

**БИОСТОЙКОСТЬ КАРБОНАТНО-КВАРЦЕВЫХ КОМПОЗИТОВ****anna19811981@mail.ru**

Одним из эффективных способов улучшения свойств цементных композитов является применение при их изготовлении комплексных добавок, состоящих из мелкого и тонкозернистого наполнителя. При оптимальном соотношении наполнителей различной дисперсности достигается, наряду с улучшением упругопрочностных свойств, снижение пористости и повышение долговечности. Статья посвящена исследованию долговечности карбонатно-кварцевых композитов в условиях воздействия микробиологической среды, состоящей из мицелиальных грибов. Рассмотрены цементные композиты, наполненные добавками различной дисперсности – кварцем, известняком и доломитом. Задача решалась с помощью симплекс–решетчатого плана Шеффе. Исследована обрастаемость материалов мицелиальными грибами по ГОСТ 9049-91 методами 1 и 3. Рассмотрение обрастаемости материалов, содержащих мононаполнители, показывает, что в меньшей степени обрастают мицелиальными грибами композиции, наполненные органомным известняком. Этот же наполнитель, а также доломитовый приводят к большему повышению биостойкости композиций с бипарным наполнителем.

**Ключевые слова:** биостойкость, наполненные композиты, известняки, доломит, кварц; симплекс–решетчатый план, грибостойкость, фунгицидность, карбонатно-кварцевые композиты.

**Введение.** Для экономии вяжущих и регулирования физико-технических свойств композиционных строительных материалов используются порошкообразные и волокнистые наполнители.

Наполнители в цементных системах делятся на активные и инертные. При этом первые способны вступать в химическое взаимодействие с продуктами гидратации цемента.

Из многочисленных исследований отечественных и зарубежных авторов следует, что одним из эффективных способов улучшения свойств цементных композитов является применение при их изготовлении комплексных добавок, состоящих из мелкого и тонкозернистого наполнителя [1, 2, 3]. При их оптимальном соотношении достигается, наряду с улучшением упругопрочностных свойств, снижение пористости и повышение долговечности.

В последнее время актуальными являются исследования биостойкости цементных композитов [4, 5, 6, 7].

**Основная часть.** Исследования биостойкости цементных композитов проведены по ГОСТ 9049-91 с применением симплекс–решетчатого плана Шеффе.

Прочность наполненной цементной системы – результат синтеза процессов химического, физико-химического, физико-механического взаимодействия, в которых наполнитель принимает самое активное участие. Химически активные наполнители реагируют с продуктами гидратации цемента, связывая их в нерастворимые соединения. Кремнеземистые наполнители, вступая во взаимодействие с гидроксидом каль-

ция ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), образуют низкоосновные гидросиликаты, а карбонаты кальция и магния взаимодействуя с алюмосодержащими клинкерными минералами, образуют комплексные соединения типа  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Ca}(\text{Mg})\text{CO}_3 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$ . Выявлена также возможность обменных реакций между карбонатными наполнителями и гидросиликатами кальция [1, 12].

В ряде работ [1, 12] отмечалось, что применение карбонатных добавок способствует уменьшению водопотребности, расслаиваемости и водоотделения бетонных смесей; повышению их водоудерживающей способности, пластичности, плотности и однородности; снижению усадки, водопоглощения и тепловыделения бетонов, а также улучшает их атмосферостойкость, водо-, морозо- и кислотостойкость, стойкость к агрессивному воздействию морской воды и придает цементному камню и бетону более светлый цвет.

В условиях повышенной влажности и температуры материалы способны подвергаться микробиологическим повреждениям. Биодеструкция осуществляется преимущественно микроскопическими грибами. Их рост происходит вследствие того, что последние используют отдельные компоненты материала в качестве источника питания, а также за счет находящихся на поверхности внешних загрязнений. Разрушение материалов происходит как в результате механического воздействия мицелия микромицетов, так и под влиянием метаболитов, выделяемых микромицетами в процессе жизнедеятельности [4, 5, 6, 7].

В ходе работы было проведено исследование возможности использования микроскопическими грибами композитов в качестве источника питания. Нами были проведены исследования грибокостойкости и фунгицидности.

Грибокостойкость композитов – это способность данного материала не служить источником питания для грибов-деструкторов, т.е. не подвергаться биоповреждению. Фунгицидность – это способность материала вызывать гибель грибов-деструкторов. Композиты, обладающие

фунгицидными свойствами, не подвергаются процессу биоповреждения микромицетами даже при наличии внешних загрязнений.

Ниже приведены результаты испытаний грибокостойкости и фунгицидности цементных композитов, наполненных порошками, полученными измельчением кварцевого песка и карбонатных пород – известняка речного, доломита горного, известняка органогенного, химический состав которых приведен в таблице 1.

Таблица 1

### Результаты испытаний составов с наполнителем

№ опыта	Индекс	Состав смеси, мас. ч.			Относительные показатели составов					
					с речным известняком		с доломитом горным		с органогенным известняком	
		X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	K <sub>Г</sub>	K <sub>Ф</sub>	K <sub>Г</sub>	K <sub>Ф</sub>	K <sub>Г</sub>	K <sub>Ф</sub>
1	n <sub>1</sub>	1	0	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	n <sub>2</sub>	0	1	0	1,00	1,00	1,00	0,80	0,83	0,92
3	n <sub>3</sub>	0	0	1	1,00	1,00	1,00	0,73	0,75	0,83
4	n <sub>122</sub>	1/3	2/3	0	1,12	0,92	1,00	0,73	0,83	0,83
5	n <sub>133</sub>	1/3	0	2/3	0,75	0,92	0,33	0,73	0,92	0,92
6	n <sub>233</sub>	0	1/3	2/3	0,87	1,00	1,00	0,80	0,67	1,00
7	n <sub>112</sub>	2/3	1/3	0	0,62	1,00	1,33	0,80	0,50	1,08
8	n <sub>113</sub>	2/3	0	1/3	0,75	1,00	1,33	0,73	0,50	0,83
9	n <sub>223</sub>	0	2/3	1/3	1,00	1,00	1,00	0,73	0,67	1,17
10	n <sub>123</sub>	1/3	1/3	1/3	0,75	0,92	0,33	0,87	0,75	0,92

Изучались композиции, полученные на основе как порошков различной дисперсности, так и смесей кварцевого и карбонатного наполнителя. Исследования проведены с применением методов математического планирования эксперимента (использован симплекс-решетчатый план, предложенный Шеффе). Для выполнения эксперимента была реализована матрица в виде плана, состоящая из 10 опытов. Факторами варьирования являлись: X<sub>1</sub> – количество кварцевого порошка дисперсностью 3100–3300 см<sup>2</sup>/г; X<sub>2</sub> – количество карбонатного порошка дисперсностью 6 000–6 200 см<sup>2</sup>/г; X<sub>3</sub> – количество карбонатного порошка дисперсностью 9000–9200 см<sup>2</sup>/г.

Были изготовлены и испытаны образцы цементных композитов со 100 % содержанием смеси наполнителей по отношению к цементу. Испытания проводились на образцах-призмах размером 1×1×3 см. Вначале определялись абсолютные значения грибокостойкости и фунгицидности каждого состава, затем производился

пересчет на относительные показатели по отношению к обрастаемости образцов (методами 1 и 3) составов, наполненных только порошком кварцевого песка:

$$K_G = \Gamma_{сн} / \Gamma_{кн}, K_F = \Phi_{сн} / \Phi_{кн},$$

где K<sub>Г</sub> и K<sub>Ф</sub> – относительные показатели грибокостойкости и фунгицидности составов, наполненных кварцевокарбонатными порошками, по сравнению с кварцenaполненными;  $\Gamma_{сн}$  и  $\Gamma_{кн}$  – абсолютные показатели грибокостойкости составов, наполненных соответственно кварцевокарбонатным и кварцевым наполнителями;  $\Phi_{сн}$  и  $\Phi_{кн}$  – абсолютные показатели фунгицидности составов, наполненных соответственно кварцевокарбонатным и кварцевым наполнителями. Результаты выполненных испытаний приведены в таблице.

1. На основании найденных уравнений регрессии были построены графики в виде линий равных значений K<sub>Г</sub> и K<sub>Ф</sub>, представленные на рисунках 1–3.

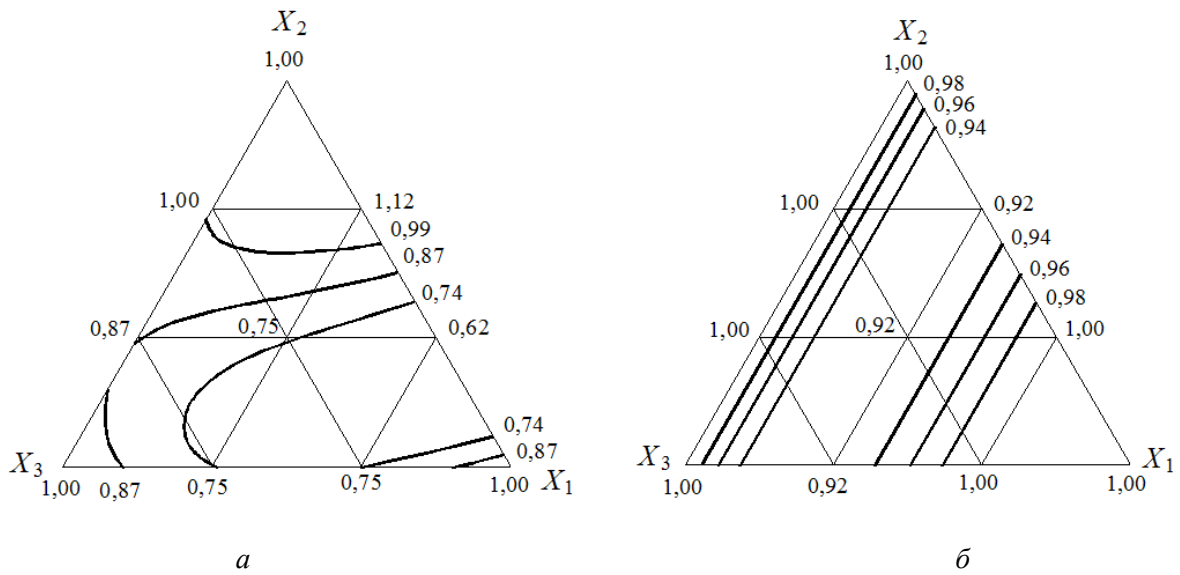


Рис. 1. Линии равных значений  $K_r$  (а) и  $K_\phi$  (б) наполненных кварцевым песком и известняком речным

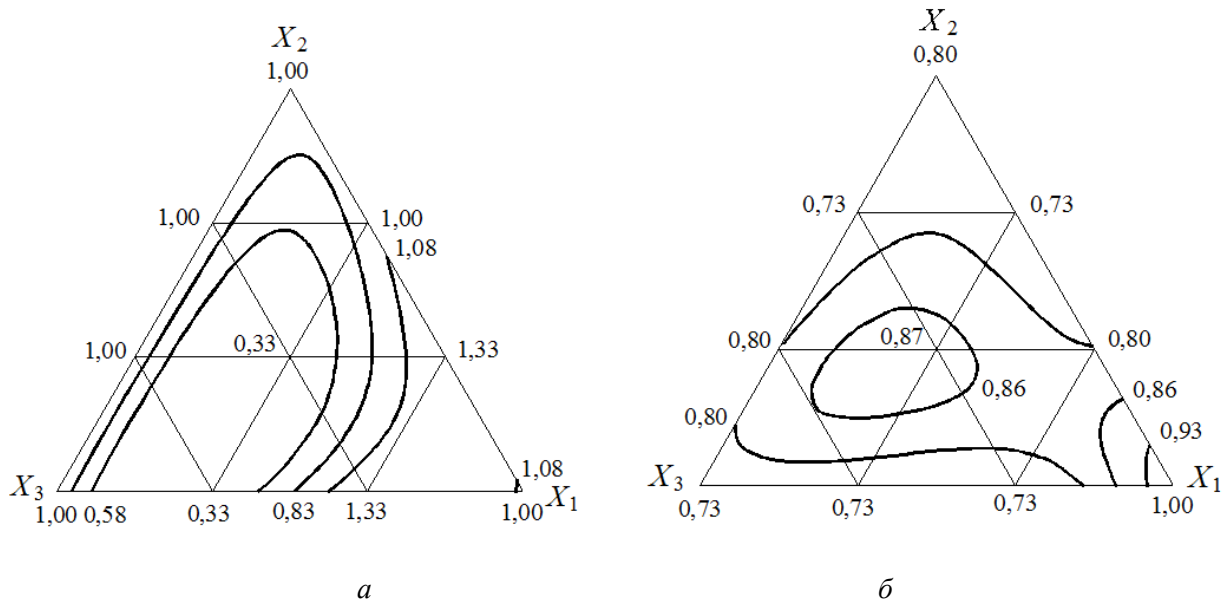


Рис. 2. Линии равных значений  $K_r$  (а) и  $K_\phi$  (б) цементных композитов, наполненных кварцевым песком и доломитом горным

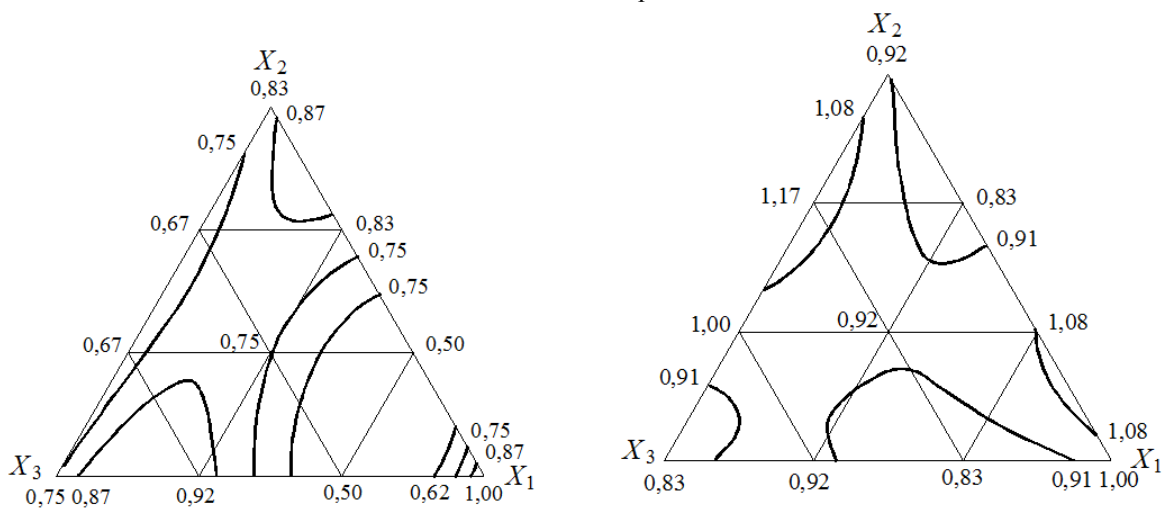


Рис. 3. Линии равных значений  $K_r$  (а) и  $K_\phi$  (б) цементных композитов, наполненных кварцевым песком и известняком органогенным

Графические зависимости демонстрируют изменение показателей биостойкости составов отдельно с кварцевым, известняковым и доломитовым наполнителями, а также смесями кварцевого наполнителя с порошками речного известняка, доломита, органогенного известняка.

**Выводы.** Изучение обрастаемости материалов, содержащих мононаполнители, показывает, что в меньшей степени обрастают мицелиальными грибами композиции, наполненные органогенным известняком.

1. Этот же наполнитель, а также доломитовый приводят к большему повышению биостойкости композиций с бинарным наполнителем.

2. Наблюдается снижение обрастаемости образцов с органогенным наполнителем при испытании по методу 1 на 50 %, а по методу 3 – на 27 %, при наполнении доломитом – соответственно на 67 и 27 %, известняком горным – на 38 и 8 %.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дворкин Л.И., Соломатов В.И., Выровой В.Н., Чудновский С.М. Цементные бетоны с минеральными наполнителями. Киев: Издательство Будівельник, 1991. 135 с.

2. Афанасьев Н.Ф., Целуйко М.К. Добавки в бетоны и растворы. Киев: Издательство Будівельник, 1989. 128 с.

3. Рамачандран В.С., Фельдман Р.Ф., Колленарди М. Добавки в бетон: Справочное пособие: М.: Стройиздат, 1988. 575 с.

4. Соломатов В.И., Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф. Биологическое сопротивление материалов. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2001. 196 с.

5. Андреюк Е.И., Козлова И.А., Рожанская А.М. Микробиологическая коррозия строительных сталей и бетонов // Биоповреждения в строительстве. Москва. 1984. С. 209–218.

6. Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф., Светлов Д.А. Защита зданий и сооружений биоцидными препаратами на основе гуанидина от микробиологических повреждений Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2010. 164 с.

7. Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф., Морозов Е.А. Микробиологическое разрушение материалов. М: АСВ, 2008. 128 с.

8. Белов В.В., Субботин СЛ., Куляев П.В. Прочностные и деформативные свойства бетонов с карбонатными микронаполнителями // Строительные материалы. 2015. № 3. С. 25–29.

9. Бутт Ю.М., Тимашев В.В. Портландцемент. М.: Стройиздат, 1967. 303 с.

10. Ерофеева И.В., Калашников В.И. Удельный расход цемента на единицу прочности бетонов нового поколения // Modern scientific potential. 2016. Vol. 17. P. 11–13.

11. Пакерс И., Хаймс Б., Барреген Б., Гонзела Р. Самоуплотняющийся бетон с измельченным карбонатом кальция // СРІ. Международное бетонное производство. 2012. № 1. С. 34–40.

12. Тимашев В.В., Колбасов В.М. Свойства цементов с карбонатными добавками // Цемент. 1981. № 10. С. 10–12.

*Информация об авторах*

**Ерофеева Ирина Владимировна**, младший научный сотрудник.

E-mail: mila55510@yandex.ru

НИИ строительной физики РААСН

Россия, 127238, Москва, Локомотивный проезд, 21.

*Поступила в марте 2018 г.*

© Ерофеева И.В.

### I.V. Erofeeva

#### BIOLOGICAL STABILITY OF CARBONATE-SILICA COMPOSITES

*One of the effective ways to improve the properties of cement composites is the use of complex additives in their manufacture, consisting of fine and fine-grained filler. With an optimal ratio of fillers of different dispersivity is achieved, along with the improvement of elastic-strength properties, reduced porosity and increased durability. The article is devoted to the study of the durability of carbonate-quartz composites under the influence of microbiological medium consisting of mycelial fungi. Cement composites filled with additives of different dispersion - quartz, limestone and dolomite are considered. The problem was solved with the help of simplex lattice plan Sheffa. Investigated appealability of filamentous fungi materials according to GOST 9049-91 methods 1 and 3. Consideration of reversibility materials containing monopalmitate shows that to a lesser extent, are overgrown with filamentous fungi a composition filled with organogenic limestone. The same filler, as well as dolomite lead to a greater increase in the biostability of compositions with a BiPar filler.*

**Keywords:** biostability, filled composites, limestone, dolomite, quartz; the simplex-lattice plan, mould, fungicides, carbonate-silica composites.

## REFERENCES

1. Dvorkin L.I., Solomatov V.I., Vyrovoy V.N., Chudnovsky S.M. Cement concrete with mineral fillers. Kyiv: Budivel'nik Publishing House, 1991. 135 p.
2. Afanasiev N.F., Tseluiko M.K. Additives in concretes and mortars. Kyiv: Budivel'nik Publishing House, 1989. 128 p.
3. Ramachandran V.S., Feldman R.F., M. Kallenrode Additive to concrete: reference book: M.: Stroyizdat, 1988. 575 p.
4. Solomatov V.I., Erofeev V.T., Smirnov V.F. Biological resistance of materials. Saransk: Publishing house of Muzzles. UN-TA, 2001. 196 p.
5. Andreyuk E.I., Kozlova I.A., Rozanska A.M. Microbiological corrosion of structural steel and concrete. Biodegradation in construction. Moscow, 1984, pp. 209–218.
6. Erofeev V.T., Smirnov V.F., Svetlov D.A. Protection of buildings and structures with biocide preparations based on guanidine from microbiological damages of Saransk: publishing House of Mords. UN-TA, 2010. 164 p.
7. Erofeev V.T., Smirnov V.F., Morozov E.A. Microbiological decomposition of materials. M: DIA, 2008. 128 p.
8. Belov V.V., Subbotin S.L., Kulyaev P.V. Strength and deformation properties of concrete with carbonate micro-fillers. Stroitel'nye materialy, 2015, no. 3, pp. 25–29.
9. Butt Y.M., Timashev V.V., Portland Cement, Moscow: Stroyizdat, 1967. 303 p.
10. Erofeeva I.V., Kalashnikov V.I. Specific consumption of cement per unit of strength of new generation concrete. Modems scientific potential, 2016, vol. 17, pp. 11–13.
11. Packer I., Hyams B., Barragan B., Gonzalo R. Self-compacting concrete with crushed calcium carbonate. CPI. International concrete production, 2012, no. 1, pp. 34–40.
12. Timashev V.V., Kolbasov V.M. Properties of cements with carbonate additives. Cement. 1981, no. 10, pp. 10–12.

*Information about the author*

**Irina V. Erofeeva**, Junior researcher.

E-mail: mila55510@yandex.ru

Research Institute of building physics RAASN.

Russia, 127238, Moscow, Locomotive travel, 21.

---

*Received in March 2018*