

УДК 691.535

**Е.Н. Сураева, В.Т. Ерофеев,
Е.В. Королев***

*ФГБОУ ВПО «МГУ
им. Н.П. Огарёва», *ФГБОУ ВПО
«МГСУ»*

**ИССЛЕДОВАНИЕ
БИОСТОЙКИХ СУХИХ
СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ,
МОДИФИЦИРОВАННЫХ
НАНОТРУБКАМИ УГЛЕРОДА**

Изложены результаты исследований получения биоцидных цементно-песчаных составов. Установлено, что введение в составы натрия сернокислого обеспечивает получение материалов с грибостойкими и фунгицидными свойствами. Методами математического планирования эксперимента изучены прочностные свойства составов, модифицированные нанотрубками углерода и биоцидной добавкой.

Ключевые слова: сухие смеси, биокоррозия, сернокислый натрий, нанотрубки углерода, биостойкость, долговечность, прочность.

Совершенствование технологий в строительстве, обеспечение долговечности и надежности эксплуатации зданий и сооружений предъявляют повышенные требования к технологиям получения и эксплуатационным показателям материалов. В этой связи на строительном рынке появляются новые эффективные материалы для возведения и ремонта зданий и сооружений, которые снижают затраты труда на строительной площадке, приводят к уменьшению расхода материалов, при этом не снижая качества выполняемых работ [1—5]. К таким материалам относятся сухие строительные смеси, которые на се-

**E.N. Suraeva, V.T. Erofeev,
E.V. Korolev**

*Ogarev MSU, *MGSU*

**INVESTIGATION
OF BIORESISTANT DRY
BUILDING MIXES MODIFIED
BY CARBON NANOTUBES**

Dry construction mixes are today a product of high technologies. Depending on the purpose and requirements to the properties it is easy to produce dry construction mixes with different compositions and operating indicators in plant conditions using the necessary modifying additives. Cement, gypsum and other mineral binders are used in the construction mixes. Different types of cement are more heavily used in dry construction mixes. Such dry mixes are believed to be more effective materials comparing to traditional cement-sandy solutions of centralized preparation.

The authors present the results of the investigations on obtaining biocidal cement-sand compositions. It was established, that introduction of sodium sulfate into the composition provides obtaining the materials with funginert and fungicide properties. The strength properties of the mixes modified by carbon nanotubes and biocide additive were investigated by mathematical planning methods.

The results of the investigations showed that the modification of cement stone structure by carbon nanotubes positively influences their strength and technological properties. Nanomodifying of construction composites by introducing carbon nanotubes may be effectively used at different stages of structure formation of a construction material.

Key words: dry mixes, biocorrosion, sodium sulfate, carbon nanotubes, bioresistance, durability, stability.

The development of technologies in the construction, providing durability and reliability of operating buildings and structures impose raised requirements to the obtaining technologies and per-

годняшний день являются продуктом наукоемких технологий. В зависимости от назначения и требований по свойствам в заводских условиях, применяя необходимые модифицирующие добавки, легко изготовить различные по составу и эксплуатационным показателям сухие строительные смеси. В качестве вяжущих в строительных смесях используют цементные, гипсовые и другие минеральные вяжущие вещества. При этом более интенсивно используются в сухих строительных смесях различные виды цементов. Данные сухие смеси считаются более эффективными материалами по сравнению с традиционными цементно-песчаными растворами централизованного приготовления.

Для строительной отрасли в отечественной и зарубежной практике используют смеси различного назначения. В связи с тем, что агрессивные среды активно воздействуют на конструкции зданий и сооружений, к качеству строительных материалов и изделий предъявляются высокие требования. Одними из агрессивных сред, наряду с химическими и физическими, негативно воздействующими на строительные материалы и конструкции, являются биологические среды [6—8]. Исследования биокоррозии и биосопротивления материалов и конструкций являются исключительно актуальными. Процессы биоразрушения материалов, зданий и сооружений прогрессируют с каждым годом [9—12].

В этой связи при проведении ремонтно-восстановительных и отделочных работ в зданиях и сооружениях с агрессивными средами лучше применять сухие строительные смеси, обладающие биостойкостью.

Сухие смеси, модифицированные биоцидными добавками, могут применяться при получении строительных растворных смесей для защиты конструк-

formance criteria of the materials. In this regard new efficient materials for construction and repair of buildings and structures appear on the market, which reduce labour input on a construction site, lead to reduction of material consumption, but do not reduce the quality of the executed works [1—5]. Such materials include dry construction mixes, which are today a product of high technologies. Depending on the purpose and requirements to the properties it is easy to produce dry construction mixes with different compositions and operating indicators in plant conditions using the necessary modifying additives. Cement, gypsum and other mineral binders are used in the construction mixes. Different types of cement are more heavily used in dry construction mixes. Such dry mixes are believed to be more effective materials comparing to traditional cement-sandy solutions of centralized preparation.

For the construction branch the mixes of different applications are used in Russian and foreign practice. For the reason that corrosive media actively influence the constructions of buildings and structures, high requirements are imposed at the quality of construction materials and products. Biological media are one of the corrosive media actively influencing the constructions of buildings and structures [6—8]. Investigation of biocorrosion and bioresistance of the materials, constructions and structures are progressing with every year [9—12].

In this regard in the process of repair, recovery and decoration works in buildings and structures with corrosive media it is advisable to use dry bioresistant construction mixes.

ций зданий и сооружений от заражения биологическими организмами (плесенью, грибком, лишайником, водорослями и т.п.), которые развиваются при повышенной влажности и положительных температурах и вызывают биокоррозию строительных конструкций [6—8].

Исследования, направленные на получение составов цементных композитов, модифицированных добавками, обладающими стойкостью к биологически активным средам, а также хорошими прочностными показателями, являются актуальными и приводятся в данной работе.

В последние годы особое внимание обращается на развитие и внедрение нанотехнологий в производство строительных материалов и изделий [1]. Нанотехнология — это область прикладной науки, которая занимается созданием новых инструментов и материалов, обладающих принципиально новыми свойствами, а также изучает процессы формирования структуры и свойства различных веществ на атомно-молекулярном уровне. В настоящее время нанотехнологии в производстве строительных материалов применяются ограниченно, но усиленные исследования и экспериментальные результаты в этом направлении приведут к тому, что в строительстве высокотехнологичные материалы станут основой производства новых эффективных материалов, изделий и конструкций [2, 13—19].

Известно, что свойства формируемого композиционного материала полностью зависят от его параметров и структуры. Основные способы увеличения прочности композиционного материала сводятся к введению в сырьевую смесь различных дисперсных фаз (наполнителей, минеральных добавок) и модифицирующих добавок. На сегод-

The dry mixes modified by biocide additives may be used at obtaining construction mortar mixes for structures protection from biologicals infection (mold, fungus, lichen, weed, etc), which are growing at raised humidity and positive temperatures and cause biocorrosion of building structures [6—8].

The investigations aimed at obtaining cement composites modified by additives, which poses the resistance to bioactive media and good strength properties are current and are offered in the given work.

In the recent years special attention is paid to the development and implementation of nanotechnologies in the production of construction materials and products [1]. Nanotechnology is a field of applied science, which focuses on the development of new instruments and materials, possessing brand new properties, and also investigates the processes of structure formation and the properties of different matters on atomic-molecular level. In the recent time nanotechnologies in production of building materials are limitedly used, but the intensive investigations and experimental results in this direction will lead to the situation, when high technological materials will become the basis for producing new efficient construction materials, products and structures [2, 13—19].

It is known, that the properties of a composite material being formed fully depend on its parameters and structure. The main ways of strength increase of a composite material are introduction of various disperse phases to the raw mix (fillers, mineral additives) and modifying additives. As

няшний момент разработано большое разнообразие химических добавок, по-разному влияющих на процессы гидратации и структурообразование составов цементных вяжущих при наборе прочности.

Оказать существенное влияние на структуру цементных композитов на макроуровне можно двумя способами. Наномодификаторы можно вводить непосредственно в воду затворения или в состав пластифицирующей добавки. При введении наночастиц эффективность пластифицирующей добавки резко возрастает, уменьшается его расход, снижается водоцементное отношение для увеличения прочности, водонепроницаемости и морозостойкости цементных композитов [13]. Очень важным является сохранение физико-механических и эксплуатационных свойств материала при введении добавок, повышающих биостойкость. Поэтому необходимо при выборе добавок контролировать изменение прочностных и других свойств цементных композитов, модифицированных биоцидными добавками.

Для изменения технологии производства и свойств строительных композитов используют наночастицы и нанопорошки — углеродные нанотрубки (НТ), природные фуллерены шунгит-шунгизит, шунгитовый углерод, углеродсодержащие минералы, в количестве 0,001...0,01 % от массы цемента [13, 20]. Они оказывают влияние на кинетику химических реакций и параметры структуры цементного камня, что обеспечивает повышение показателей эксплуатационных свойств изделий на его основе.

Исследования были направлены на изучение влияния углеродных НТ, вводимых в виде коллоидного раствора

of today a great variety of chemical additives are developed, which differently influence the processes of hydration and structure formation of the composition of cement binders at strength gain.

It is possible to influence the structure of cement composites on the macro level by two methods. Nanomodifiers may be introduced right to the gauged water or to the composition of plastifying additive. At introducing nanoparticles the efficiency of the plastifying additive rise sharply, its expenditure decreases, so does the water-cement balance for raising the strength, water permeability and frost resistance of cement composites [13].

Preservation of physical, mechanical and operational properties is very important at introducing additives, which increase the bioresistance. That's why it is necessary to control the change of strength and other properties of cement composites modified by biocide additives while choosing additives.

In order to change the production technology and the properties of construction composites nanoparticles and nanopowders are used — carbon nanotubes, natural fullerenes shungite-haydite, shungite carbon, carbon-contained minerals in the quantity of 0.001...0.01 % of the cement mass [13, 20]. They influence the kinetics of chemical reactions and the parameters of cement stone structure, which provides the increase of operational indicators of the products on its basis.

The investigations were aimed at studying the influence of the carbon nanotubes (NT) introduced as colloidal solution in hyperplasticizer on the strength properties of the cement compositions, modified by biocide additive on the basis of Na_2SO_4 .

ра в гиперпластификаторе, на прочностные свойства цементных составов, модифицированных биоцидной добавкой на основе Na_2SO_4 .

Натрий сернокислый Na_2SO_4 (безводный) представляет собой бесцветные кристаллы, которые плохо растворяются в водно-спиртовых средах, широко используется в разных отраслях промышленности. Основные характеристики: в воде имеет свойство к растворению; взрыво- и пожаробезопасен; пылевоздушная смесь не взрывоопасна; не горюч; не слеживается; малогигроскопичен; бесцветные кристаллы; температурная устойчивость (32°C); безводный.

Натрий сернокислый используют в изготовлении стекла и переработке древесины; в кино- и фотоделе; в текстильной, бумажной, кожевенной, металлургической, легкой промышленности и цветной металлургии; для получения сульфатной целлюлозы и вискозного шелка; в бытовой химии (например, как добавка к порошкам, моющим и чистящим средствам, шампуням, зубным пастам); в ветеринарной, фармацевтической, медицинской (например, как средство для промывания носа, как солевое слабительное средство при отравлениях, для очищения крови и желудка); в строительстве в качестве морозостойкого вещества; как химическое вещество используется в лабораториях в качестве обезвоживающего компонента. Относится к третьему классу опасности воздействия на организм человека.

Исследуемые составы с биоцидной и нанодобавкой приведены в табл. 1.

При определении зависимостей изменения прочностных показателей и исследовании кинетики роста прочности были изготовлены образцы размером $1 \times 1 \times 3$ см из составов с различным содержанием модифицирующих добавок. Образцы по истечению 28 сут были испытаны на сжатие (рис.).

Sodium sulfate Na_2SO_4 (anhydrous) is colorless needles, which hardly dissolve in aqueous-alcoholic media, it is widely used in different industrial fields. The main characteristics are: in water it has a property to dissolve; it is explosion-proof and fire-proof; air-coal mixture is not explosive; it is not burnable; does not consolidate; slightly hygroscopic; colorless needles; temperature resistance (32°C); anhydrous.

Sodium sulfate is used while producing glass and processing wood; in film and photo work; in textile, paper, leather-dressing, metallurgical, consumer industry and nonferrous metal industry; for obtaining sulfate cellulose and viscose silk; in household chemistry (for example, as an additive to powders, washing and cleaning products, shampoos, toothpastes); in veterinary, pharmacy, medical (for example, as means of nasal rinsing, as saline purge in case of toxications, for clearing blood and stomach); in construction as cold-resistant matter; as chemical matter it is used in laboratories as dewatering component. It is classified as the third danger class in the influence on human body.

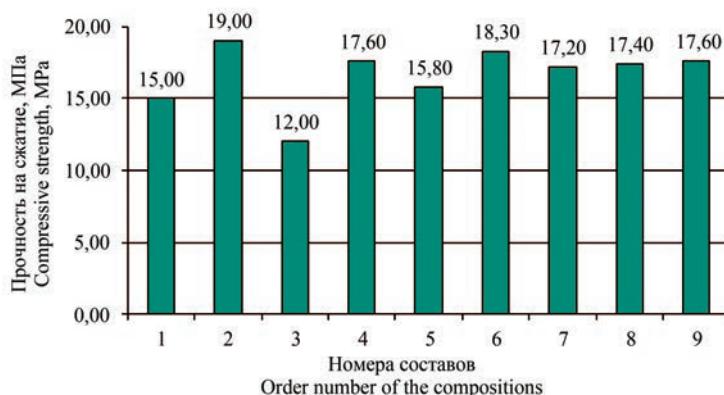
The investigated compositions with biocide and nano additives are presented at tab. 1.

At defining the dependencies of strength properties change and kinetics investigation of strength increase the samples with the size $1 \times 1 \times 3$ cm were produced from the compositions with different content of modifying additives. The samples were compression-tested (fig.).

Табл. 1. Экспериментальные модифицированные цементные составы

Tab. 1. Experimental modified cement compositions

Номер состава	Цемент ПЦ М400, масс. ч.	Кварцевый песок кр. 0,16...0,315, масс. ч.	Na_2SO_4 , в масс. ч. от цемента	НТ в масс. ч. от цемента
1	100	300	0	0
2	100	300	3	0
3	100	300	6	0
4	100	300	0	1
5	100	300	3	1
6	100	300	6	1
7	100	300	0	2
8	100	300	3	2
9	100	300	6	2
No. of the composition	Cement PC M400, weight part	Quartz sand. 0.16...0.315, weight part	Na_2SO_4 , in weight part of cement	NT in weight part of cement



Зависимость изменения прочности при сжатии цементных композитов от вида и количественного содержания добавок

Как видно из графика, наибольшее значение прочности при сжатии имеют составы, содержащие в своем составе в качестве биоцидной добавки, натрий сернокислый Na_2SO_4 в количестве 3 масс. ч. от массы цемента (состав 2). Введение в составы углеродных НТ приводит к увеличению прочности исследуемых составов на 5...22 % относительно контрольного (состав 1).

Исследование биологического сопротивления составов проводилось по

The dependence of strength change at compression of cement composites from the type and quantity of the additives

As it can be seen from the diagram, the maximum value of strength at compression belongs to the compositions possessing Sodium sulfate Na_2SO_4 in the quantity of 3 weight part from the cement weight as biocide additive (composition 2). The introduction of carbon nanotubes in the compositions lead to strength increase of the investigated compositions at 5...22 % in relation to the check one (composition 1).

The investigations of the bioresistance of the compositions were con-

ГОСТ 9.049—91¹ методом 1 и 3. Их сущность заключается в выдерживании образцов размером $1 \times 1 \times 3$ см в средах со спорами плесневелых грибов в оптимальных для их развития условиях. После одного месяца в этих средах оценивались показатели грибостойкости и фунгицидности образцов [9]. Результаты испытаний приведены в табл. 2.

Табл. 2. Результаты исследования на биостойкость

Номер состава	Степень обрастания грибами, баллы		Характеристика составов по грибостойкости	
	Метод 1	Метод 3		
1	3	5	Негрибостойкий	Not fungi resistant
2	1	3	Грибостойкий	Fungi resistant
3	0	1	Фунгицидный	Fungicide
4	0	4	Грибостойкий	Fungi resistant
5	0	4	Грибостойкий	Fungi resistant
6	0	4	Грибостойкий	Fungi resistant
7	0	4	Грибостойкий	Fungi resistant
8	0	4	Грибостойкий	Fungi resistant
9	0	4	Грибостойкий	Fungi resistant
No. of the composition	Method 1	Method 3	Compositions characteristics of fungi resistance	
	The degree of fungi growth, points			

Таким образом, результаты исследований показали, что модификация структуры цементного камня углеродными НТ положительно влияет на их прочностные и технологические свойства. В ходе исследований было выявлено, что фунгицидными и грибостойкими свойствами обладают составы с биоцидной добавкой Na_2SO_4 , которая не изменяет прочностные показатели

ducted according to the Russian State Standard GOST9.049—91¹ by the methods 1 and 3. Their essence is in holding the samples of the size $1 \times 1 \times 3$ cm in the media with spores of mold fungi in the conditions optimal for their development. After 1 month the indicators of fungi resistance and fungicidality were estimated [9]. The results of the tests are presented in tab. 2.

Tab. 2. The results of bioresistance tests

So the results of the investigations showed that the modification of cement stone structure by carbon nanotubes positively influences their strength and technological properties. During investigations it was found out, that the composites with biocide additive Na_2SO_4 , which doesn't change the strength properties in relation to check composition 1, possess fungicide and fungi resistant

¹ ГОСТ 9.049—91 ЕСЗКС. Материалы полимерные и их компоненты. Методы лабораторных испытаний на стойкость к воздействию плесневых грибов // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200015007/>. Дата обращения: 12.03.2015.

¹ Russian State Standard GOST9.049—91OCT 9.049—91 ESZKS. Polymer Materials and their Components. Methods of laboratory tests of mold fungi resistance. Electronic fund of legislative and normative-technical documentation. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200015007/> Date of access: 12.03.2015.

по отношению к контрольному составу 1. Введение НТ в состав с биоцидной добавкой Na_2SO_4 увеличивает прочностные показатели составов с содержанием биоцидной добавкой в количестве 6 масс. ч. от массы цемента. Совместное введение в составы биоцидной добавки и углеродных НТ способствовало получению биостойкого состава с повышенной прочностью. Это позволяет сделать вывод о том, что наномодифицирование строительных композитов посредством введения углеродных трубок может эффективно использоваться на различных стадиях формирования структуры строительного материала.

Библиографический список

1. Калашников В.И., Ерофеев В.Т., Мороз М.Н., Троянов И.Ю., Володин В.М., Суздалецов О.В. Наногидросиликатные технологии в производстве бетонов // Строительные материалы. 2014. № 5. С. 88—91.
2. Мещерин В., Катц М. Добавки и дополнительные компоненты в современной технологии производства // CPI — Международное бетонное производство. 2008. № 6. С. 42—48.
3. Borman R., Fenling E. Ultrahochfester Beton-Entwicklung und Verhalten // Leipziger Massivbauseminar. 2000. Bd. 1. S. 1083—1091.
4. Kleingelhöfer P. Neue Betonverflüssiger auf Basis Polycarboxilat // Proc. 13. Jbasil Weimar. 1997. Bd. 1. S. 491—495.
5. Dallaire E., Bonnean O., Lachemi M., Aitsin P. Mechanical Behavior of Confined Reactive Powder Concrete // American Society of Civil Engineers, Materials of the Engineering Conference. Washington DC. November 1996. Vol. 1. Pp. 555—563.
6. Андреюк Е.И., Козлова И.А., Коптева Ж.П. Микробная коррозия подземных сооружений // Биоповреждения и биокоррозия в строительстве : материалы II Междунар. науч.-техн. конф. Саранск, 2006. С. 79—99.
- properties. Introduction of nanotubes in the composition with biocide additive Na_2SO_4 increase the strength properties of the compositions with biocide additive in the quantity of 6 weight part from the cement weight. The combined introduction to the composition of the biocide additive and carbon nanotubes helped obtaining a bioresistant composition with the increased strength. This allows concluding, that nanomodifying of construction composites by introducing carbon nanotubes may be effectively used at different stages of structure formation of a construction material.
1. Kalashnikov V.I., Erofeev V.T., Moroz M.N., Troyanov I.Yu., Volodin V.M., Suzdal'tsev O.V. Nanogidrosilikatnye tekhnologii v proizvodstve betonov [Nanohydrosilicate Technologies in Producing Concretes]. Stroitel'nye materialy [Construction Materials]. 2014, no. 5, pp. 88—91. (In Russian)
2. Meshcherin V., Katts M. Dobavki i dopolnitel'nye komponenty v sovremennoy tekhnologii proizvodstva [Additives and Additional Components in the Modern Production Technology]. CPI — Mezdunarodnoe betonnoe proizvodstvo [CPI — International Concrete Production]. 2008, no. 6, pp. 42—48. (In Russian)
3. Borman R., Fenling E. Ultrahochfester Beton-Entwicklung und Verhalten. Leipziger Massivbauseminar. 2000, Bd. 1, S. 1083—1091.
4. Kleingelhöfer P. Neue Betonverflüssiger auf Basis Polycarboxilat. Proc. 13. Jbasil Weimar. 1997, Bd. 1, S. 491—495.
5. Dallaire E., Bonnean O., Lachemi M., Aitsin P. Mechanical Behavior of Confined Reactive Powder Concrete. American Society of Civil Engineers, Materials of the Engineering Conference. Washington DC, November 1996, vol. 1, pp. 555—563.
6. Andreyuk E.I., Kozlova I.A., Kopteva Zh.P. Mikrobnaya korroziya podzemnykh sooruzheniy [Microbial Corrosion of Under-

References

7. Антонов В.Б. Влияние биоповреждений зданий и сооружений на здоровье человека // Биоповреждения и биокоррозия в строительстве : материалы II Междунар. науч.-техн. конф. Саранск, 2006. С. 238—242.
8. Ерофеев В.Т., Казначеев С.В., Богатов А.Д., Спирин В.А., Светлов Д.А. Биоцидные цементные композиты с добавками, содержащими гуанидин // Приволжский научный журнал. 2010. № 4. С. 87—94.
9. Покровская Е.Н., Котенева И.В. Биоповреждения исторических памятников // Биоповреждения и биокоррозия в строительстве : материалы Междунар. науч.-техн. конф. Саранск, 2004. С. 245—248.
10. Иванов Ф.М. Биокоррозия неорганических строительных материалов // Биоповреждения в строительстве : сб. науч. тр. / под ред. Ф.М. Иванова, С.Н. Горшина. М. : Стройиздат, 1984. С. 183—188.
11. Videla H.A., Herrera L.K. Microbiologically influenced corrosion: looking to the future // International Microbiology. 2005. No. 8 (3). Pp. 169—180.
12. Ramesh Babu B., Maruthamuthu S., Rajasekar A. Microbiologically influenced corrosion in dairy effluent // International Journal of Environmental Science & Technology. 2006. Vol. 3. No. 2. Pp. 159—166.
13. Юдович М.Е., Пономарев А.Н. Наномодификация пластикаторов. Регулирование их свойств и прочностных характеристик литьих бетонов // СтройПРОФИЛЬ. 2007. № 6. С. 49—51.
14. Елецкий А.В. Углеродные нанотрубки // Успехи физических наук. 1997. Т. 167. № 9. С. 945—972.
15. Баженов Ю.М., Фаликман В.Р., Булгаков Б.И. Наноматериалы и нанотехнологии в современной технологии бетонов // Вестник МГСУ. 2012. № 12. С. 125—133.
- ground Structures]. *Biopovrezhdeniya i biokorroziya v stroitel'stve : materialy II Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii* [Biodamages and Biocorrosion in the Construction : Materials of the II International Science and Technical Conference]. Saransk, 2006, pp. 79—99. (In Russian)
7. Antonov V.B. Vliyanie biopovrezhdeniy zdaniy i sooruzheniy na zdrarov'e cheloveka [Influence of Biodamages of Buildings and Structures on Human Health]. *Biopovrezhdeniya i biokorroziya v stroitel'stve : materialy II Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii* [Biodamages and Biocorrosion in the Construction : Materials of the II International Science and Technical Conference]. Saransk, 2006, pp. 238—242. (In Russian)
8. Erofeev V.T., Kaznacheev S.V., Bogatov A.D., Spirin V.A., Svetlov D.A. Biotsidnye tsementnye kompozity s dobavkami, soderzhchimi guanidin [Biocide Cement Composites with Additives Containing Aminoethanamide]. *Privolzhskiy nauchnyy zhurnal* [Volga Region Scientific Journal]. 2010, no. 4, pp. 87—94. (In Russian)
9. Pokrovskaya E.N., Koteneva I.V. Biopovrezhdeniya istoricheskikh pamyatnikov [Biodamages of Historical Monuments]. *Biopovrezhdeniya i biokorroziya v stroitel'stve : materialy II Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii* [Biodamages and Biocorrosion in the Construction : Materials of the II International Science and Technical Conference]. Saransk, 2004, pp. 245—248. (In Russian)
10. Ivanov F.M. Biokorroziya neorganicheskikh stroitel'nykh materialov [Biocorrosion of Nonorganic Construction Materials]. *Biopovrezhdeniya v stroitel'stve : sbornik nauchnykh trudov* [Biodamages in Construction : Collection of Scientific Works]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1984, pp. 183—188. (In Russian)
11. Videla H.A., Herrera L.K. Microbiologically Influenced Corrosion: Looking to the Future. International Microbiology. 2005, no. 8 (3), pp. 169—180.
12. Ramesh Babu B., Maruthamuthu S., Rajasekar A. Microbiologically Influenced Corrosion in Dairy Effluent. International Journal of Environmental Science & Technology. 2006, vol. 3, no. 2, pp. 159—166. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/BF03325920>.
13. Yudovich M.E., Ponomarev A.N. Nantomodifikasiya plastifikatorov. Regulirovanie ikh svoystv i prochnostnykh kharakteristik litykh betonov // СтройПРОФИЛЬ. 2007. № 6. С. 49—51.

16. Калашников В.И., Ерофеев В.Т., Мороз М.Н., Троянов И.Ю., Володин В.М., Суздальцев О.В. Наногидросиликатные технологии в производстве бетонов // Строительные материалы. 2014. № 5. С. 89—91.
17. Harrison B.S., Atala A. Carbon nanotube application for tissue engineering // Biomaterials. 2007. No. 28 (II). Pp. 344—353.
18. Zanotto L.P., Zhao B., Hu H., Haddon R.C. Bone cell proliferation on carbon nanotubes // Nano Lett. 2006. No. 6 (III). Pp. 562—567.
19. Smart S.K., Cassady A.I., Lu G.Q., Martin D.J. The biocompatibility of carbon nanotubes // Carbon. 2006. Vol. 44. No. 6. Pp. 1034—1047.
20. Королев Е.В. Нанотехнология в строительном материаловедении. Анализ состояния и достижений. Пути развития // Строительные материалы. 2014. № 11. С. 47—79.
16. Kalashnikov V.I., Erofeev V.T., Moroz M.N., Troyanov I.Yu., Volodin V.M., Suzdal'tsev O.V. Nanogidrosilikatnye tekhnologii v proizvodstve betonov [Nanohydrosilicate Technologies in Concrete Production]. Stroitel'nye materialy [Construction Materials]. 2007, no. 6, pp. 49—51. (In Russian)
14. Eletskiy A.V. Uglerodnye nanotubki [Carbon Nanotubes]. Uspekhi fizicheskikh nauk [Advances of Physical Sciences]. 1997, vol. 167, no. 9, pp. 945—972. (In Russian)
15. Bazhenov Yu.M., Falikman V.R., Bulgakov B.I. Nanomaterialy i nanotekhnologii v sovremennoy tekhnologii betonov [Nanomaterials and Nanotechnologies in the Present-day Concrete Technology]. Vestnik MGSU [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2012, no. 12, pp. 125—133. (In Russian)
16. Kalashnikov V.I., Erofeev V.T., Moroz M.N., Troyanov I.Yu., Volodin V.M., Suzdal'tsev O.V. Nanogidrosilikatnye tekhnologii v proizvodstve betonov [Nanohydrosilicate Technologies in Concrete Production]. Stroitel'nye materialy [Construction Materials]. 2014, no. 5, pp. 89—91. (In Russian)

Поступила в редакцию в марте 2015 г.

Об авторах: **Сураева Екатерина Николаевна** — аспирант кафедры строительных материалов и технологий, **Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва (ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н.П. Огарёва»)**, 430005, г. Саранск, ул. Большевистская, д. 68, 8 (8342) 47-40-19, suraevaen@yandex.ru;

Ерофеев Владимир Трофимович — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой строительных материалов и технологий, декан архитектурно-строительного факультета, **Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва (ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н.П. Огарёва»)**, 430005, г. Саранск, ул. Большевистская, д. 68, 8 (8342) 47-40-19, AL_Rodin@mail.ru;

Королев Евгений Валерьевич — доктор технических наук, профессор, директор научно-образовательного центра «Наноматериалы и нанотехнологии», проректор,

- tonov [Nanomodification of Plastifiers. Regulation of their Properties and the Strength Characteristics of Liquid Concretes]. StroyPROFI' [Construction Profile]. 2007, no. 6, pp. 49—51. (In Russian)
14. Eletskiy A.V. Uglerodnye nanotubki [Carbon Nanotubes]. Uspekhi fizicheskikh nauk [Advances of Physical Sciences]. 1997, vol. 167, no. 9, pp. 945—972. (In Russian)
15. Bazhenov Yu.M., Falikman V.R., Bulgakov B.I. Nanomaterialy i nanotekhnologii v sovremennoy tekhnologii betonov [Nanomaterials and Nanotechnologies in the Present-day Concrete Technology]. Vestnik MGSU [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2012, no. 12, pp. 125—133. (In Russian)
16. Kalashnikov V.I., Erofeev V.T., Moroz M.N., Troyanov I.Yu., Volodin V.M., Suzdal'tsev O.V. Nanogidrosilikatnye tekhnologii v proizvodstve betonov [Nanohydrosilicate Technologies in Concrete Production]. Stroitel'nye materialy [Construction Materials]. 2014, no. 5, pp. 89—91. (In Russian)
17. Harrison B.S., Atala A. Carbon Nanotube Application for Tissue Engineering. Biomaterials. 2007, no. 28 (II), pp. 344—353. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biomaterials.2006.07.044>.
18. Zanotto L.P., Zhao B., Hu H., Haddon R.C. Bone Cell Proliferation on Carbon Nanotubes. Nano Lett. 2006, no. 6 (III), pp. 562—567. DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/nl051861e>.
19. Smart S.K., Cassady A.I., Lu G.Q., Martin D.J. The Biocompatibility of Carbon Nanotubes. Carbon. 2006, vol. 44, no. 6, pp. 1034—1047. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbon.2005.10.011>.
20. Korolev E.V. Nanotekhnologiya v stroitel'nom materialovedenii. Analiz sostoyaniya i dostizheniy. Puti razvitiya [Nanotechnology in Construction Material Science. Analysis of the State and Achievements]. Stroitel'nye materialy [Construction Materials]. 2014, no. 11, pp. 47—79. (In Russian)

About the authors: **Suraeva Ekaterina Nikolaevna** — postgraduate student, Department of Construction Materials and Technologies, **Ogarev Mordovia State University (Ogarev MSU)**, 68 Bolshevikskaia Str.,

Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ»), 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, 8 (495) 287-49-14, korolev@nocnt.ru.

Для цитирования: Сураева Е.Н., Ерофеев В.Т., Королев Е.В. Исследование биостойких сухих строительных смесей, модифицированных нанотрубками углерода // Вестник МГСУ. 2015. № 4. С. 104—114.

Saransk 430005, Republic of Mordovia, Russian Federation; +7 (8342) 47-40-19; suraevaen@yandex.ru;

Erofeev Vladimir Trofimovich — Doctor of Technical Sciences, Professor, chair, Department of Construction Materials and Technologies, dean, Architectural and Construction Department, **Ogarev Mordovia State University (Ogarev MSU)**, 68 Bolshevikskaya Str., Saransk 430005, Republic of Mordovia, Russian Federation; +7 (8342) 47-40-19; AL_Rodin@mail.ru;

Korolev Evgeniy Valer'evich — Doctor of Technical Sciences, Professor, director, Scientific and Educational Center “Nanomaterials and Nanotechnologies”, Vice-rector, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; +7 (495) 287-49-14, korolev@nocnt.ru.

For citation: Suraeva E.N., Erofeev V.T., Korolev E.V. Issledovanie biostoykikh sukhikh stroitel'nykh smesey, modifitsirovannykh nanotrubkami ugleroda [Investigation of Bioresistant Dry Building Mixes Modified by Carbon Nanotubes]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2015, no. 4, pp. 104—114.