

Огурцова Ю. Н., аспирант, м. н. с.,  
Строкова В. В., д-р. техн. наук, проф.,  
Боцман Л. Н., канд. техн. наук, доц.,  
Ищенко А. В., аспирант,  
Лабужева М. В., студент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ВЛИЯНИЕ СОСТАВА МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА НА СТЕПЕНЬ ПРОПИТКИ МАТРИЦЫ СОДЕРЖИМЫМ ГРАНУЛИРОВАННОГО НАНОСТРУКТУРИРУЮЩЕГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ\*

ogurtsova.y@yandex.ru

Одним из способов повышения стойкости бетона к миграции влаги является снижение водоцементного отношения (В/Ц), повышение плотности матрицы. При использовании гранулированного наноструктурирующего заполнителя (ГНЗ) высокая плотность матрицы может отрицательно сказаться на степени ее пропитки гидрофобизирующим раствором полисиликатов натрия. В связи с этим, в работе установлен оптимальный состав бетонной матрицы, удовлетворяющий одновременно следующим условиям: обеспечение минимальной миграции влаги в материале за счет максимальной пропитки гидрофобизирующим раствором с сохранением высоких эксплуатационных характеристик.

**Ключевые слова:** гранулированный наноструктурирующий заполнитель, мелкозернистый бетон, водоцементное отношение, раствор полисиликатов натрия, пропитка.

**Введение.** Структурные особенности бетонной матрицы определяют механические и гидрофизические свойства бетона. При введении в состав мелкозернистого бетона гранулированного наноструктурирующего заполнителя (ГНЗ) повышается его водостойкость и прочность [1–3]. Это обусловлено тем, что при тепловлажностной обработке бетона с ГНЗ происходит выщелачивание аморфного кремнезема и формирование растворов полисиликатов натрия, с последующей их миграцией через оболочку ГНЗ в толщу бетона. Эпикристаллизационное модифицирование цементного камня ГНЗ приводит к инкапсуляции минеральных частиц цементного камня и мелкого заполнителя гидрофобизирующим слоем функциональных эпигенетических 2D-наносистем натросилита; монолитизации структуры мелкозернистого бетона при перколяции растворенного вещества, что ведет к снижению микропористости цементно-песчаной матрицы [3].

В связи с тем, что растворы полисиликатов натрия проявляют значительные гидрофобизирующие свойства, важным является увеличение степени пропитки мелкозернистого бетона. На степень пропитки мелкозернистого бетона продуктами реакции ядра ГНЗ помимо особенностей состава заполнителя (активность кремнеземного сырья, количество щелочи), а также его количества в составе бетона и зернового состава, оказывают влияние и особенности матрицы мелкозернистого бетона.

Для повышения эффективности действия ГНЗ при формировании контактной зоны с цементной матрицей необходимым является опре-

деление влияния микро- и капиллярной пористости бетона на степень пропитки. Регулирование микро- и капиллярной пористости осуществляется изменением количества воды и вяжущего в составе бетонной матрицы [4, 5]. В связи с этим, в данной работе рассмотрен вопрос влияния состава бетонной матрицы на характеристики композита с ГНЗ, а именно, соотношения «цемент : песок» и В/Ц.

**Методология.** В данной работе использовался ГНЗ фракции 0,63–1,25 мм на основе опоки Алексеевского месторождения (респ. Мордовия). В качестве гидрофобизатора в составе ГНЗ использовался стеарат кальция – порошкообразная водонерастворимая соль стеариновой кислоты.

Микроструктурные особенности образцов мелкозернистого бетона на основе ГНЗ исследованы с использованием сканирующего электронного микроскопа высокого разрешения TESCAN MIRA 3 LMU.

**Основная часть.** Для исследования влияния состава бетонной матрицы на характеристики мелкозернистого бетона с ГНЗ использованы образцы бетона с одинаковым значением водоцементного соотношения, но при различном соотношении «цемент : песок», а также образцы с одинаковым соотношением «цемент : песок», но при различном водоцементном отношении (В/Ц) (табл. 1). Количество ГНЗ в составе бетона – 30 % от объема смеси.

С целью выявления влияния именно пропитки на характеристики бетона все составы (с различным соотношением «цемент : песок» и В/Ц) были продублированы без ГНЗ (№№ 7–12,

табл. 1).

Сравнение характеристик составов мелкозернистого бетона с ГНЗ и без него позволяет отметить значительное снижение водопоглощения образцов с ГНЗ при сохранении величины прочности на сжатие.

Изменения соотношения «цемент : песок» в сторону увеличения количества песка приводит к снижению прочности мелкозернистого бетона как с ГНЗ, так и без него. Влияние изменения В/Ц на свойства мелкозернистого бетона с ГНЗ и без отличается. В мелкозернистом бетоне без ГНЗ увеличение В/Ц приводит к снижению прочности на сжатие и увеличению водопогло-

щения в результате повышения капиллярной пористости. А в случае использования ГНЗ повышение В/Ц позволяет раствору полисиликатов натрия в большей степени пропитывать бетонную матрицу, что обеспечивает повышение ее прочности и снижение водопоглощения. В свою очередь, уменьшение В/Ц, вследствие снижения капиллярной пористости бетонной матрицы приводит к снижению степени пропитки композита и развитию деструктивных процессов из-за давления образующегося раствора, что негативно сказывается на величинах прочности на сжатие и водопоглощения мелкозернистого бетона.

Таблица 1

**Влияние состава матрицы мелкозернистого бетона на характеристики композита**

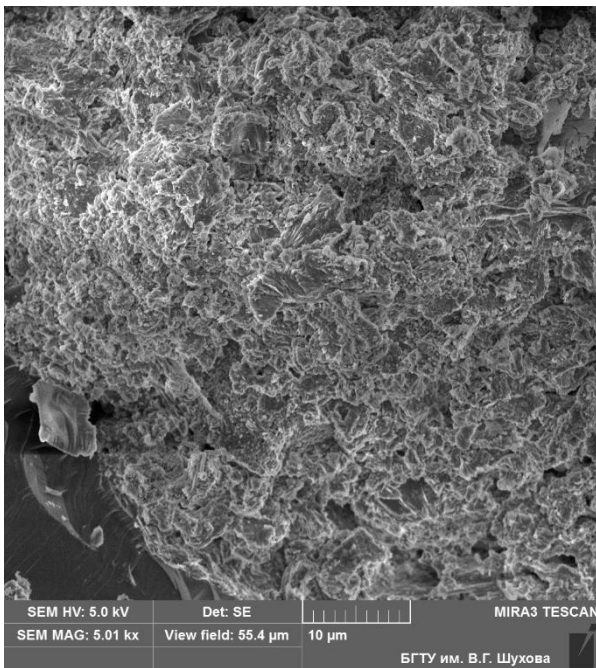
№ состава	Соотношение «цемент : песок»	В/Ц	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность на сжатие, МПа	Водопоглощение, %
Составы с ГНЗ					
1	1/2	0,4	1844,37	37,7	3,0
2	1/3		1647,50	31,3	3,4
3	1/4		1594,37	24,6	4,7
4	1/3	0,3	1646,87	28,4	3,7
5		0,4	1647,50	31,3	3,4
6		0,5	1720,62	35,6	1,5
Составы без ГНЗ					
7	1/2	0,4	2113,12	42,7	5,8
8	1/3		2083,75	31,1	8,2
9	1/4		1926,25	26,1	11,1
10	1/3	0,3	2099,37	34,8	6,6
11		0,4	2083,75	31,1	8,2
12		0,5	2064,37	29,1	9,4

Стоит отметить, что при повышенном расходе вяжущего в мелкозернистом бетоне с ГНЗ (состав № 1, см. табл. 1) средняя плотность и прочность на сжатие максимальна, что обусловлено формированием более плотной структуры. Составы с максимальным количеством вяжущего у обоих видов бетона характеризуются низким водопоглощением по той же причине. Однако, у бетона с ГНЗ минимальное водопоглощение наблюдается у состава с максимальным В/Ц, что еще раз подтверждает повышение степени пропитки.

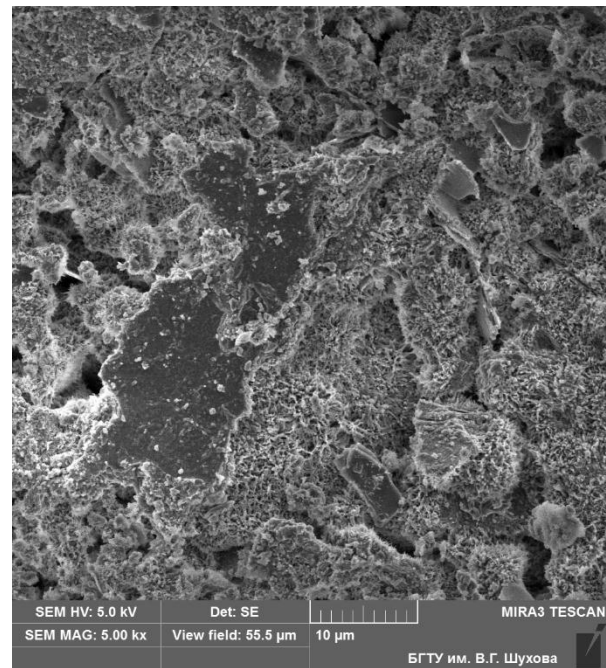
Отмеченные особенности мелкозернистого бетона с ГНЗ подтверждаются и результатами исследования микроструктурных особенностей. При увеличении В/Ц структура мелкозернистого бетона без ГНЗ характеризуется большей пористостью (рис. 1, б). В свою очередь, при увеличении В/Ц мелкозернистого бетона с ГНЗ (рис. 2, б) можно отметить повышение однородности микроструктуры, снижение количества дефектов

и трещин. Частицы цементного камня и мелкого заполнителя равномерно покрыты гидрофобизирующим слоем функциональных систем натросилита.

**Выводы.** Анализ эксплуатационных характеристик и особенностей микроструктуры образцов мелкозернистого бетона позволяет установить, что введение ГНЗ обеспечивает значительное снижение водопоглощения при сохранении прочности на сжатие. Отличительной особенностью мелкозернистого бетона с ГНЗ является улучшение эксплуатационных характеристик при увеличении водоцементного отношения. Формируемая капиллярная пористость позволяет гидрофобизирующему раствору полисиликатов пропитывать матрицу без создания избыточного давления и нарушения структуры. Повышение степени пропитки матрицы мелкозернистого бетона раствором полисиликатов натрия способствует повышению ее прочности и значительному снижению водопоглощения.

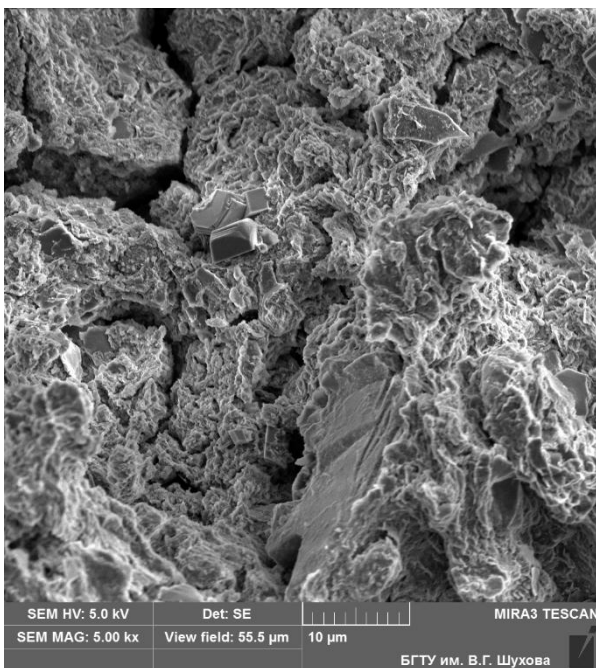


а

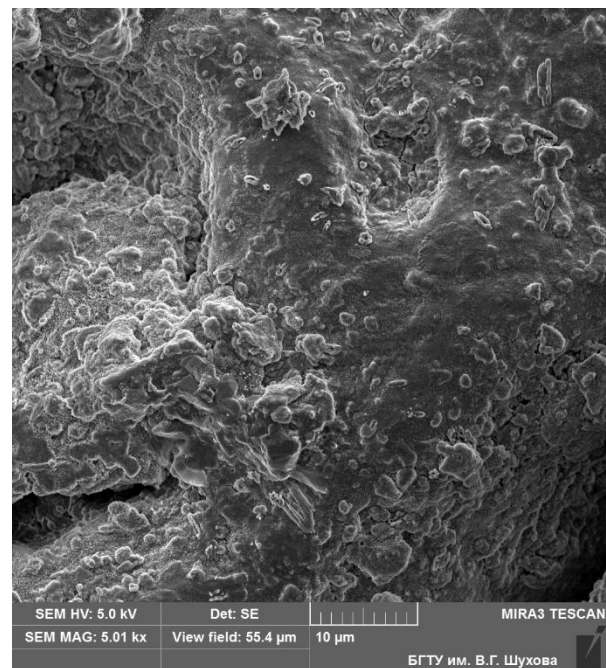


б

Рис. 1. Микроструктура мелкозернистого бетона без ГНЗ с соотношением «цемент : песок» 1:3 при В/Ц равном: а – 0,4; б – 0,5



а



б

Рис. 2. Микроструктура мелкозернистого бетона с ГНЗ с соотношением «цемент : песок» 1:3 при В/Ц равном: а – 0,4; б – 0,5

*\*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках: государственного задания; программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова, в рамках стипендии Президента Российской Федерации молодым ученым и аспирантам, с использованием оборудования Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.*

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лесовик В.С., Мосьпан А.В., Беленцов Ю.А., Ряпухин Н.В. Силикатные изделия на гранулированных заполнителях для сейсмостойкого строительства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. №4. С. 62–65.
2. Строкова В.В., Соловьева Л.Н., Мосьпан В.И., Ходыкин Е.И., Гринев А.П. Конструкци-

онные легкие бетоны на основе активных гранулированных заполнителей // Строительные материалы. 2009. №10. С. 23–25.

3. Строкова В.В., Жерновский И.В., Максимов А.В., Огурцова Ю.Н., Соловьева Л.Н. Последовательность процессов формирования цемента-песчаной матрицы бетона при использовании гранулированного наноструктурирующего заполнителя // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6; URL: <http://www.science-education.ru/106-7874> (дата

обращения: 24.12.2012).

4. Лукутцова Н.П., Анисимов П.В. Физические процессы при гидратации цемента // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. №2. С. 25–27.

5. Бенц Д.П., Пельц М.А., Унипелер Дж. Влияние водоцементного отношения на свойства цементных композиций в ранней стадии их твердения // Цемент и его применение. 2011. №3. С. 47–52.