концентрация щавелевой кислоты (0...5 %)

Анализируя графики, можно выделить самые неблагоприятные сочетания компонентов агрессивной среды, при которых происходит наибольшее понижение прочностных показателей композитов. Такими сочетаниями являются:

2,5%-й раствор лимонной кислоты при применении препарата «Тефлекс Антиплесень» и сочетание 5%-й лимонной и 2,5%-й щавелевой кислот при применении препаратов «Тефлекс Антисоль смывка» и «Тефлекс Реставратор».

Из графиков также следует, что для увеличения стойкости (по самому низкому показателю в пределах варьирования факторов) в качестве модифицирующей добавки предпочтительнее вводить «Тефлекс Антисоль смывка». Композиты, модифицированные данным препаратом, имеют коэффициент стойкости в наиболее агрессивных модельных средах мицелиальных грибов на 9 и 13 % выше, чем при применении добавок «Тефлекс Реставратор» и «Тефлекс Антиплесень» соответственно.

Таким образом, результатами исследований подтверждено, что использование биоцидных добавок на основе гуанидина приводит к повышению стойкости композиционных материалов к воздействию биологически агрессивных сред. Установлено положительное влияние введения препаратов на основе гуанидина на прочностные свойства цементных композитов при воздействии биологических агрессивных сред.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Защита зданий и сооружений биоцидными препаратами на основе гуанидина от микробиологических повреждений : учебное пособие / В. Т. Ерофеев, В. Ф. Смирнов, Д. А. Светлов [и др.] ; под общ. ред. В. Т. Ерофеева и Д. А. Светлова. Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2010. 164 с.

2. Биоцидные цементные композиты с добавками, содержащими гуанидин / В. Т. Ерофеев, С. В. Казначеев, А. Д. Богатов [и др.] // Приволжский научный журнал. 2010. № 4 (16). С. 87—93.

1. Zashchita zdani i sooruzheni biotsidnymi preparatami na osnove guanidina ot mikrobiologicheskikh povrezhdeni : uchebnoe posobie / V. T. Yerofeev, V. F. Smyrnov, D. A. Svetlov [i dr.] ; pod obshch. red. V. T. Yerofeevea and D. A. Svetlova. Saransk : Izd-vo Mordov. un-ta, 2010. 164 s.

2. Biotsidnye tsementnye kompozity s dobavkami, soderzhashchimi guanidin / V. T. Yerofeev, S. V. Kaznacheev, A. D. Bogatov [i dr.] // Privolzhskiy nauchny zhurnal. 2010. 4(16) S. 87—93.

© Ерофеев В. Т., Казначеев С. В., Богатов А. Д., Спирин В. А., Светлов Д. А., Богатова С. Н., 2012

Поступила в редакцию  
в феврале 2012 г.

Ссылка для цитирования:

Исследование стойкости цементных композитов, модифицированных биоцидными препаратами на основе гуанидина, в модельной среде мицелиальных грибов / В. Т. Ерофеев, С. В. Казначеев, А. Д. Богатов, В. А. Спирин, Д. А. Светлов, С. Н. Богатова // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2012. Вып. 1(20).