

Е.В. КОРОЛЕВ и др. Химический состав наномодифицированного композиционного вяжущего...

УДК 691.54

КОРОЛЕВ Евгений Валерьевич, д-р техн. наук, проф., директор научно-образовательного центра «Наноматериалы и нанотехнологии», Московский государственный строительный университет; Ярославское ш., 26, г. Москва, Российская Федерация, 129337, korolev@nocnt.ru;

ГРИШИНА Анна Николаевна, канд. техн. наук, старший научный сотрудник научно-образовательного центра «Наноматериалы и нанотехнологии», Московский государственный строительный университет; Ярославское ш., 26, г. Москва, Российская Федерация, 129337, GrishinaAN@mgsu.ru;

САТЮКОВ Антон Борисович, аспирант, Московский государственный строительный университет; Ярославское ш., 26, г. Москва, Российская Федерация, 129337, info@nocnt.ru

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ НАНОМОДИФИЦИРОВАННОГО КОМПОЗИЦИОННОГО ВЯЖУЩЕГО С ПРИМЕНЕНИЕМ НАНО- И МИКРОРАЗМЕРНЫХ ГИДРОСИЛИКАТОВ БАРИЯ¹

В статье представлены результаты исследования химического состава цементного камня, модифицированного микроразмерными гидросиликатами бария, цементного камня, модифицированного наноразмерными гидросиликатами бария и цементного камня, модифицированного микро- и наноразмерными гидросиликатами бария с применением комплекса методов исследования: ИК-Фурье спектроскопии, дифференциально-термического и рентгенофазового анализов. Проведена идентификация образующихся фаз и сравнительная количественная оценка их содержания. Установлено, что применение nano- и микроразмерных добавок гидросиликатов бария обеспечивает снижение содержания портландита на 27...28%, а при их совместном применении – на 83,3%. Введение nano- и микроразмерных модификаторов позволяет увеличить количество гидросиликатов кальция в продуктах твердения, а также способствует формированию мелкокристаллической структуры продуктов гидратации. Микроразмерные гидросиликаты бария являются химически активной добавкой и способствуют образованию дополнительного количества гидросиликатов кальция типа CSH (I). Применение наноразмерных гидросиликатов бария способствует формированию гидросиликатов кальция CSH (I), CSH (II), риверсайлита и ксонотлита. Совместное использование nano- и микроразмерных гидросиликатов бария позволяет увеличить содержание фазы CSH(II), что подтверждается дифференциально-термиче-

¹ Печатается при поддержке гранта Президента РФ МК-5911.2013.8

ским и рентгенофазовым анализами, а так же CSH (I), риверсайдита и различных тоберморитов. Показано увеличение эффективности использования наноразмерных гидросиликатов бария при их введении в композиционное вяжущее, оптимизированное на микроуровне.

Ключевые слова: химический состав, цементный камень, композиционное вяжущее, наноразмерные гидросиликаты бария, микроразмерные гидросиликаты бария, нанотехнология.

Технологии наномодифицирования строительных композитов, в том числе вяжущих веществ, в настоящее время активно развиваются. Отмечаются положительные результаты применения наномодификаторов различной природы: фиксируется повышение физико-механических и эксплуатационных свойств, в частности, плотности и прочности [1–7]. Безусловно, это позволяет расширять область применения многих материалов, что с позиции эффективности применения нанотехнологии в строительном материаловедении является обоснованием ее использования [8, 9].

Увеличение плотности композитов является предпосылкой для применения строительных материалов специального назначения, а именно: радиационно-защитных композитов. Использование вяжущих, обеспечивающих получение искусственного камня с меньшей пористостью, повышает эффективность ослабления излучения защитными материалами.

В работах [10, 11] отмечается, что наномодифицирование композиционных материалов эффективно только при введении наномодификатора в материалы, оптимизированные на микроструктурном уровне. При этом не указывается, как необходимо реализовывать технологию наномодифицирования: посредством последовательной оптимизации, то есть введением на первом этапе микроразмерных добавок, а затем (второй этап) наноразмерных объектов или одновременным введением нано- и микроразмерных модификаторов. Очевидно, что первый вариант оптимизации имеет преимущества, позволяя получить не только эмпирические данные по влиянию разноразмерных добавок на струк-

турообразование материала, но и провести адекватную оценку эффективности нанотехнологии.

В качестве объекта исследования был выбран цементный камень, а инструмента для модификации – нано- и микроразмерные гидросиликаты бария, которые продемонстрировали эффективность на указанных вяжущих [12]. Авторами [1, 13...15] отмечается, что извне вводимые гидросиликаты проявляют химическую активность и оказывают влияние на химический состав продуктов гидратации цемента. Отсюда закономерно предположить, что нано- и микроразмерные гидросиликаты бария также будут оказывать аналогичное влияние на химический состав продуктов гидратации.

При проведении исследований использовали: портландцемент ЦЕМ I 42,5 Б производства ОАО «Мордовцемент», химический состав которого приведен в табл. 1, микроразмерные гидросиликаты бария, синтезированные по технологии, изложенной в [16], и имеющие средний размер частиц – 6 мкм, а также наноразмерные гидросиликаты бария с характерными размерами – 35...45 нм, технология изготовления которых изложена в [17].

Исследования проводили на следующих системах:

Состав №1 – цементный камень, оптимизированный только микроразмерными гидросиликатами бария (первый этап оптимизации);

Состав №2 – цементный камень, оптимизированный только наноразмерными гидросиликатами бария;

Состав №3 – цементный камень, оптимизированный последовательно микро- и наноразмерными гидросиликатами бария (второй этап оптимизации).

Исследования проводили с применением комплекса методов: инфракрасной спектроскопии, дифференциально-термического и рентгенофазового анализов.

Таблица 1

Химико-минералогический состав клинкера ОАО «Мордовцемент»

Вещество, %										
MgO	Cl ⁻	SO ₃	Na(K)₂O	н.о.	ппп	CaO	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
1,5 ± 0,15	0,07 ± 0,02	0,70 ± 0,2	0,75 ± 0,25	0,35 ± 0,05	0,10 ± 0,05	0,2 ± 0,1	62 ± 3	14 ± 1	6,5 ± 1	12 ± 1

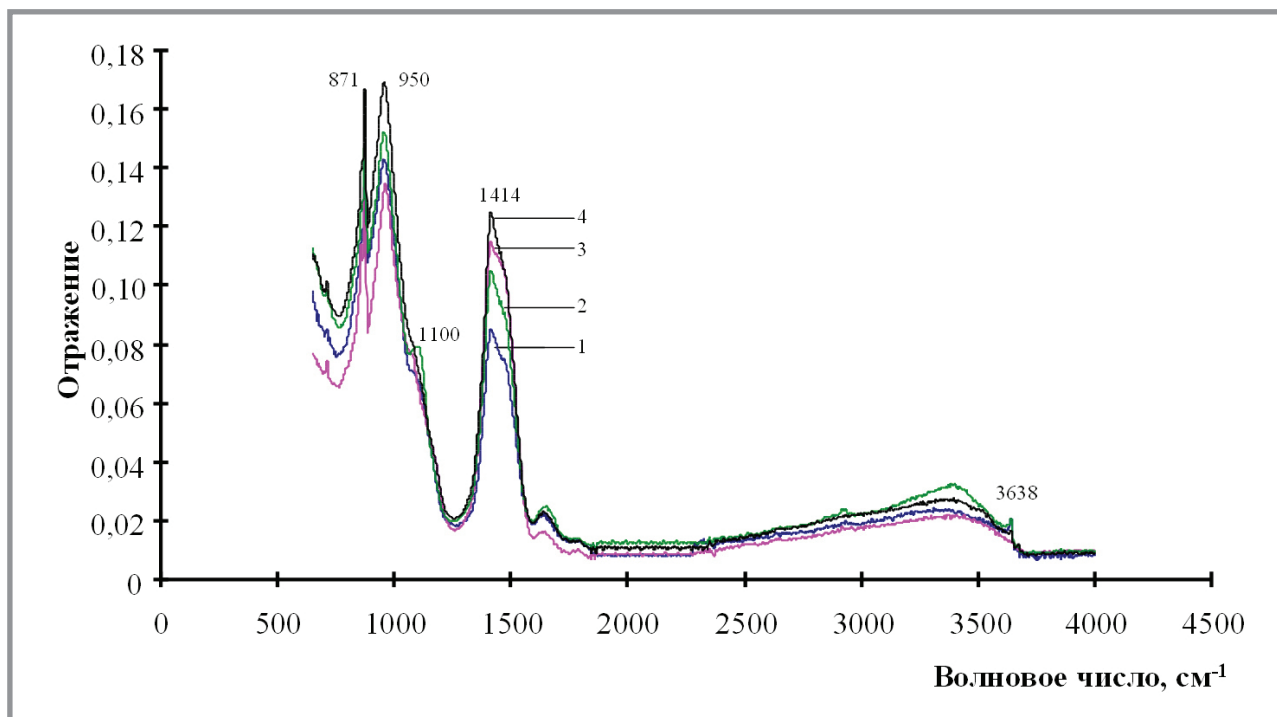


Рис. 1. ИК-спектрограммы:

1 – состав № 1; 2 – цементный камень, контрольный состав;
3 – состав № 2; 4 – состав № 3

Сравнение ИК-спектров указанных составов показывает, что отклики наблюдаются при одинаковых волновых числах (рис. 1), однако отличаются интенсивностью.

Анализ рис. 1 показывает, что химический состав продуктов гидратации имеет характерные отклики при 3638; 1414; 1100; 871 см⁻¹. Полоса при 3638 см⁻¹ вызвана колебаниями ОН-групп. Этот отклик может принадлежать как портландиту, так и гидросиликатам группы ксонотлита или другим гидросиликатам аналогичной структуры относительно положения гидроксильной группы. Известно, что введение наноразмерных гидросиликатов значительно снижает содержание портландита в цементном камне [18]. Указанный максимум четко выражен для цементного камня контрольного состава, поэтому снижение его интенсивности для остальных составов, вероятно, вызвано уменьшением концентрации портландита.

Максимумы при 1414 см⁻¹ характеризуют деформационные колебания гидроксильных групп в вершинах кремнекислородных тетра-

эдров, а также могут принадлежать карбонату кальция или свидетельствовать о присутствии обоих компонентов. Учитывая, что наименьшая интенсивность характерна для состава, содержащего микроразмерную добавку на основе гидросиликатов бария, которая содержит карбонатную составляющую, то, очевидно, что в исследованных составах аномалия при 1414 см^{-1} характеризует содержание гидросиликатов. Кроме того, совокупность полосы 1414 см^{-1} и широкой полосы спектра в области $3300\text{--}3500\text{ см}^{-1}$ свидетельствует о наличии субмикросталлических тоберморитоподобных гидросиликатов кальция. Введение нано- и микроразмерных гидросиликатов бария (составы № 2 и 3) увеличивает интенсивность отклика при 1414 см^{-1} , что свидетельствует об увеличении количества образующихся гидросиликатов кальция при использовании добавок. Следует отметить, что максимальная интенсивность характерна для состава № 3, содержащего нано- и микроразмерные гидросиликаты бария, что свидетельствует о повышении эффективности наномодификатора на оптимизированной на микроуровне структуре.

Отклики в диапазоне $800\text{--}1100\text{ см}^{-1}$ характерны для гидросиликатов кальция. Так, линии при 1100 см^{-1} характеризуют колебания остова Si–O–Si, симметричных и ассиметричных связей Si–O, свойственных тоберморитоподобным структурам. Указанный максимум слабо выражен, однако введение всех рассматриваемых добавок позволяет повысить его интенсивность. Интенсивные отклики при 1100 см^{-1} характерны для микроразмерных гидросиликатов бария [19], однако цементный камень, модифицированный микроразмерными гидросиликатами бария, имеет слабый отклик, что указывает на химическую активность микроразмерных гидросиликатов бария и подтверждается химическими исследованиями (см. табл. 2; результаты получены в соответствии с ускоренной методикой определения активности минеральных добавок по растворимости в 20% растворе КОН [20]).

Линия 950 см^{-1} соответствует валентным колебаниям Si(OH) трех типов, а также колебаниям групп гидросульфатоалюминатов кальция. Введение нано- и/или микроразмерных гидросиликатов бария, в основном, увеличивает интенсивность указанной линии. Максимум при 871 см^{-1} характерен для этtringита и веществ, содержащих $-(\text{Si}_4\text{O}_{10})_\infty$. Введение нано- и/или микроразмерных гидросиликатов бария приводит к увеличению указанного отклика. Однако для адекватной иденти-

Таблица 2

Химическая активность микроразмерных гидросиликатов бария к щелочам

№ п/п	Количество осадителя, %	Химическая активность, %
1	60	53,94
2	70	53,56
3	80	51,65
4	90	51,51
5	100	47,60

фикации указанного максимума необходимы дополнительные исследования.

ИК-спектроскопия не позволяет из-за наложения откликов идентифицировать некоторые фазы. Поэтому для анализа дополнительно использовали метод дифференциально-термического анализа (рис. 2).

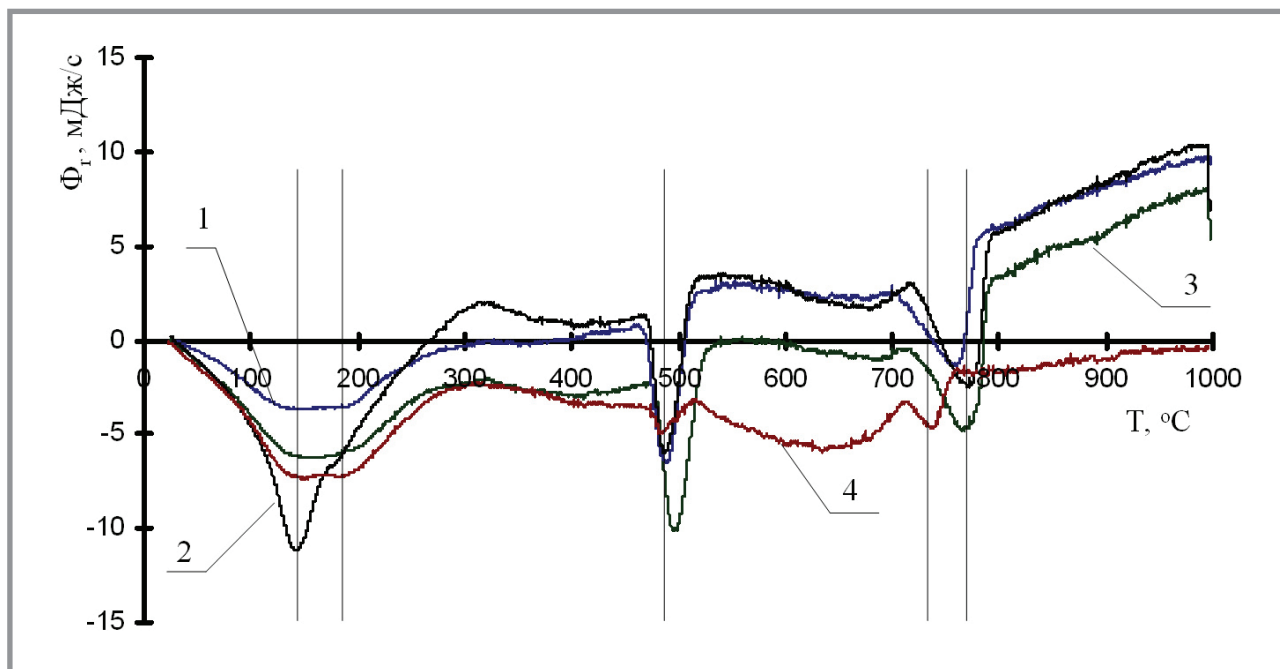


Рис. 2. Результаты дифференциально-термического анализа:

1 – цементный камень, контрольный состав; 2 – состав № 1;

3 – состав № 2; 4 – состав № 3

Анализ рис. 2 показывает, что при прочих равных условиях введение добавок увеличивает интенсивность аномалии при 130...150°C, что указывает на повышение степени гидратации цемента. Существенное увеличение минимума при температуре 130...150°C наблюдается для состава № 1, что может также объясняться дополнительной дегидратацией гидросиликатов бария состава $BaO \cdot SiO_2 \cdot 6H_2O$. Следует отметить, что совместное введение добавок (состав № 3) уменьшает интенсивность минимума, что указывает на увеличение количества связываемых гидросиликатов бария. При введении добавок более выраженным становится минимум при ~175°C, характерный для составов, содержащих CSH (II). Также известно, что аномалия при 160...180°C соответствует гидросульфалоюмоферриту кальция, образование которого возможно вследствие введения железосодержащего наномодификатора.

Совместное введение нано- и микроразмерных гидросиликатов бария (состав № 3) приводит к существенному уменьшению содержания портландита в материале, что отражается уменьшением аномалии при ~500°C.

Следует отметить, что разложение гидросиликатов и карбоната кальция в исследуемых составах происходит при близкой по значению температуре – 750...775°C. Интенсивность аномалии существенно не изменяется, кроме состава № 3, что может объясняться формированием гидросиликатов кальция другого состава или уменьшением количества карбонатной фазы. Однако на термограмме наблюдается аномалия, не характерная для других кривых – минимум без крутых переломов при 600...700°C, характерный для гидросиликатов кальция типа C–S–H (II), что возможно при связывании портландита.

Исследование фазового состава наномодифицированного цементного камня методом рентгенофазового анализа также указывает на снижение количества портландита при введении нано- и/или микроразмерных гидросиликатов бария (рис. 3). Причем, введение нано- или микроразмерных гидросиликатов бария приводит к приблизительно одинаковому снижению содержания портландита в композите на 27...28% (составы № 1 и № 2). При совместном введении нано- и микроразмерных гидросиликатов бария (состав № 3) наблюдается синергетический эффект – содержание портландита снижается на 83,3% (что согласуется с данными ИК-спектроскопии и ДТА). Анализ рентгенограммы цементного камня контрольного состава показывает, что среди гидросилика-

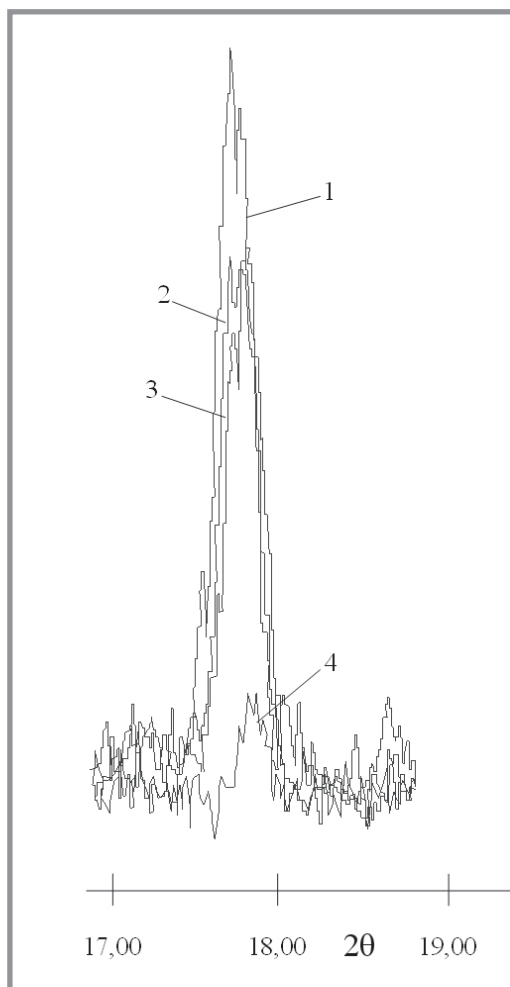


Рис. 3. Рентгенограмма цементного камня:

- 1 – контрольный состав;
2 – состав № 2; 3 – состав № 1;
4 – состав № 3

тов кальция преобладает гидросиликат кальция группы CSH (I), имеется незначительное количество тоберморитоподобного гидросиликата – риверсайдита, а также гидросиликатов кальция, состава $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot a\text{q} \cdot 3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot a\text{q}$. Введение наноразмерных гидросиликатов бария (состав № 2) приводит к общему увеличению интенсивности максимумов, отвечающих гидросиликатам кальция, особенно линии $3,06 \text{ \AA}$, принадлежащей различным гидросиликатам кальция (CSH (I), CSH (II), присутствует незначительное количество риверсайдита и ксонотлита). Введение микроразмерных гидросиликатов бария (состав № 1) способствует увеличению содержания гидросиликатов кальция типа CSH (I). При совместном введении нано- и микроразмерных гидросиликатов кальция (состав № 3) образуются гидросиликаты групп CSH (I) и CSH (II), возрастает количество риверсайдита, различных тоберморитов ($x\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$). Также введение гидросиликатов бария приводит к уширению максимумов гидросиликатов кальция, что свидетельствует о формировании мелкокристаллической

структуры композита и, соответственно, повышению прочностных характеристик материала (рис. 4).

Таким образом, анализ продуктов гидратации модифицированного цементного камня комплексом методов показывает, что при использовании нано- и/или микроразмерных гидросиликатов бария увеличивается содержание гидросиликатов кальция в продуктах гидратации и снижается содержание портландита. Применение наноразмерных добавок на оптимизированных на микроструктуре материалах позволяет повысить их эффективность.

Е.В. КОРОЛЕВ и др. Химический состав наномодифицированного композиционного вяжущего...

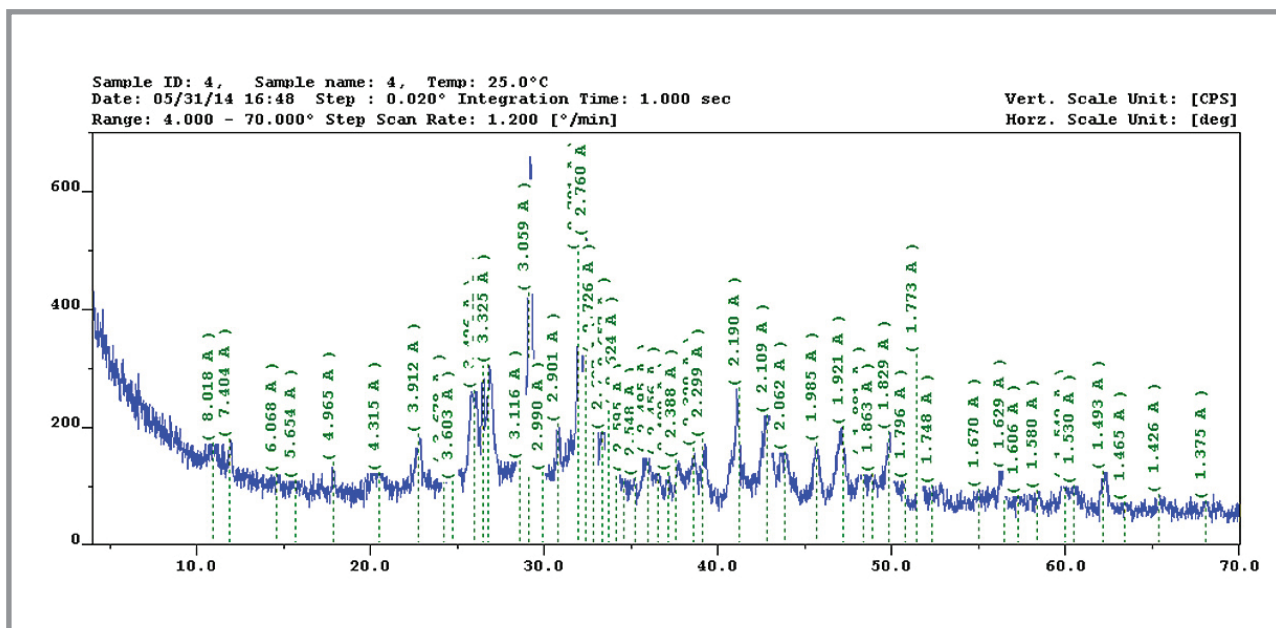


Рис. 4. Рентгенограмма цементного камня состава № 3

Указанные изменения химического состава цементного камня будут оказывать закономерное положительное влияние на эксплуатационные свойства материалов, изготовленных с применением наномодифицированного композиционного вяжущего (портландцемент с микроразмерными гидросиликатами бария).

Контакты

e-mail: info@nocnt.ru

Библиографический список:

1. *Макридин Н.И., Вернигорова В.Н., Максимова И.Н.* О микроструктуре и синтезе прочности цементного камня с добавками ГСК // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2003. – № 8. – С. 37–42.
2. *Яковлев Г.И., Первушин Г.Н., Корженко А.Б., Бурьянов А.Ф., Пудов И.А., Лушников А.А.* Модификация цементных бетонов многослойными углеродными нанотрубками // Строительные материалы. – 2011. – № 2. – С. 47–51.
3. *Сватовская Л.Б., Сычева А.М., Елисеева Н.Н.* Повышение качества неавтоклавного пенобетона добавками наноразмера // Нанотехнологии в строительстве. – 2011. – Т. 3, № 1. – С. 50–62. – <http://www.nanobuild.ru> (дата обращения: 31.07.2014).
4. *Габидуллин М.Г., Хузин А.Ф., Сулейманов Н.М., Тогулев П.Н.* Влияние добавки наномодификатора на основе углеродных нанотрубок на прочность цементного камня // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2011. – № 2 (16). – С. 185–189.
5. *Баженов Ю.М., Лукутцова Н.П., Матвеева Е.Г.* Исследования влияния наномодифицирующей добавки на прочностные и структурные параметры мелкозернистого бетона // Вестник МГСУ. – 2010. – № 2. – С. 215–218.
6. *Коротких Д.Н., Артамонова О.В., Чернышов Е.М.* О требованиях к наномодифицирующим добавкам для высокопрочных цементных бетонов // Нанотехнологии в строительстве. – 2009. – Т. 1, № 2. – С. 42–49. – <http://www.nanobuild.ru> (дата обращения: 31.07.2014).
7. *Лукутцова Н.П.* Наномодифицирующие добавки в бетон // Строительные материалы. – 2010. – № 9. – С. 101–104.
8. *Королев Е.В., Чевычалов А.А.* Методика оценки экономической целесообразности внедрения нанотехнологии // Нанотехнологии в строительстве. – 2012. – Т. 4, № 2. – С. 25–32. – <http://www.nanobuild.ru> (дата обращения: 31.07.2014).
9. *Королев Е.В.* Техничко-экономическая эффективность и перспективные строительные материалы // Региональная архитектура и строительство. – 2013. – № 3. – С. 9–14.
10. *Королев Е.В.* Оценка концентрации первичных наноматериалов для модифицирования строительных композитов // Строительные материалы. – 2014. – № 6. – С. 31–34.
11. *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. 88–91.
12. *Гришина А.Н., Королев Е.В.* Выбор бариевого наполнителя для радиационно-защитных материалов // Материалы VIII Международной конференции молодых ученых «Теория и практика повышения эффективности строительных материалов». – Пенза: ПГУАС. – 2013. – С. 48–53.
13. *Логанина В.И., Жегера К.В.* Применение синтезированных алюмосиликатов в рецептуре плиточного клея // Региональная архитектура и строительство. – 2014. – № 1. – С. 59–63.

Е.В. КОРОЛЕВ и др. Химический состав наномодифицированного композиционного вяжущего...

14. Гордиенко П.С., Ярусова С.Б., Супонина А.П., Крысенко Г.Ф., Буланова С.Б., Колзунов В.А., Баринов Н.Н. Гидрохимический синтез силикатов кальция в системах $\text{CaCl}_2 \cdot \text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \cdot \text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{KOH}$. Состав, структура, свойства // Вестник ДВО РАН. – 2009. – № 2. – С. 30–33.
15. Меледина Л.А. Новые наполнители и промоторы адгезии для резин, полученные на основе синтетических слоистых силикатов // Автореф. дис. ... к.х.н. – Москва, 2006. – 24 с.
16. Гришина А.Н., Королев Е.В. Выбор технологии радиационно-защитных материалов на основе силикатов или гидросиликатов тяжелых металлов // Строительство: наука и образование. – 2011. – № 2. – С. 3.
17. Гришина А.Н., Королев Е.В. Выбор технологии синтеза наноразмерных гидросиликатов бария // // Нанотехнологии в строительстве. – 2013. – Т. 5, № 4. – С. 111–119. – <http://www.nanobuild.ru> (дата обращения: 31.07.2014).
18. Вернигорова В.Н., Саденко С.М. Физико-химические основы материаловедения дисперсных строительных материалов. Часть II. Взаимодействие компонентов. Вода. Добавки. Наногидросиликаты кальция. Бетон. – Пенза: ПГУАС, 2011. – 230 с.
19. Гришина А.Н., Королев Е.В., Сатюков А.Б. Исследования состава наноразмерных гидросиликатов бария с применением методов ИК-спектроскопии // Международный научно-исследовательский журнал. – 2013. – № 8-2 (15). – С. 19–20.
20. Волженский А.В., Стамбулко В.И., Ферронская А.В. Гипсоцементно-пуццолановые вяжущие, бетоны и изделия. – М., 1971. – 317 с.

Уважаемые коллеги!

При использовании материала данной статьи просим делать библиографическую ссылку на неё:

Королев Е.В., Гришина А.Н., Сатюков А.Б. Химический состав наномодифицированного композиционного вяжущего с применением нано- и микроразмерных гидросиликатов бария // Нанотехнологии в строительстве. 2014. – Том 6, № 4. – С. 90–103. – URL: http://nanobuild.ru/ru_RU/ (дата обращения: _____).

Korolev E.V., Grishina A.N., Satyukov A. B. Chemical composition of nanomodified composite binder with nano- and micro-sized barium silicate. Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2014, Vol. 6, no. 4, pp. 90–103. Available at: http://nanobuild.ru/en_EN/ (Accessed _____). (In Russian).

УДК 691.54

KOROLEV Evgenij Valerjevich, Doctor of Engineering, Professor, Director of the Research and Educational Center «Nanomaterials and Nanotechnology», Moscow State University of Civil Engineering; Yaroslavskoye hw. 26, Moscow, Russian Federation, 129337, korolev@nocnt.ru;

GRISHINA Anna Nikolaevna, Ph.D. in Engineering, Research Officer of the Research and Educational Center «Nanomaterials and Nanotechnology», Moscow State University of Civil Engineering; Yaroslavskoye hw. 26, Moscow, Russian Federation, 129337, GrishinaAN@mgsu.ru;

SATYUKOV Anton Borisovich, Postgraduate, Moscow State University of Civil Engineering; Yaroslavskoye hw. 26, Moscow, Russian Federation, 129337, info@nocnt.ru

CHEMICAL COMPOSITION OF NANOMODIFIED COMPOSITE BINDER WITH NANO- AND MICROSIZED BARIUM SILICATE²

There are several possibilities to improve cement-based binders. In particular, many properties of cement stone can be enhanced by means of micro- and nanoscale modification. In a number of previous works we had shown that application of barium hydrosilicates leads to such improvement. The present article is devoted to the investigation of the chemical composition of the cement stone which is modified by means of addition of barium hydrosilicates. The modification was performed on different scales: micro- and nanoscale; the results of simultaneous multi-scale modification are also presented. The examination was carried out with help of different modern research techniques – FT IR spectroscopy, differential thermal analysis and X-ray phase analysis. Identification of the new phases and comparative quantitative assessment of their content are performed. It is found that the use of nano- and micro-sized barium hydrosilicates as additives leads to reduction of portlandite by 27...28%; by means of multi-scale modification it is possible to reduce the content of portlandite much more (by 83.3%). Due to addition of nano- and micro-sized barium-based modifiers both the amount of calcium hydrosilicates in reaction products is enlarged, and structure of the mentioned hydrosilicates is changed (the formation of a fine-grained structure of hydration products takes place). Micro-sized barium hydrosilicates are chemically active additives and promote the formation of an additional quantity of calcium hydrosilicates of type CSH (I). The use of nanoscale barium hydrosilicates promotes the formation of CSH (I) and CSH (II) calcium hydrosilicates, and also both riversidite and xonotlite. As a result of simultaneous application of nano- and micro-sized barium hydrosilicates the content of CSH (II) increases. This can be confirmed by means of differential thermal and X-ray analysis. The amount of CSH (I), riversidite and various tobermorites is also increases. It is shown that efficiency of the application of nanoscale barium hydrosilicates can be improved when such hydrosilicates are administered in a composite binder optimized at the micro-scale.

Key words: chemical composition, cement stone, composite binder, nanoscale barium hydrosilicates, microscale barium silicates, nanotechnology.

² This work is partially supported by Grant MK-5911.2013.8 of the Russian Federation President

References:

1. *Makridin N.I., Vernigorova V.N., Maksimova I.N.* On the Microstructure and Synthesis of Strength of Cement with Additives of CHS. *News of Higher Education Institutions. Construction.* 2003, no. 8. pp. 37–42. (In Russian)
2. *Yakovlev G.I., Pervushin G.N., Korzhenko A.B., Buryanov A.F., Pudov I.A., Lushnikova A.A.* Modification of Cement Concrete by Multi-walled Carbon Nanotubes. *Building Materials.* 2011, no. 2. pp. 47–51. (In Russian)
3. *Svatovskaya L.B., Sychev A.M., Eliseev N.N.* Improving the Quality of Non-autoclaved Aerated Concrete by Nanoscale Additives. *Nanotechnologies Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction.* 2011, Vol. 3, no. 4. pp. 61–69. Available at: http://nanobuild.ru/ru_RU (Accessed 31.07.2014).
4. *Gabidullin M.G., Huzin A.F., Suleimanov N.M., Togulev P.N.* Influence of Admixture of Nanomodifier Based on Carbon Nanotubes on Strength of Cement Stone. *News of the KSUAE.* 2011. no. 2 (16). pp. 185–189. (In Russian)
5. *Bazhenov Yu.M., Lukuttsova N.P., Matveeva E.G.* Examination of the Influence of Nanomodification on Strength and Structural Parameters of Fine-grained Concrete. *Vestnik MGSU.* 2010. no. 2. pp. 215–218. (In Russian)
6. *Korotkikh D.N., Artamonov O.V., Chernyshev E.M.* Requirements for Nanoscale Modifiers of High-performance Concretes. *Nanotechnologies Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction.* 2009, Vol. 1, no. 2. pp. 42–49. Available at: http://nanobuild.ru/ru_RU (Accessed 31.07.2014). (In Russian)
7. *Lukuttsova N.P.* Nanomodifiers for Concretes. *Building Materials.* 2010. no. 9. pp. 101–104.
8. *Korolev E.V., Chevychalov A.A.* Methods of Assessing the Economic Feasibility of the Nanotechnology. *Nanotechnologies Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction.* 2012, Vol. 4, no. 2. pp. 25–32. Available at: http://nanobuild.ru/ru_RU (Accessed 31 Jul 2014). (In Russian)
9. *Korolev E.V.* Technical and Economical Efficiency and Prospective Construction Materials. *Regional architecture and construction.* 2013. no. 3. pp. 9–14. (In Russian)
10. *Korolev E.V.* Estimation of Concentration of the Primary Nanomaterials for Modification of the Construction Composites. *Building Materials.* 2014. no. 6. pp. 31–34. (In Russian)
11. *Kalashnikov V.I., Erofeev V.T., Morozov M.N., Troyanov I.Y., Volodin V.M., Suzdaltsev O.V.* Nanohydrosilicate Technology in the Production of Concrete. *Building Materials.* 2014. no. 5. pp. 88–91. (In Russian)
12. *Grishina A.N., Korolev E.V.* Selecting Barium Filler for Radiation-protective Materials. *Proceedings of the VIII International Conference of Young Scientists "Theory and practice of increasing the efficiency of building materials"*. Penza: PGUAS, 2013. pp. 48–53. (In Russian)
13. *Loganina V.I., Zhegera K.V.* Application of Synthetic Aluminum Silicates in the Composition of Adhesive for Tiling. *Regional Architecture and Construction.* 2014. no. 1. pp. 59–63. (In Russian)

14. *Gordienko P.S., Yarusova S.B., Suponina A.P., Krysenko G.F., Bulanava S.B., Kolzunov V.A., Barinov N.N.* Hydrochemical Synthesis of $\text{CaCl}_2 \cdot \text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \cdot \text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ and $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{KOH}$ Calcium Silicate Systems. Composition, Structure, Properties. News of RAACS. 2009. no. 2. pp. 30–33. (In Russian)
15. *Meledina L.A.* New Fillers and Adhesion Promoters for Rubber Made of Synthetic Layered Silicates. Abstract of Ph.D.thesis. Moscow, 2006. 24 p. (In Russian)
16. *Grishina A.N., Korolev E.V.* Selection of Technology of Radiation-protective Materials Based on Silicates or Hydrosilicates of Metals with Large Atomic Numbers. Construction: Science and Education. 2011. no. 2. pp. 3. (In Russian)
17. *Grishina A.N., Korolev E.V.* Selection of Technology of Synthesis of Nanoscale Barium Hydrosilicates. Nanotechnologies Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2013, Vol. 5, no. 4. pp. 111–119. Available at: http://nanobuild.ru/ru_RU (Accessed 31.07.2014). (In Russian)
18. *Vernigorova V.N., Sadenko S.M.* Foundations of Material Science of Composite Building Materials: Physical Chemistry. Part II. Interaction of the components, Water, Additives, Nanoscale Calcium Hydrosilicates, Concrete. Penza: PGUAS, 2011. 230 p. (In Russian)
19. *Grishina A.N., Korolev E.V., Satyukov A.B.* Examination of Nanoscale Barium Hydrosilicates by means of IR Spectroscopy. International Research Journal. 2013. no. 8–2 (15). pp. 19–20. (In Russian)
20. *Volzhensky A.V., Stambulko V.I., Ferronsky A.V.* Gypsum Cement-pozzolanic Binders, Concretes and Products. Moscow: 1971. 317 p. (In Russian)

Dear colleagues!**The reference to this paper has the following citation format:**

Korolev E.V., Grishina A.N., Satyukov A. B. Chemical composition of nanomodified composite binder with nano- and microsized barium silicate. Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2014, Vol. 6, no. 4, pp. 90–103. Available at: http://nanobuild.ru/en_EN/ (Accessed _____). (In Russian).

Contact information

e-mail: info@nocnt.ru