

**Л.Б. Сватовская, Хаммади Мустафа, Рулла Са Бах Насэр (Россия, Ирак)**  
(Петербургский государственный университет путей сообщения  
им. императора Александра I; e-mail: lbsvatovskaya@yandex.ru)

## **ПОЛУЧЕНИЕ ПЕНОБЕТОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОЦЕССА ПОГЛОЩЕНИЯ НАНОРАСТВОРА ПРИ ТВЕРДЕНИИ**

*Показаны строительно-технические свойства пенобетонов разной плотности, полученных с использованием процесса поглощения нанораствора при твердении. Исследованы модифицированные пенобетоны.*

*Ключевые слова: пенобетоны, свойства, исследование, структура, поры.*

### **L.B. Svatovskaya, Hammady Mustafa, Rulla Sa Bah Naser (Russia, Iraq)** **OBTAINING FOAMCONCRETE BY MEANS OF THE NANOSOLUTION ABSORPTION HARDENING**

*Building properties of the foamconcrete obtained by means of nanosolution absorption are being shown. The absorption was used during hardening processes of the different density foamconcrete. Obtained such a way foamconcrete has been researched.*

*Key words: foamconcrete, properties, research, structure, pores.*

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 13 апреля 2015 г.

В работах [1-6] было установлено, что в методе модифицирования пенобетонов при твердении нанораствором (на примере кремнезоля) оптимальной является 1,5 % концентрация раствора кремнезоля, который поглощается в течение 10 часов после 3 дневного твердения пенобетонов в естественных условиях. Основные достижения в свойствах пенобетонов, полученных по технологии поглощения нанорастворов показаны в табл. 1.

Таблица 1

#### **Достижения в свойствах модифицированного пенобетона**

Средняя плотность пенобетонов, кг/м <sup>3</sup>	D400	D500	D600
Ёмкость поглощения, С, кг/м <sup>3</sup>	0,24	0,30	0,36
Масса поглощенного 1,5 %-раствора кремнезоля, кг/м <sup>3</sup>	16	20	25
Рассчитанное примерное количество дополнительных гидросиликатов, кг/м <sup>3</sup>	0,38	0,47	0,57
Изменение прочности образцов пенобетонов при сжатии в возрасте 28 суток, +ΔR <sub>сж</sub> , Па	0,35 (77 %)	1,16 (124 %)	1,30 (94 %)
Изменение прочности образцов бетонов при изгибе в возрасте 28 суток, +ΔR <sub>изг</sub> , Па (%)	0,12 (85 %)	0,52 (71 %)	0,48 (45 %)
Изменение морозостойкости образцов пенобетонов, ΔF, циклы	10	20	25
Изменение водопоглощения образцов пенобетонов, ΔВ, %	37,7	50,9	56,4
Изменение усадки образцов пенобетонов, ΔУ, %	70	69	69

В табл. 1 в строке 2 введена новая характеристика для такой технологии – ёмкость поглощения, которая подтверждает взаимосвязи этого параметра с достигаемыми свойствами.

Для того, чтобы определить количественные параметры структуры камня, полученного методом модифицирования, были использованы электронный микроскоп (РЭМ) JSM-35CF (ф. JEOL), и микроанализатор (РМА) энергодисперсионного типа INKA-400 (ф. Oxford Instruments). Представляли интерес следующие параметры структуры камня разной плотности с кремнеземом по сравнению с контрольным:

- средний диаметр макропор,  $D_1$ ;
- средняя толщина между ними стенок,  $D_2$ ;
- средний диаметр микропор в стенках,  $d_{п}$ ;
- параметр проницаемости камня, как доля площади, с микропорами и микротрещинами  $S/S_0$ ;
- максимальная глубина пропитки,  $h_{РМА}/H$ ;
- новые фазы, н/ф;
- максимальная глубина, на которой есть новые фазы,  $h_{но}$  мм;
- отношение  $CaO/SiO_2$ .

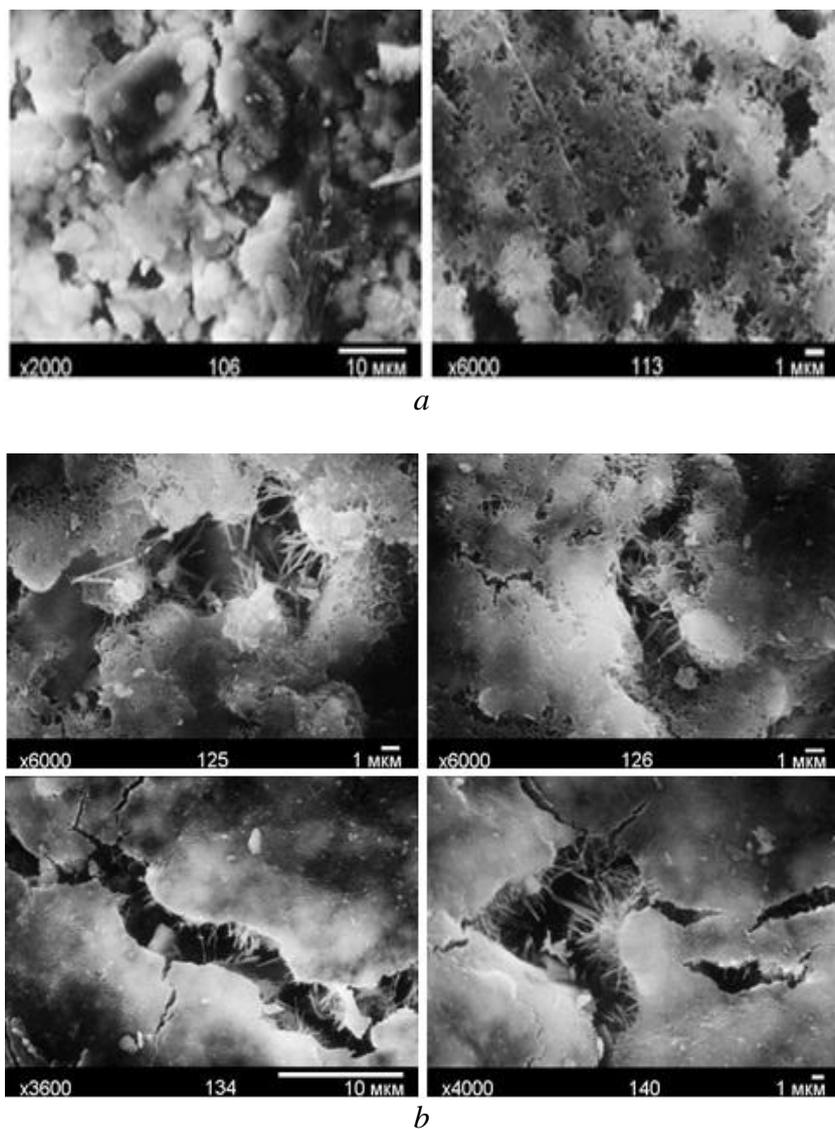
Полученные результаты показаны в табл. 2.

Таблица 2

**Результаты исследования электронно-микроскопического анализа структуры пенобетонов**

№	Образец	Средняя плотность, $кг/м^3$					
		D400		D500		D600	
		контр	с золем	контр	с золем	контр	с золем
1	$D_1$ , мм	3,0	2,8	2,4	2,0	1,8	1,7
2	$D_2$ , мм	0,5	0,6	0,3	0,3	0,25	0,27
3	$d_{п}$ , мкм	4,5	3,0	4,5	3,7	3,9	3,5
4	$S/S_0$	0,18	0,09	0,16	0,11	0,26	0,15
5	$h_{РМА}/H$	–	12,5	–	12,5	–	12,5
6	н/ф	–	+	–	++	–	+++
7	$h_{но}$ , мм	–	7	–	10	–	12
8	$CaO/SiO_2$	5,2	4,8	3,5	3,2	3,0	2,6

Анализ табл. 2 показывает, что средний диаметр макропор в камне любой плотности с кремнеземом меньше по сравнению с контрольным – строка 1 в таблице, средняя толщина стенок между порами становится больше (строка 2); средний размер микропор меньше (строка 3); параметр проницаемости камня с золем уменьшается до 2-х раз (строка 4); максимальная глубина пропитки (строка 5) до глубины более 10 мм; новые фазы (строка 6) в камне с золем просматриваются; максимальная глубина, на которой есть новые фазы (строка 7), зависит от плотности и соотношений  $CaO/SiO_2$ , в камне с золем падает (строка 8), что свидетельствует о понижении основности гидросиликатов. Сказанное можно увидеть на рис. 1, который показывает, что с кремнеземом (позиции *b* по сравнению с позицией *a*) новые фазы имеют форму иголок, которые растут из стенок пор и трещин, частично закрывая их.



**Рис. 1.** Электронно-микроскопические фотографии образцов пенобетона  
*a* – марка D600 контрольный; *b* – с золом

### **Выводы**

1. Определены методом электронной микроскопии параметры, характеризующие изменения структуры при поглощении кремнезоль в процессе твердения пенобетона.
2. Показано, что изменение структуры цементного камня и образующиеся гидросиликаты кальция отличаются игольчатой морфологией и прорастают внутрь пор.

## Литература

1. **Хаммади Мустафа.** Технология повышения прочности бетонных строительных конструкций с использованием нанорастворов // Технологии техносферной безопасности. Вып. 3 (55). 2014. [http:// ipb.mos.ru/ttb](http://ipb.mos.ru/ttb).

2. **Сычева А.М., Князев А.Е., Хаммади Мустафа, Бойкова Т.И.** Повышение энерго-сберегающих свойств материалов для строительства с использованием добавок с наноструктурными элементами // Естественные и технические науки. 2012. № 6. С. 602-605.

3. **Сватовская Л.Б., Сычева А.М., Хаммади Мустафа, Бойкова Т.И.** Использование метода капиллярного подсоса нанорастворов для развития геоэкозащитных строительных технологий транспорта // Известия ПГУПС. 2013. № 3. С. 67-72.

4. **Сватовская Л.Б., Хаммади М.** Инновационные решения повышения свойств цементных изделий // Бетон и железобетон. 2014. № 5. С. 7-8.

5. **Сватовская Л.Б., Сычева А.М., Елисеева Н.Н.** Повышение качества неавтоклавного пенобетона добавками наноразмера // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. №1. 2011, С. 50.

6. **Сычева А.М., Елисеева Н.Н., Мартынова В.Д., Шершнев М.В., Князев А.Е.** Модифицирование поверхности изделий из неавтоклавного пенобетона растворами неорганических золь // Транспортное строительство. 2012. № 8. С. 12-13.