

УДК 69.034.092

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

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК НА ОСНОВЕ ГУАНИДИНА НА СТОЙКОСТЬ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИТОВ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ МОДЕЛЬНОЙ БАКТЕРИАЛЬНОЙ СРЕДЫ

Проведено изучение стойкости цементных композитов, модифицированных препаратами, содержащими гуанидин, в модельной смеси веществ, являющихся продуктами метаболизма бактерий. Установлено влияние вида добавки и состава модельной среды на стойкость. Выделены самые неблагоприятные сочетания компонентов агрессивной среды.

К л ю ч е в ы е с л о в а : метаболизм бактерий, модельная среда, стойкость, планирование эксперимента.

The authors carried out the study of the concrete composites resistance, modified by preparations containing guanidine, in a model mixture of materials being the products of bacterial metabolism. The authors determined the influence of the admixture type and the composition of the model environment on the resistance. The most unfavorable combinations of the components of aggressive environment are specified.

Key words: metabolism of bacteria, model environment, resistance, planning of experiments.

Проблема получения строительных композиционных материалов с высокой коррозионной стойкостью в последние годы стала крайне актуальной. Наряду с коррозией, вызываемой химически агрессивными средами, все более активно прогрессируют процессы биоповреждений, которым подвержены практически все строительные материалы. На увлажненных или погруженных в жидкость материалах и изделиях (коллекторы, трубопроводы, конструкции подземных сооружений и т. д.) развиваются бактерии.

Вероятность биологических повреждений неорганических материалов — естественного камня, бетонов различного вида на цементных и других вяжущих, керамики и т. д., — как правило, обусловлена воздействием продуктов метаболизма микроорганизмов. Наиболее активными коррозионными агентами являются тионовые, сульфатредуцирующие и нитрифицирующие бактерии, создающие кислые агрессивные среды. Как правило, биоповреждения бетона за счет продуктов метаболизма микроорганизмов начинаются с поверхности и идут вглубь, так же как и при погружении бетона в жидкую агрессивную среду. Цементные бетоны имеют ограниченное сопротивление воздействию продуктов метаболизма различных бактерий. В результате жизнедеятельности тионовых и нитрифицирующих микроорганизмов создаются агрессивные коррозионные среды за счет накопления серной и азотной кислот — конечных продуктов их метаболизма. Трансформация серы и ее соединений, содержащихся в природных каменных материалах, осуществляется некоторыми видами тионовых бактерий. Продуктом этих реакций является серная кислота, подкисляющая среду и создающая необходимый pH для оптимального развития тионовых бактерий. В результате деятельности нитрифицирующих бактерий образуется азотная кислота за счет окисления аммиака, происходящего в две фазы. В первой аммиак окисляется до азотистой кислоты, вторая сопро-

воздается ее окислением до азотной. Агрессивность неорганических кислот, таких как серная, азотная и др., объясняется тем, что содержащаяся в бетоне гидроокись кальция как сильное основание легко реагирует с ними, образуя соль; вступает в реакцию со всеми кислотами и карбонат кальция. Силикаты и алюмосиликаты кальция также способны вступать в реакцию при действии на бетон сильных кислот. С учетом вышесказанного изучение стойкости композиционных строительных материалов в смеси веществ, являющихся продуктами метаболизма бактерий, представляет значительный интерес.

В ходе проведения экспериментальных исследований нами были использованы сочетания неорганических веществ низкой концентрации, воздействие которых на композиционные материалы позволяло бы достаточно точно моделировать процессы биологической коррозии, происходящей при воздействии продуктов метаболизма микроорганизмов. В качестве предполагаемых агентов химической коррозии, вызванной воздействием продуктов жизнедеятельности бактерий, в эксперименте нами были использованы комбинации серной и азотной кислот и аммиака с концентрацией до 2 %. Образцы в средах были выдержаны в течение 90 сут. Коэффициент химической стойкости определяли по формуле

$$K_{\text{х.с}} = R_t / R_0,$$

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

Исследования проведены с применением методов математического планирования эксперимента. В качестве матрицы планирования использовали план Коно, состоящий из 13 опытов. Варьируемыми факторами служили: X_1 — концентрация серной кислоты; X_2 — концентрация азотной кислоты; X_3 — концентрация аммиака. Матрица планирования и рабочая матрица приведены в табл. 1.

Таблица 1

Матрица планирования и рабочая матрица модельной бактериальной среды

№ опыта	Матрица планирования			Рабочая матрица, %		
	X_1	X_2	X_3	H_2SO_4	HNO_3	NH_3
1	0	+1	+1	1	2	2
2	+1	0	+1	2	1	2
3	– 1	0	+1	0	1	2
4	0	– 1	+1	1	0	2
5	+1	+1	0	2	2	1
6	– 1	+1	0	0	2	1
7	0	0	0	1	1	1
8	+1	– 1	0	2	0	1
9	– 1	– 1	0	0	0	1
10	0	+1	– 1	1	2	0
11	+1	0	– 1	2	1	0
12	– 1	0	– 1	0	1	0
13	0	– 1	– 1	1	0	0

В качестве материала для исследования использовались цементные композиты на основе бездобавочного портландцемента М500 ОАО «Мордовцемент», удовлетворяющего требованиям ГОСТ 10178—88. Готовились равноподвижные смеси с модифицирующими добавками, в качестве которых использовались препараты на основе гуанидина, выпускаемые в промышленном масштабе под марками «Тефлекс Антиплесень», «Тефлекс Антисоль смывка», «Тефлекс Реставратор». Данные добавки содержат полигексаметиленгуанидин в концентрации 1...5 %, способствуют повышению биостойкости строительных композитов и позитивно влияют на их физико-механические свойства [1, 2]. Результаты эксперимента приведены в табл. 2.

Таблица 2

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

№ опыта	Коэффициент стойкости, усл. ед.		
	«Тефлекс Антиплесень»	«Тефлекс Антисоль смывка»	«Тефлекс Реставратор»
1	0,945	0,963	0,706
2	0,961	0,758	0,647
3	0,693	0,864	0,895
4	0,868	0,904	0,851
5	0,918	0,753	0,805
6	0,646	0,893	0,947
7	0,919	0,883	0,739
8	0,961	0,733	0,889
9	0,783	0,711	0,867
10	0,759	0,860	0,712
11	0,643	0,915	0,669
12	0,925	0,741	0,681
13	0,894	0,935	0,688

После проведения статистической обработки результатов эксперимента получены уравнения регрессии, связывающие зависимости изменения коэффициента стойкости цементных композитов от состава модельной среды на основе минеральных кислот и аммиака.

Для композитов, содержащих препарат «Тефлекс Антиплесень»:

$$K_1 = 0,919 + 0,054X_1 - 0,03X_2 + 0,031X_3 - 0,077X_1^2 + 0,024X_1X_2 + 0,138X_1X_3 - 0,016X_2^2 + 0,053X_2X_3 - 0,037X_3^2. \quad (1)$$

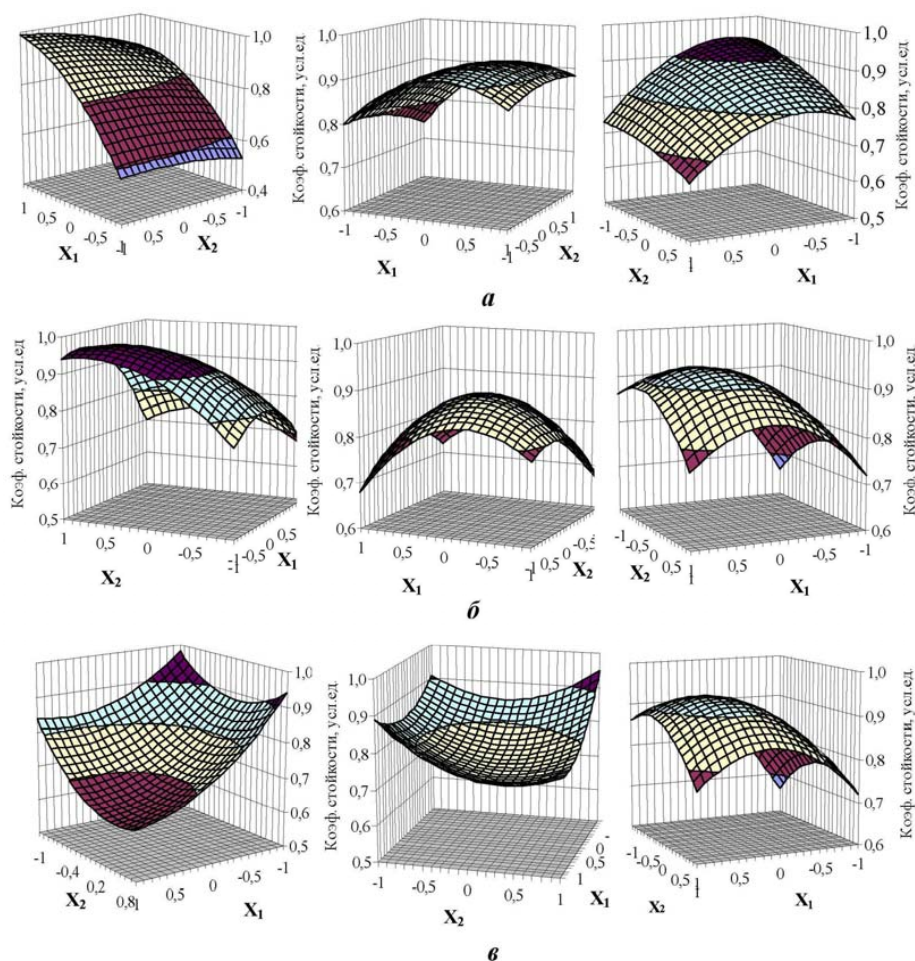
Для композитов, содержащих препарат «Тефлекс Антисоль смывка»:

$$K_2 = 0,883 - 0,006X_1 + 0,023X_2 + 0,005X_3 - 0,103X_1^2 - 0,0415X_1X_2 - 0,070X_1X_3 - 0,007X_2^2 + 0,034X_2X_3 + 0,040X_3^2. \quad (2)$$

Для композитов, содержащих препарат «Тефлекс Реставратор»:

$$K_3 = 0,739 - 0,047X_1 - 0,016X_2 + 0,044X_3 + 0,061X_1^2 - 0,041X_1X_2 - 0,059X_1X_3 + 0,077X_2^2 - 0,042X_2X_3 - 0,077X_3^2. \quad (3)$$

Графические зависимости изменения коэффициента стойкости цементных композитов от состава модельной среды и вида вводимой модифицирующей добавки приведены на рис.



Уровни варьирования содержания аммиака:

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

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 аммиака, серной и азотной кислот: X_1 — концентрация серной кислоты (0...2 %); X_2 — концентрация азотной кислоты (0...2 %)

Анализ графиков позволяет выделить самые неблагоприятные сочетания компонентов агрессивной среды, при которых происходит наибольшее понижение прочностных показателей композитов. Такими сочетаниями для компо-

зитов с модификаторами являются: $X_1 = 2\%$, $X_2 = 1\%$, $X_3 = 0\%$ при применении препарата «Тефлекс Антиплесень»; $X_1 = 1\%$, $X_2 = 2\%$, $X_3 = 0\%$ при применении препарата «Тефлекс Антисоль смывка»; $X_1 = 2\%$, $X_2 = 0\%$, $X_3 = 1\%$ при применении препарата «Тефлекс Реставратор».

Из графиков также следует, что для увеличения стойкости (по самому низкому показателю в пределах варьирования факторов) в качестве модифицирующих добавок предпочтительнее использовать «Тефлекс Антиплесень» и «Тефлекс Антисоль смывка», так как коэффициент стойкости композитов в большинстве модельных бактериальных сред при их введении выше, чем при использовании препарата «Тефлекс Реставратор» или бездобавочных, до 32 %.

Таким образом, методами математического планирования эксперимента изучено влияние вида добавки и состава модельной агрессивной среды на основе минеральных кислот и аммиака на стойкость цементных композитов, модифицированных биоцидными добавками на основе гуанидина.

Установлено, что использование биоцидных добавок на основе гуанидина приводит к повышению стойкости цементных композитов к воздействию агрессивных сред, моделирующих продукты жизнедеятельности микроорганизмов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исследование физико-технических свойств цементных композитов с биоцидной добавкой «Тефлекс» / Д. А. Светлов, В. А. Спирин, С. В. Казначеев [и др.] // Транспортное строительство. 2008. № 2. С. 21—23.

2. Защита зданий и сооружений от биоповреждений биоцидными препаратами на основе гуанидина / под ред. П. Г. Комохова, В. Т. Ерофеева, Г. Е. Афиногенова. СПб. : Наука, 2009. 192 с.

1. Issledovanie fiziko-tekhnicheskikh svoystv tsementnykh kompozitov s biotsidnoy dobavkoy "Tefleks" / D. A. Svetlov, V. A. Spirin, S. V. Kaznacheev [i dr.] // Transportnoe stroitelstvo. 2008. № 2. S. 21—23.

2. Zashchita zdani i sooruzheni ot biopovrezhdeni biotsidnymi preparatami na osnove guanidina / pod red. P. Komokhova, V. T. Yerofeev, E. Afinogenova. SPb. : Nauka, 2009. 164 s.

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

Поступила в редакцию
в феврале 2012 г.

Ссылка для цитирования:

Влияние добавок на основе гуанидина на стойкость цементных композитов в условиях воздействия модельной бактериальной среды / С. В. Казначеев, В. Т. Ерофеев, А. Д. Богатов, В. А. Спирин, Д. А. Светлов, С. Н. Богатова // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2012. Вып. 1(20).