

*Войтович Е. В., канд. техн. наук,
Череватова А. В. д-р техн. наук, проф.,
Жерновский И. В., канд. г.-м. наук, доц.,
Алехин Д. А., магистрант*

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ГИПСОКРЕМНЕЗЕМНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОМПОЗИТЫ С ПОВЫШЕННОЙ ЖАРОСТОЙКОСТЬЮ*

e.voitovich@mail.ru

Структурно-сопряженные контактные зоны между минеральными новообразованиями и наполнителями композиционных вяжущих является важнейшим фактором формирования высоких прочностных и других эксплуатационных характеристик строительных композитов сульфосиликатного состава.

В результате проведенного комплекса экспериментальных исследований, доказана возможность создания жаростойких строительных материалов на основе композиционного гипсового вяжущего с применением наноструктурированного кремнеземного компонента в расширенном диапазоне его концентраций.

Взаимодействие полуводного гипса, при его гидратации, с коллоидным раствором кремнезема (фазовый компонент наноструктурированного вяжущего) обеспечивает создание структурного интерфейса сульфатной и гидросиликатной составляющей вяжущего.

Ключевые слова: композиционное гипсовое вяжущее, жаростойкость, наноструктурированный кремнеземный компонент

В настоящее время в России и за рубежом большое внимание уделяется созданию композиций на основе гипсовых вяжущих. Наиболее важным достоинством гипсовых вяжущих является энергосберегающая технология их производства. При этом гипсовое вяжущее по его природе структурообразования относится к вяжущему гидратационного типа твердения, что изначально исключает возможность применения данного типа вяжущего в условиях резкого температурного перепада или существенного температурного градиента. Вместе с тем известно, что введение в систему реакционно-активных тонкодисперсных компонентов позволяет получать композиты с приобретенными эмерджентными свойствами, не характерными для исходных составляющих [1–3].

Ранее было изучено влияние наноструктурированного кремнеземного компонента (НКК) (в концентрационных пределах от 10 до 30 % вес.) на гипсовое вяжущее [4]. Кроме этого, показана принципиальная возможность повышения жаростойкости композиционных гипсовых вяжущих [5].

В связи с этим представляется актуальной разработка композиционного гипсового вяжущего, способного активно сопротивляться высокотемпературному воздействию, путем проектирования рациональных составов композиций с применением кремнеземной составляющей.

Целью проведенных исследований являлась оценка возможности создания жаростойких строительных материалов на основе композиционного гипсового вяжущего (КГВ) с применени-

ем НКК в расширенном диапазоне его концентраций.

В работе использовался полуводный гипс марки Г-5. В качестве компонента вводилось наноструктурированное SiO₂-вяжущее (НВ) в виде НКК в интервале от 30 до 90 (% вес.) по сухому веществу. НВ представляет собой полидисперсную, минеральную вяжущую систему, обладающую высокой концентрацией активной твердой фазы и содержащую нанодисперсный компонент в количестве 5–10 %. Это вяжущее получали путем помола кварцевого песка по мокрому способу в шаровой мельнице [6].

Способ получения КГВ, заключается в предварительном введении НКК в воду для получения водной суспензии затворения определенной концентрации для гипсового вяжущего. Этот способ позволяет получить однородную смесь в течение 30 сек перемешивания после введения гипсового вяжущего [7].

При получении экспериментальных составов следует учитывать, что НКК имеет вид минеральной суспензии с влажностью 14–20%, поэтому введение НКК проводилось в пересчете на сухое вещество.

В ходе исследований были разработаны экспериментальные составы гипсокремнеземного вяжущего с содержанием НВ в системе 30–70 %. Такое количество НВ обеспечивает допустимые эксплуатационные характеристики.

КГВ формовались в виде образцов–балочек размером 16×4×4 см. Процесс твердения проходил в естественных условиях при температуре 22±2 °С в течении 2-х часов, после чего образцы

вяжущего были высушены при температуре 35 °С, в течении суток.

Определение прочностных характеристик – предела прочности на сжатие и растяжение при изгибе, проводились на прессе гидравлическом ПГМ 100, при средней скорости нарастания нагрузки при испытании образцов 10±5 кг/см² в секунду.

Результаты испытаний эксплуатационных свойств экспериментальных составов представлены в табл. 1.

Для изучения влияния высоких температур на эксплуатационные свойства КНГВ, составы подвергались термообработке от 600 до 1000°С с шагом 200°С. Так как гипсовые изделия прогреваются относительно медленно и разрушаются лишь после 6–8 часов нагрева, экспериментальные образцы были термообработаны с последующей изотермической выдержкой в течении 6 часов при конечной температуре (рис. 1).

Таблица 1

Физико–механические характеристики композиционного наноструктурированного гипсового вяжущего

№ п/п	Наименование показателей	Содержание НВ в КНГВ, %							
		0	30	40	50	60	70	80	90
1	Предел прочности на сжатие, МПа	13,28	11,9	10,45	8,53	8,49	6,6	4,02	2,26
2	Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа	2,9	4,3	3,7	3,0	2,7	1,9	1,3	0,7
3	Плотность, кг/м ³	1178,4	1267,9	1309,5	1331,8	1399,5	1481,4	1529,8	1651,7
4	Водогипсовое отношение	0,57	0,68	0,75	0,89	1,08	1,42	2,08	3,08
5	Время твердения, начало	8'35"	17'15"	21'25"	26'28"	32'5"	38'18"	44'48"	52'55"
6	Время твердения, конец	16'25"	27'25"	33'20"	38'50"	44'10"	52'5"	более 1000'	более 1000'

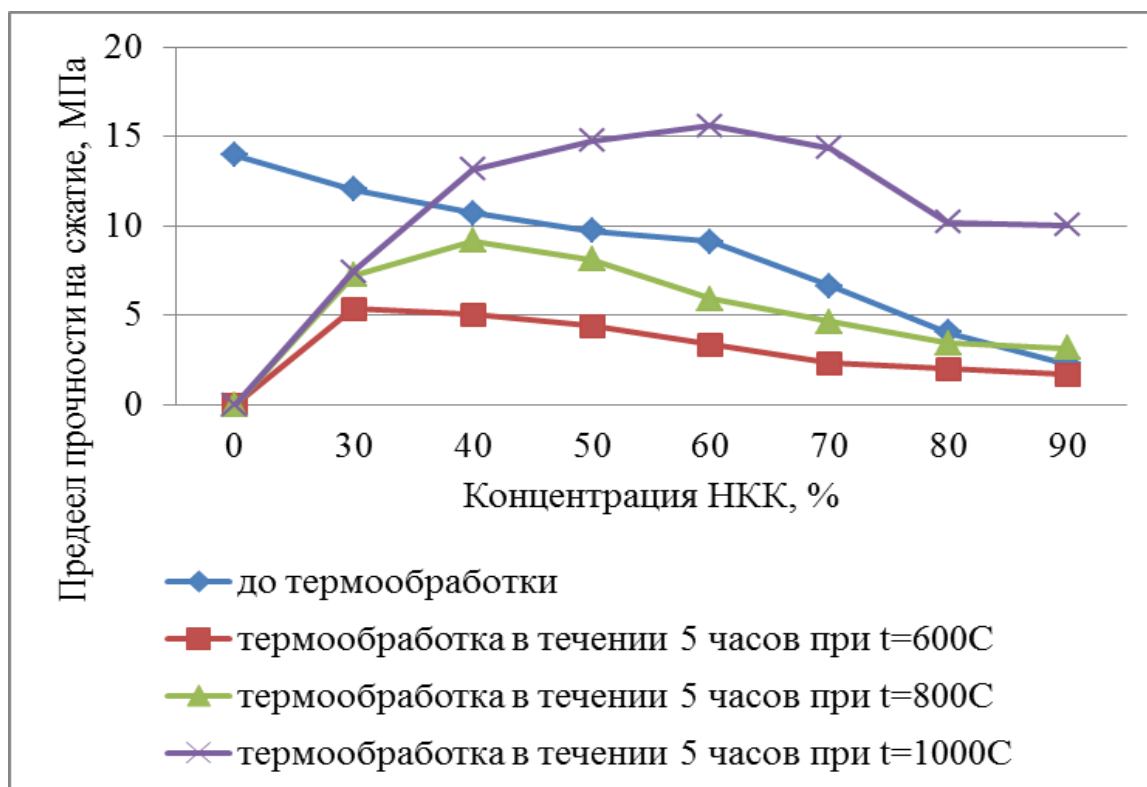


Рис. 1. Влияние концентрации НВ на прочностные показатели гипсокремнеземного вяжущего при термообработке

Анализ результатов определения прочностных характеристик экспериментальных составов

до и после термообработки показал, что положительный эффект наблюдается при содержа-

нии НВ в системе от 30 до 70 %. При этом у контрольного состава после температурного воздействия присутствуют существенные деформации, из-за которых образцы не подлежат испытанию.

Дальнейшее увеличение содержания НВ в системе нецелесообразно, так как происходит снижение прочности, что может быть объяснено

перенасыщением системы твердой фазы и недостатком дисперсионной среды, участвующей в процессе гидратации.

Анализ изменения геометрических размеров показал, что в контрольном образце общая объемная усадка при 1000°C составляет 35 %, а при введении 80% НВ - 1,25%.

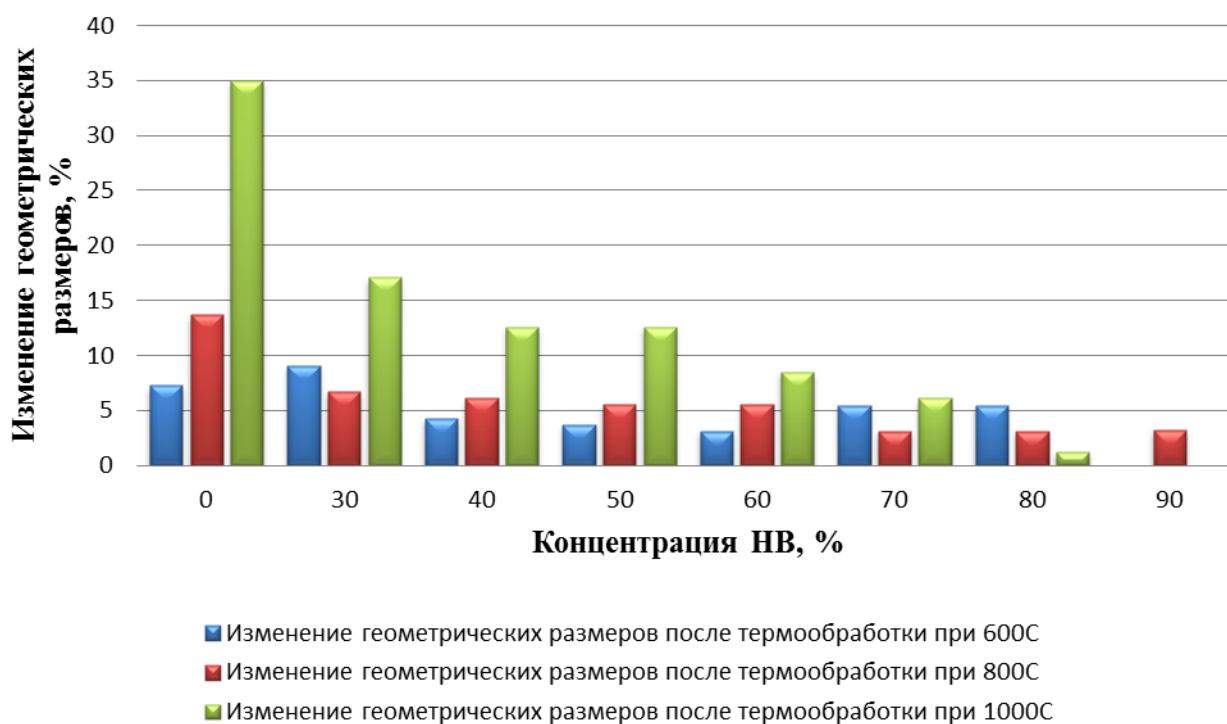


Рис. 2. Изменение геометрических размеров образцов вяжущих различных составов при термическом воздействии

В предыдущих исследованиях авторского коллектива было установлено, что результатом взаимодействия гидратирующего гипсового вяжущего с активным коллоидным кремнеземным компонентом НВ является формирование сульфосиликатной фазы – гидроксизеллестадита [5]. При этом составы вяжущих соответствовали 15

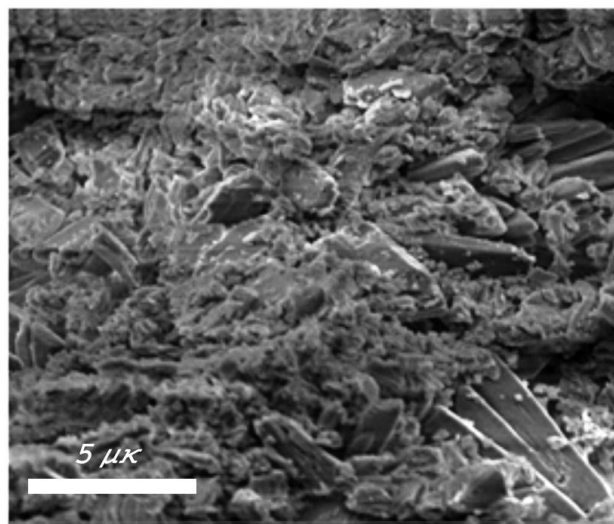
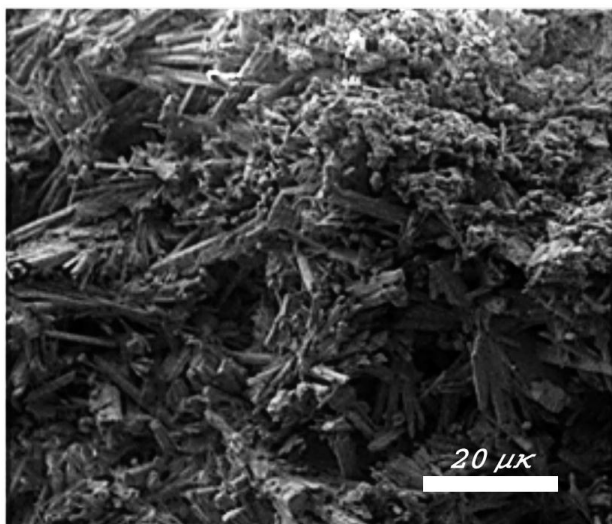
и 20 % вес. НВ. Эта фаза рентгенометрически была зафиксирована в составах гипокремнеземных вяжущих составов 30 – 70 % вес. Минеральный состав экспериментальных составов, полученный полнопрофильным количественным РФА представлен в табл. 2.

Таблица 2

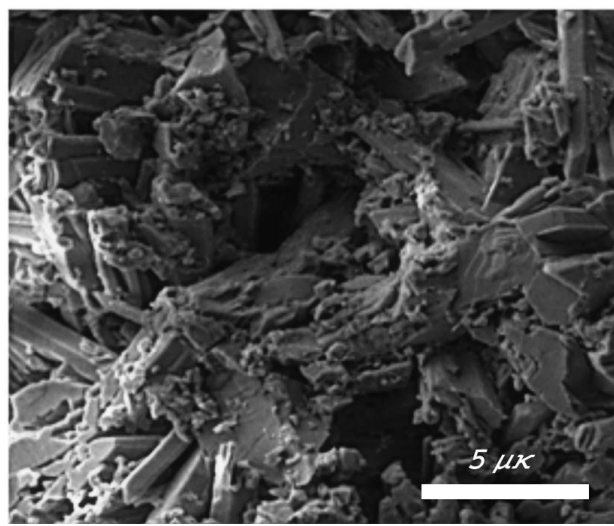
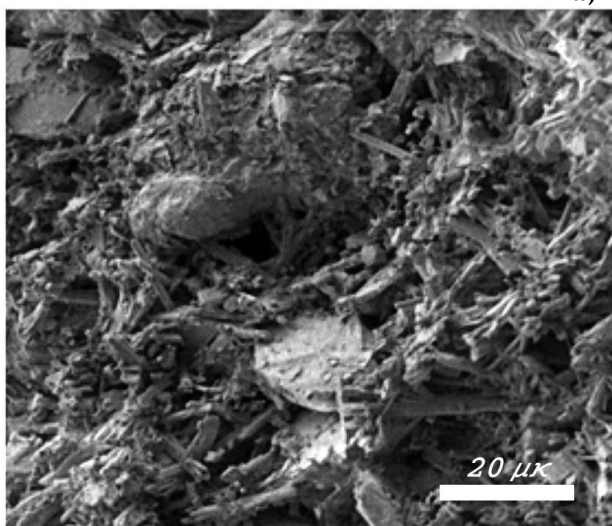
Минеральная фаза	Минеральный состав вяжущих			
	Концентрация НВ (вес.%)			
	Контроль (0 НВ)	30 НВ	50 НВ	70 НВ
Кварц	1,5±0,1	33,1±1,6	53,5±7,3	67,5±3,6
Гипс	87,9±0,6	55,8±3,4	36,7±4,7	28,2±2,3
Бассанит	5,7±0,6	4,5±0,4	1,64±0,2	
Кальцит	1,5±0,1	3,1±0,4	3,3±0,4	3,0±0,3
Гидроксизеллестадит		3,5±1,5	4,8±1,6	1,4±0,7

Микроструктура гипсокремнеземного вяжущего имеет существенные отличия от исходного гипсового вяжущего. Так, структура контрольного состава отличается наличием более крупных кристаллов, с контактами срастания в отдельных точках (рис. 3, а).

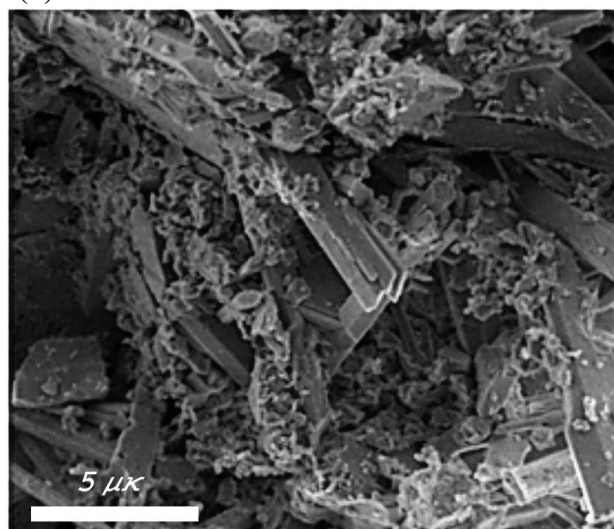
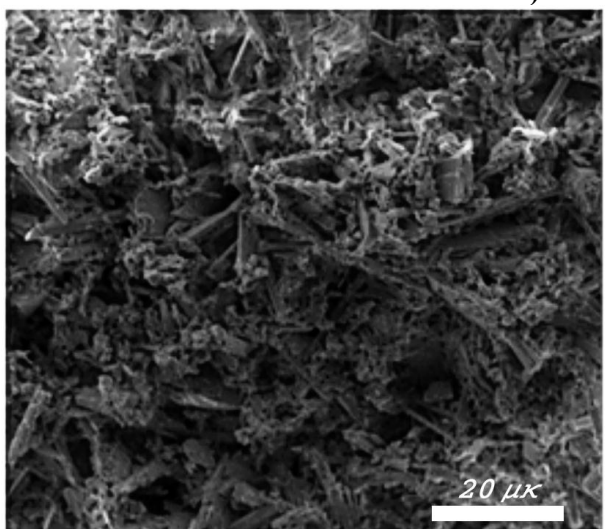
Введение НВ в гипсовую систему приводит к изменению размеров и морфологии кристаллов гипса. При увеличении содержания кремнеземного компонента наблюдается структура с отдельными кристаллами гипсового вяжущего не связанных между собой, что ведет к снижению прочностных характеристик (рис. 3, б-г).



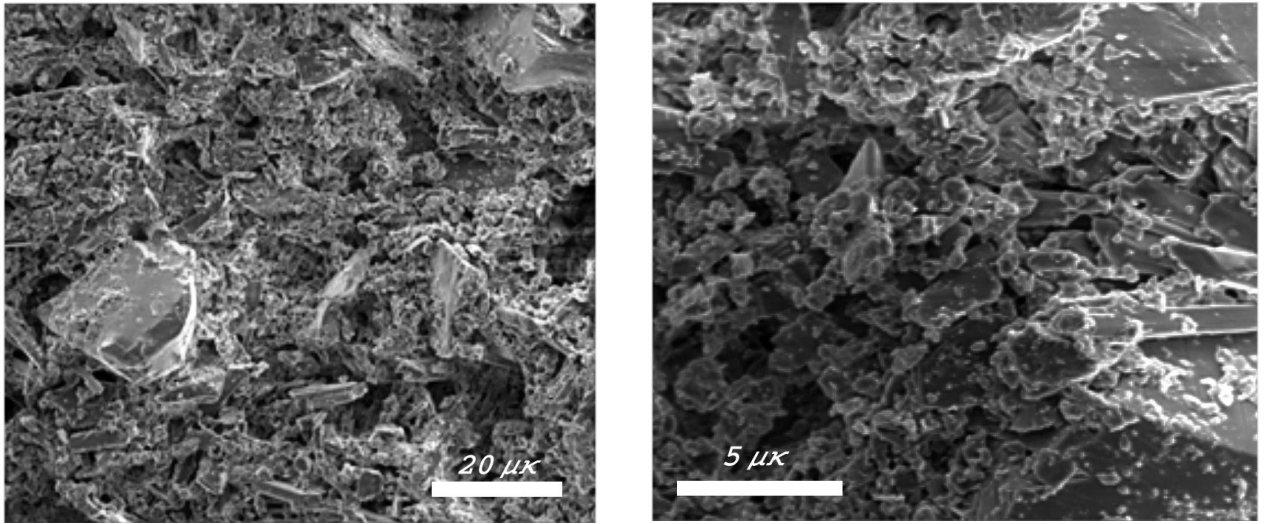
а) ГВ



б) 30 % HB(S)

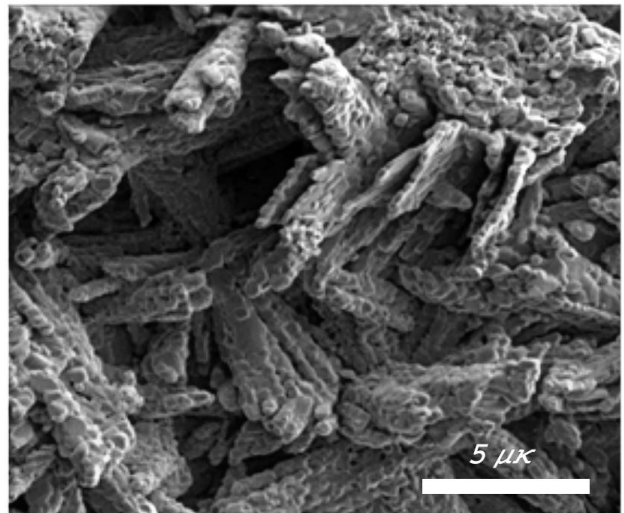
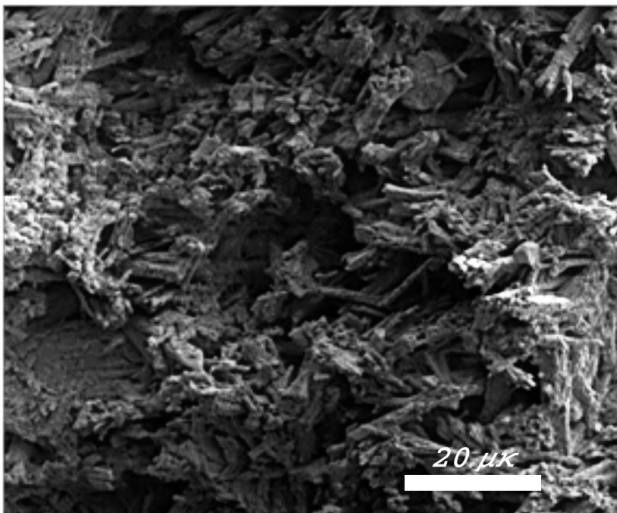


в) 50 % HB(S)

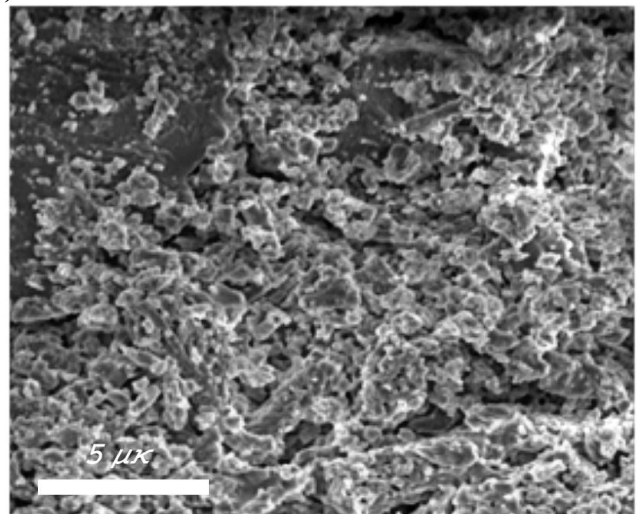
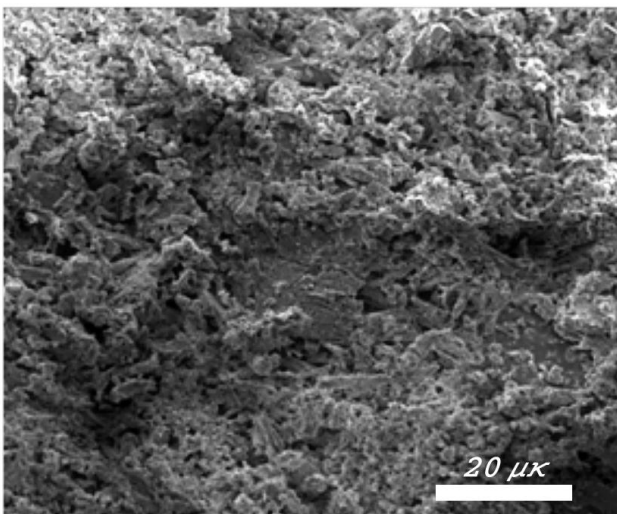


г) 70 % НВ(S)

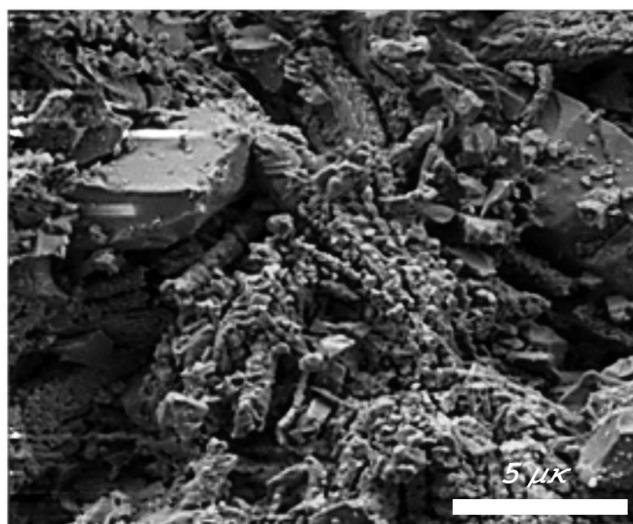
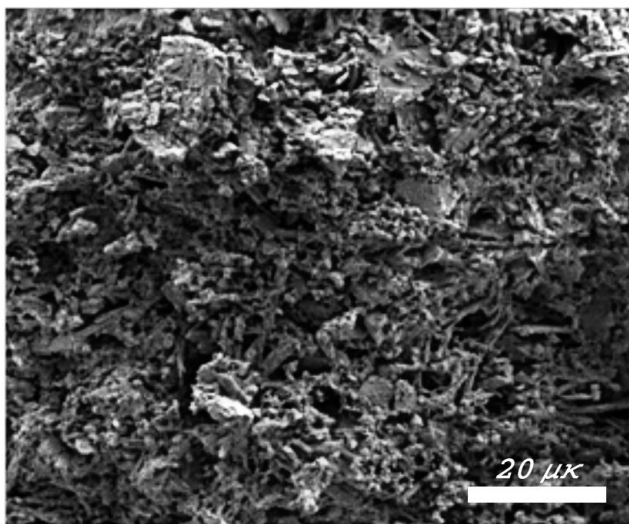
Рис. 3. Микроструктура КНГВ до термообработки



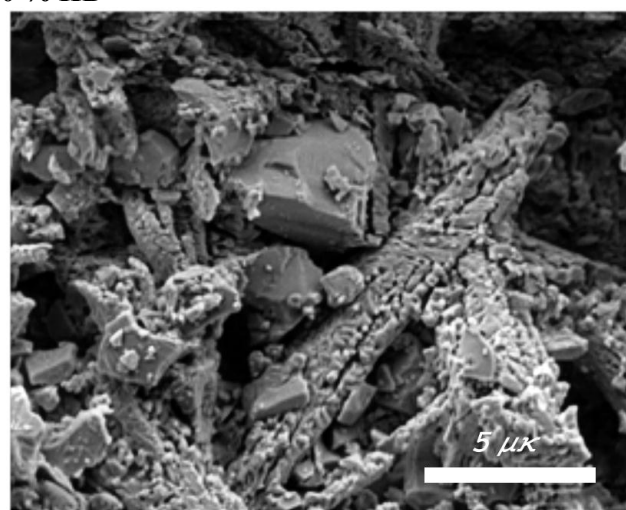
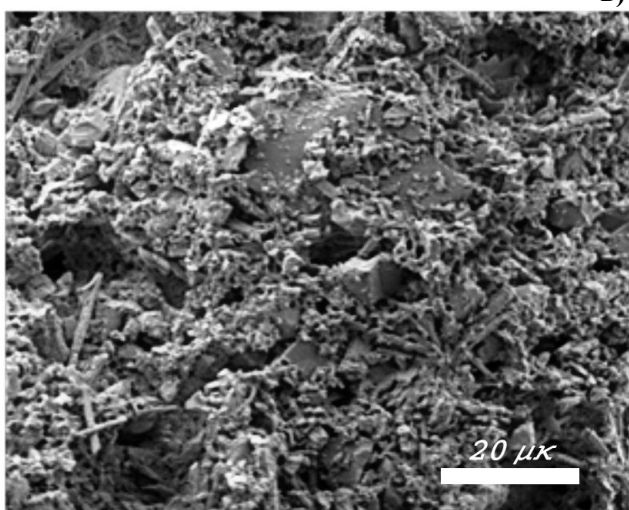
а) ГВ



б) 30 % НВ



в) 50 % НКК



г) 70 % НКК

Рис. 4. Микроструктура КНГВ после термообработки при 800°C

Микроструктура гипсового вяжущего после высокотемпературной обработки (рис. 4, а) представлена типичными кристаллическими индивидами с проявленным идиоморфизмом ангидрита. Микроструктура КНГВ (рис. 4, б-г) характеризуется преобладающим отношением индивидов с пластинчатой морфологией к мелкокристаллическим изометричным индивидам, располагающимся эпитаксиально на них или образующих глобулярное скопление.

Возникновение структурно-сопряженных контактных зон между минеральными новообразованиями и наполнителями композиционных вяжущих является важнейшим фактором формирования высоких прочностных и других эксплуатационных свойств строительных материалов. В особой степени это относится к композиционным сульфосиликатным вяжущим с суперпозицией механизмов твердения.

Таким образом, в результате проведенного комплекса экспериментальных исследований,

доказана возможность создания жаростойких строительных материалов на основе композиционного гипсового вяжущего (КГВ) с применением НКК в расширенном диапазоне его концентраций.

**Работа выполнена при финансовой поддержке гранта т №А-4/14 «Программа стратегического развития БГТУ им. В.Г Шухова на 2012–2016 гг» с использованием оборудования Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Петропавловская В.Б. Бурьянов, А.Ф., Новинченкова Т.Б. Малоэнергоёмкие гипсовые материалы и изделия на основе отходов промышленности. // Строительные материалы. 2006. №7. С. 8–9.
2. Петропавловская В.Б., Белов В.В., Новинченкова Т.Б., Бурьянов А.Ф., Пустовгар А.П.

Оптимизация внутренней структуры дисперсных систем негидратационного твердения // Строительные материалы, 2010. №7. С. 22–23.

3. Войтович Е.В., Череватова А.В. Наноструктурированное композиционное гипсовое вяжущее – вяжущее нового поколения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 3. С. 32–34.

4. Строкова В.В., Череватова А.В., Жерновский И.В., Войтович Е.В. Особенности фазообразования в композиционном наноструктурированном гипсовом вяжущем // Строительные материалы. 2012. № 7. С. 9–12.

5. Жерновский И.В., Череватова А.В., Войтович Е.В., Кснофнтов А.Д. Жаростойкость

композиционного вяжущего системы $\text{CaO-SO}_3\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ // Строительные материалы. 2014. № 7. С. 57–60.

6. Череватова А.В., Жерновский И.В., Строкова В.В. Минеральные наноструктурированные вяжущие. Природа, технология и перспективы применения. Saarbrücken: LAM LAMBERT AcademicPublishingGmbH&Co. KG., 2011. 170 pp.

7. Войтович Е.В., Кожухова, Н.И., Жерновский И.В., Череватова А.В., Нецвет Д.Д. Концепция контроля качества алюмосиликатных вяжущих негидратационного твердения // Строительные материалы. 2013. №.11. С. 68–70.