

УДК 691.311: 691.54

**Халиуллин М.И.** – кандидат технических наук, доцент

E-mail: [khaliullin@kgasu.ru](mailto:khaliullin@kgasu.ru)

**Гайфуллин А.Р.** – кандидат технических наук, старший преподаватель

E-mail: [gaifi@list.ru](mailto:gaifi@list.ru)

**Рахимов Р.З.** – доктор технических наук, профессор

E-mail: [rahimov@kgasu.ru](mailto:rahimov@kgasu.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

### **Комплексное влияние компонентов на основные свойства искусственного камня на основе бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих<sup>1</sup>**

#### **Аннотация**

Исследовано влияние на структуру и основные физико-механические свойства искусственного камня на основе бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих минеральных компонентов: молотой керамзитовой пыли совместно с известью и суперпластификатором, а также их сочетания в композиции с молотыми гранулированными доменными шлаками. Введение в состав строительного гипса оптимальных количеств молотой керамзитовой пыли совместно с известью и суперпластификатором позволяет получить по сравнению с исходным строительным гипсом искусственный камень с более плотной и мелкозернистой структурой, отличающийся повышенной прочностью и водостойкостью, при этом расход строительного гипса сокращается. Введение вышеназванных компонентов в комплексе с молотыми гранулированными доменными шлаками за счет дополнительного образования новых труднорастворимых продуктов гидратации и уплотнения структуры искусственного камня повышает его прочность, а также коэффициент размягчения до группы водостойких материалов. Расход строительного гипса снижается при замене его части на более дешевые промышленные отходы – керамзитовую пыль и гранулированные доменные шлаки.

**Ключевые слова:** керамзитовая пыль, гранулированный доменный шлак, известь, композиционные гипсовые вяжущие, искусственный камень, водостойкость.

#### **Введение**

Одной из актуальных проблем дальнейшего устойчивого развития стройиндустрии является решение проблем энерго- и ресурсосбережения при производстве строительной продукции и уменьшение вредных выбросов. Строительные материалы на основе гипсового сырья отличаются низкими энергозатратами при производстве по сравнению с цементными материалами аналогичного назначения и лучшими экологическими показателями. По химическому составу гипс не токсичен, при его переработке не выделяется CO<sub>2</sub>. Гипсовые материалы и изделия создают благоприятный микроклимат в помещениях за счет способности поглощать избыточную влагу и отдавать ее, когда в помещении снижается влажность.

В 80-х годах XX века в строительном материаловедении получило развитие направление, связанное с разработкой водостойких композиционных гипсовых вяжущих низкой водопотребности, технология получения которых предусматривает применение пластифицирующих, активных минеральных и пуццолановых добавок в сочетании с механохимической активацией компонентов вяжущего при содержании клинкерного цемента менее 15 % [1-6].

Актуальной проблемой, направленной на повышение экономической и экологической привлекательности производства и применения минеральных вяжущих веществ, является поиск недорогих и доступных местных природных и техногенных активных минеральных и пуццолановых добавок для их получения.

---

<sup>1</sup>Работа выполнена при поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере и Инвестиционно-венчурного фонда Республики Татарстан.

Известным эффективным приемом повышения водостойкости гипсовых вяжущих является введение активных минеральных добавок молотых гранулированных доменных шлаков, зол-уноса в сочетании с портландцементом или известью [7]. Перспективным направлением является получение композиционных гипсовых вяжущих повышенной водостойкости с применением пуццолановой добавки керамзитовой пыли – многотоннажного отхода заводов керамзитового заполнителя [8].

Целью настоящей работы было исследование влияния на основные физико-механические свойства искусственного камня на основе бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих керамзитовой пыли совместно с известью в качестве компонентов вяжущего при постоянном содержании добавки суперпластификатора, а также их сочетания в композиции с молотыми гранулированными доменными шлаками.

### Методы и материалы

Бесклинкерные композиционные гипсовые вяжущие получали на основе строительного гипса марки Г-6БП по ГОСТ 125. Предел прочности при сжатии гипсового камня в высушенном до постоянной массы состоянии составил 16,2 МПа, коэффициент размягчения – 0,33.

Для получения композиционного гипсового вяжущего применялась известь негашеная первого сорта по ГОСТ 9179 производства ООО «КЗССМ» (г. Казань).

В качестве пластифицирующей добавки в исследованиях использовался суперпластификатор Полипласт СП-1ВП по ТУ 5870-005-58042865-05 производства ООО «Полипласт Новомосковск».

В качестве пуццолановой добавки в состав композиционных гипсовых вяжущих вводилась керамзитовая пыль с фильтров пылеочистки цеха керамзитового гравия Нижнекамского ООО «Камэнергостройпром», имеющая минералогический состав, представленный, в % по массе: недегидратированными и дегидратированными глинистыми минералами – 53; кварцем – 15; полевыми шпатами – 5; ангидритом – 3; рентгеноаморфной фазой – 27. По ГОСТ 8735 установлено, что в составе керамзитовой пыли присутствует 9,5 % недегидратированной глины. Пуццолановая активность по поглощению СаО для керамзитовой пыли молотой до достижения удельной поверхности 500 м<sup>2</sup>/кг составила 462 мг/г.

В качестве активной минеральной добавки в составе водостойких бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих в исследованиях использовался доменный гранулированный шлак Череповецкого металлургического комбината, химический состав которого представлен, в % по массе: СаО – 48,4; SiO<sub>2</sub> – 39,3; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 4,3; MgO – 3,4; SO<sub>3</sub> – 0,6; FeO – 0,5; MnO – 0,4. Модуль основности шлака составляет 1,19; модуль активности – 0.

Испытания бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих проводились в соответствии с ГОСТ 23789. Образцы камня испытывались в возрасте 28 суток твердения в нормальных условиях. Водостойкость образцов определяли по их коэффициенту размягчения, равному отношению пределов прочности при сжатии сухих образцов к водонасыщенным.

Исследование показателей пористости полученного искусственного камня осуществлялось по ГОСТ 12730.0-ГОСТ 12730.4.

Микроструктуру искусственного камня исследовали на электронном растровом микроскопе РЭММА-202М ПО «Электрон».

Для определения влияния компонентов на свойства бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих выполнен ряд исследований с применением метода ротатбельного планирования эксперимента.

### Результаты и обсуждение результатов

На первом этапе исследовано влияние на свойства искусственного камня на основе бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих совместного действия извести и керамзитовой пыли при оптимальном содержании суперпластификатора Полипласт СП-1ВП – 0,5 % согласно ранее выполненным исследованиям [9]. В качестве параметров отклика приняты наиболее важные показатели физико-механических свойств бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих: предел прочности при сжатии и коэффициент размягчения (табл. 1).

Таблица 1

**Интервал значений переменных для выполнения эксперимента  
по определению влияния компонентов – молотой керамзитовой пыли и извести  
на свойства бесклнкерных композиционных гипсовых вяжущих**

Факторы		Область варьирования		Интервал варьирования
Натуральное обозначение	Обозначение			
Керамзитовая пыль	$x_1$	10	30	10
Известь	$x_2$	2	8	3

Результаты эксперимента по определению влияния молотой керамзитовой пыли и извести на свойства бесклнкерных композиционных гипсовых вяжущих представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Результаты эксперимента по определению влияния компонентов –  
молотой керамзитовой пыли и извести  
на свойства бесклнкерных композиционных гипсовых вяжущих**

№ опыта	Кодовые значения		Натуральные значения		Результаты испытания	
	$X_1$	$X_2$	$x_1$	$x_2$	Предел прочности при сжатии, МПа	Коэффициент размягчения
					$y_1$	$y_2$
1	-1	-1	10	2	28,6	0,58
2	1	-1	30	2	25,1	0,6
3	-1	1	10	8	26,7	0,62
4	1	1	30	8	23,9	0,7
5	1,41	0	34,1	5	24,5	0,7
6	-1,41	0	5,9	5	28,0	0,65
7	0	1,41	20	9,23	24,2	0,64
8	0	-1,41	20	0,77	27,1	0,57
9	0	0	20	5	28,0	0,76
10	0	0	20	5	28,3	0,78
11	0	0	20	5	28,2	0,76
12	0	0	20	5	28,0	0,77
13	0	0	20	5	28,4	0,76

Получены математические модели, описывающие влияние компонентов, взятых в % от массы гипсового вяжущего – молотой керамзитовой пыли ( $x_1$ ) и извести ( $x_2$ ) на прочность при сжатии ( $y_1$ ) и коэффициент размягчения ( $y_2$ ) бесклнкерных композиционных гипсовых вяжущих в возрасте 28 суток твердения в нормальных условиях:

$$y_1=25,927+021x_1+0971x_2+0,006x_1x_2-0,0095x_1^2-0,1397x_2^2, \quad (1)$$

$$y_2=0,2896+0,0197x_1+0,0948x_2-0,0095x_2^2. \quad (2)$$

Анализ полученных уравнений регрессии и построенных с их использованием зависимостей, представленных на рис. 1-2 показывают следующее.

Существует область оптимальных значений содержания молотой керамзитовой пыли и извести, при которых достигаются максимальные значения показателей прочности при сжатии и коэффициента размягчения искусственного камня на основе бесклнкерных композиционных гипсовых вяжущих.

Максимальные показатели прочности при сжатии 25-29 МПа и коэффициента размягчения 0,7-0,77, соответствующего вяжущим повышенной водостойкости, достигаются при оптимальном содержании компонентов (в % от массы гипсового вяжущего): молотой керамзитовой пыли – 10-20, извести – 4-6, суперпластификатора Полипласт СП-1 – 0,5.

Увеличение содержания молотой керамзитовой пыли свыше 20 %, вследствие постепенного увеличения водопотребности вяжущего, вызывает снижение показателей прочности и коэффициента размягчения искусственного камня. Увеличение содержания извести свыше 6 % также вызывает снижение показателей прочности и коэффициента размягчения искусственного камня, вследствие увеличения водопотребности вяжущего.

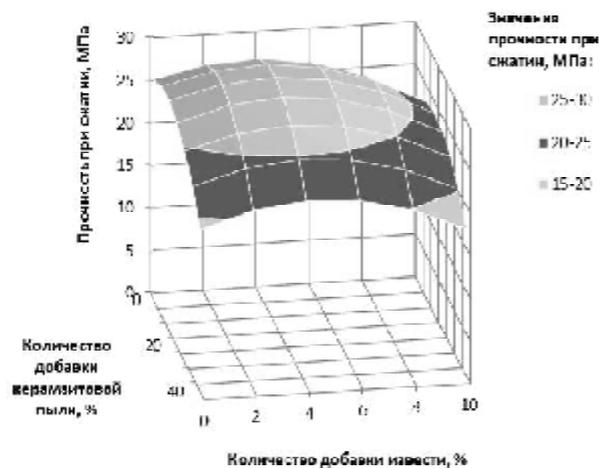


Рис. 1. Влияние компонентов бесклнкерных композиционных гипсовых вяжущих – керамзитовой пыли и извести на прочность при сжатии искусственного камня на основе бесклнкерных композиционных гипсовых вяжущих

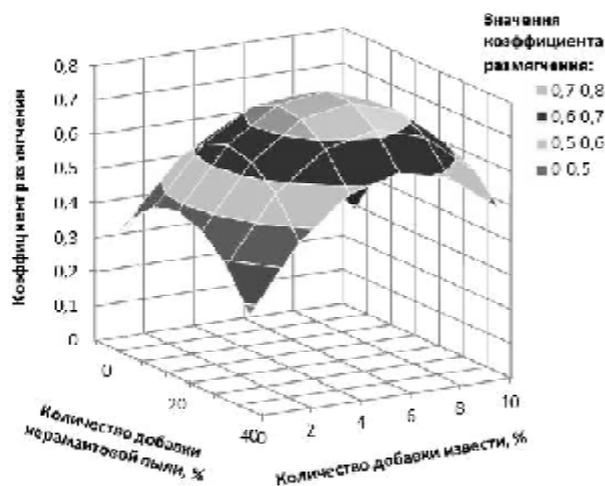


Рис. 2. Влияние компонентов бесклнкерных композиционных гипсовых вяжущих – керамзитовой пыли и извести на коэффициент размягчения искусственного камня на основе бесклнкерных композиционных гипсовых вяжущих

На втором этапе исследовано влияние совместного действия на свойства искусственного камня на основе бесклнкерных композиционных гипсовых вяжущих извести, молотых керамзитовой пыли и гранулированного доменного шлака при оптимальном содержании суперпластификатора Полипласт СП-1ВП – 0,5 %. (табл. 3).

Таблица 3

**Интервал значений переменных для выполнения эксперимента по определению влияния компонентов – молотых гранулированных доменных шлаков, керамзитовой пыли и извести на свойства бесклнкерных композиционных гипсовых вяжущих**

Факторы		Область варьирования		Интервал варьирования
Натуральное обозначение	Кодовое обозначение			
Доменный шлак	X1	15	45	15
Керамзитовая пыль	X2	10	30	10
Известь	X3	1	5	2

Результаты эксперимента влияния компонентов на свойства бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих представлены в табл. 4.

Таблица 4

**Результаты выполнения эксперимента по определению влияния компонентов – молотых гранулированных доменных шлаков, керамзитовой пыли и извести на свойства бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих**

№	Кодовые значения			Натуральные значения			Результаты испытания			
							Предел прочности при сжатии, МПа		Коэффициент размягчения	
	X1	X2	X3	X1	X2	X3	Yэксп	Yрасч	Yэксп	Yрасч
1	-1	-1	-1	15	10	1	26,2	25,758	0,57	0,575
2	1	-1	-1	45	10	1	24	22,537	0,64	0,639
3	-1	1	-1	15	30	1	22,5	20,648	0,57	0,557
4	1	1	-1	45	30	1	19,2	17,665	0,63	0,620
5	-1	-1	1	15	10	5	25,6	25,857	0,66	0,647
6	1	-1	1	45	10	5	22,4	22,969	0,76	0,748
7	-1	1	1	15	30	5	21,4	21,557	0,68	0,657
8	1	1	1	45	30	5	19,8	18,907	0,79	0,758
9	-1,68	0	0	4,8	20	3	27,7	27,114	0,7	0,690
10	1,68	0	0	55,2	20	3	21,6	22,182	0,84	0,828
11	0	-1,68	0	30	3,2	3	28,5	27,409	0,75	0,724
12	0	1,68	0	30	36,8	3	18,5	19,705	0,71	0,717
13	0	0	-1,68	30	20	-0,36	17	18,917	0,45	0,438
14	0	0	1,68	30	20	6,36	21,4	20,043	0,6	0,614
15	0	0	0	30	20	3	31,3	31,695	0,95	0,959
16	0	0	0	30	20	3	30,1	31,695	0,9	0,959
17	0	0	0	30	20	3	29,9	31,695	0,94	0,959
18	0	0	0	30	20	3	31,9	31,695	0,9	0,959
19	0	0	0	30	20	3	30,1	31,695	0,9	0,959
20	0	0	0	30	20	3	28,9	31,695	0,93	0,959

Получены математические модели, описывающие влияние компонентов, взятых в % от массы гипсового вяжущего – молотого доменного гранулированного шлака ( $x_1$ ), молотой керамзитовой пыли ( $x_2$ ) и извести ( $x_3$ ) на прочность при сжатии ( $y_1$ ) и коэффициент размягчения ( $y_2$ ) бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих в возрасте 28 суток твердения в нормальных условиях:

$$y_1 = 6,306 + 0,551x_1 + 0,878x_2 + 4,730x_3 + 0,002x_1x_3 + 0,007x_2x_3 - 0,011x_1^2 - 0,029x_2^2 - 0,481x_3^2, \quad (3)$$

$$y_2 = -0,237 + 0,021x_1 + 0,035x_2 + 0,1738x_3 + 0,0003x_1x_3 - 0,0002x_2x_3 - 0,0003x_1^2 - 0,0008x_2^2 - 0,0152x_3^2. \quad (4)$$

Анализ полученных уравнений регрессии и построенных с их использованием зависимостей, представленных на рис. 3-4 показывают следующее.

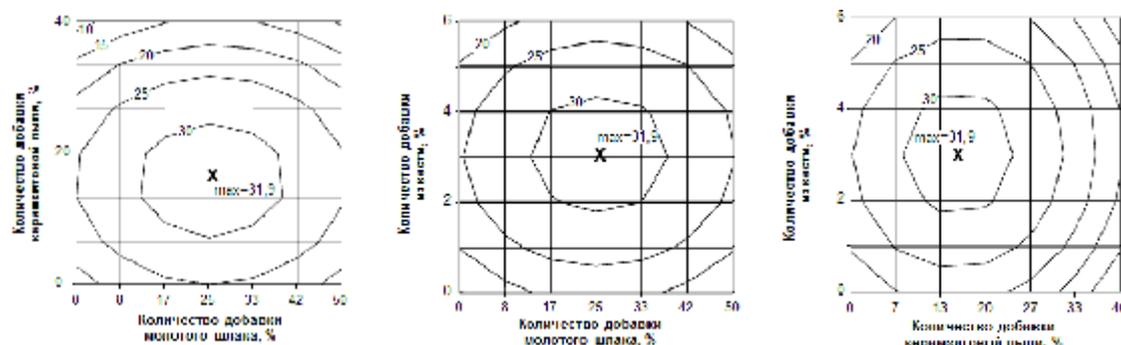


Рис. 3. Влияние компонентов бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих – молотого доменного гранулированного шлака, керамзитовой пыли, извести на прочность при сжатии искусственного камня

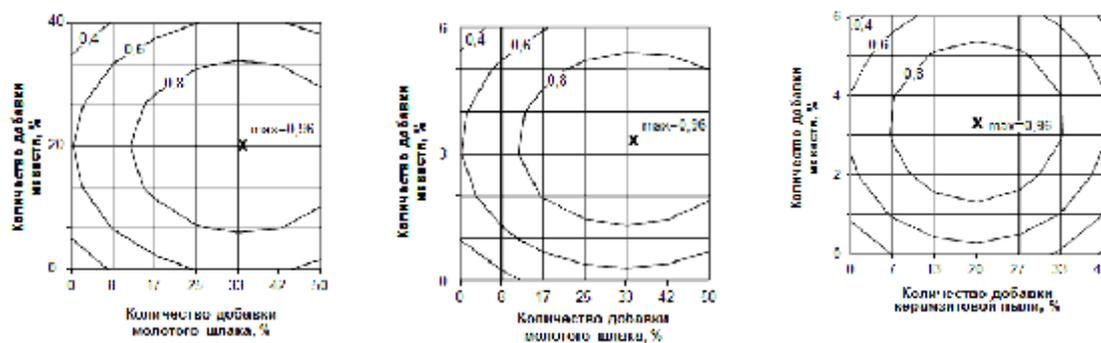


Рис. 4. Влияние компонентов бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих – молотого доменного гранулированного шлака, керамзитовой пыли, извести на коэффициент размягчения искусственного камня

Существует область оптимальных значений содержания молотых доменного гранулированного шлака, керамзитовой пыли и извести, при которых достигаются максимальные значения показателей прочности при сжатии и коэффициента размягчения искусственного камня на основе бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих.

Максимальные показатели прочности при сжатии 30-35 МПа и коэффициента размягчения 0,8-0,96, соответствующего водостойким материалам, достигаются при оптимальном содержании компонентов (в % от массы гипсового вяжущего): молотого доменного гранулированного шлака – 15-35, молотой керамзитовой пыли – 10-20, извести – 2-4, суперпластификатора Полипласт СП-1 – 0,5.

Увеличение содержания молотого доменного гранулированного шлака свыше 35 %, молотой керамзитовой пыли свыше 20 %, вследствие постепенного увеличения водопотребности вяжущего вызывает снижение показателей прочности и коэффициента размягчения искусственного камня. Увеличение содержания извести свыше 4 % также вызывает снижение показателей прочности и коэффициента размягчения искусственного камня, вследствие увеличения водопотребности вяжущего, и, кроме того, согласно [7] избыточное количество извести в бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих системах в длительные сроки твердения вызывает образование этtringита, возникновение высоких внутренних деформаций и снижение прочности твердеющего искусственного камня.

Сравнительные исследования средней плотности, водопоглощения и структуры пористости искусственного камня на основе исходного строительного гипса и бесклинкерного композиционного гипсового вяжущего с введением оптимальных количеств молотой керамзитовой пыли, извести и суперпластификатора Полипласт СП-1ВП показали следующее. Искусственный камень на основе бесклинкерного композиционного гипсового вяжущего отличается повышенной на 7,4 % средняя плотность, пониженная на 19,8 % общая пористость, повышенный на 32,6 % объем закрытых пор, более высокая однородность распределения пор. При введении в состав композиционного гипсового вяжущего дополнительно молотого доменного гранулированного шлака при оптимальном содержании всех компонентов обеспечиваются более существенные различия показателей искусственного камня по сравнению с исходным строительным гипсом. Средняя плотность повышается на 15 % общая пористость снижается на 42,7 %. При преобладающей доле закрытых пор в полном объеме пор, закрытая пористость искусственного камня на основе композиционного гипсового вяжущего выше по сравнению с камнем на основе строительного гипса на 19,8 % при уменьшении среднего размера пор.

Сравнительный анализ электронномикроскопических снимков (рис. 5) подтверждает, что искусственный камень на основе бесклинкерных композиционных гипсовых вяжущих отличается от бездобавочного гипсового камня более однородной, плотной микрокристаллической структурой с равномерным распределением пор, уменьшенными размерами кристаллов двуводного гипса.

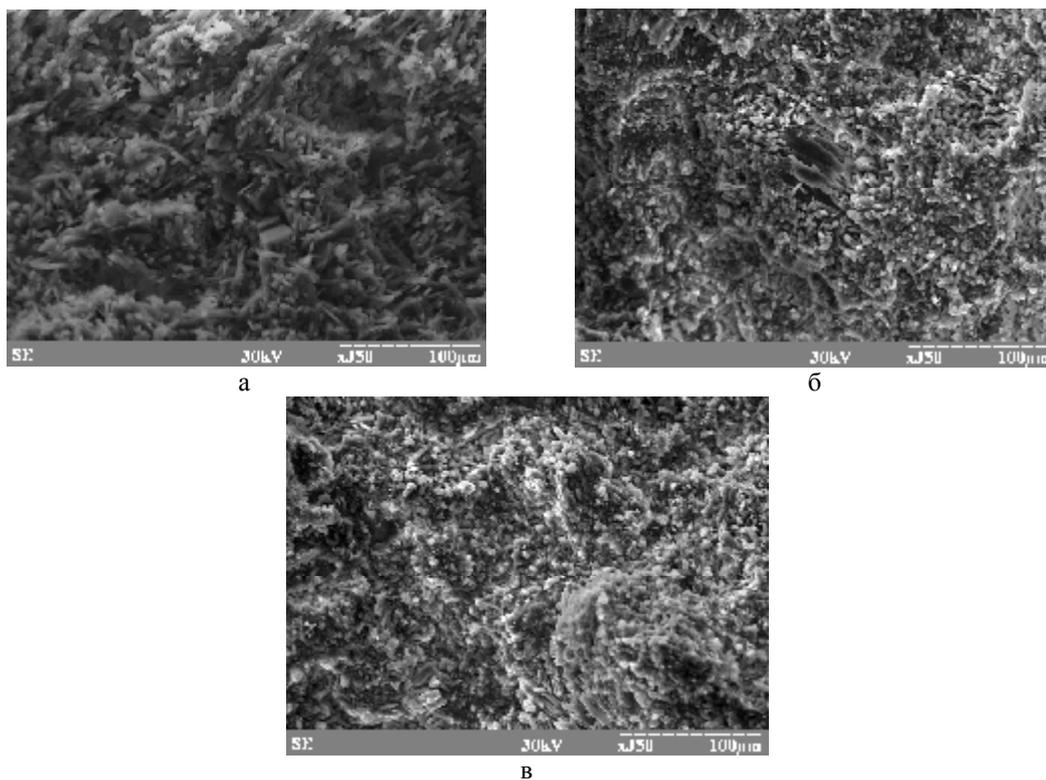


Рис. 5. Микроструктура искусственного камня в возрасте 28 суток твердения в нормальных условиях (x350): а) на основе строительного гипса; б) на основе бесклнкерного композиционного гипсового вяжущего с введением молотой керамзитовой пыли, извести, суперпластификатора Полипласт СП-1ВП; в) на основе бесклнкерного композиционного гипсового вяжущего с введением молотых керамзитовой пыли и доменного гранулированного шлака, извести, суперпластификатора Полипласт СП-1ВП

Уплотнение камня происходит как в результате действия водоредуцирующего эффекта суперпластификатора, так и вследствие заполнения пор труднорастворимыми продуктами, образующимися в процессе гидратации и при химическом взаимодействии минеральных компонентов вяжущего. При введении совместно с молотой керамзитовой пылью, известью и суперпластификатором дополнительно молотого доменного гранулированного шлака структура искусственного камня становится более слитной и плотной.

### Заключение

Таким образом, в результате проведенных исследований выявлены закономерности и установлены зависимости совместного влияния компонентов – молотой керамзитовой пыли, извести, суперпластификатора Полипласт СП-1ВП и дополнительно молотого доменного гранулированного шлака на основные физико-механические свойства бесклнкерных композиционных гипсовых вяжущих. Установлены оптимальные составы бесклнкерных композиционных гипсовых вяжущих, отличающихся от исходного строительного гипса, повышенными прочностными показателями и водостойкостью. Замещение до 55 % строительного гипса в составе бесклнкерных композиционных гипсовых вяжущих промышленными отходами – молотыми керамзитовой пылью и доменным гранулированным шлаком обеспечивает снижение себестоимости вяжущего по сравнению с аналогами.

Разработанные бесклнкерные композиционные гипсовые вяжущие повышенной водостойкости и водостойкие могут применяться для получения сухих строительных смесей и растворов различного назначения, гипсобетонов для производства стеновых изделий при проведении внутренних работ при строительстве, ремонте и реконструкции зданий в помещениях с сухим, нормальным и влажным режимом по СНиП 23-02-2003.

**Список библиографических ссылок**

1. Ферронская А.В., Коровяков В.Ф., Баранов И.М., Бурьянов А.Ф., Лосев Ю.Г., Поплавский В.В., Шишин А.В. Гипс в малоэтажном строительстве. – М.: Изд-во АСВ, 2008. – 240 с.
2. Токарев Ю.В., Гинчицкий Е.О., Гинчицкая Ю.Н., Гордина А.Ф., Яковлев Г.И. Влияние комплекса добавок на свойства и структуру гипсового вяжущего // Строительные материалы, 2016, № 1-2. – С. 84-89.
3. Гордина А.Ф., Яковлев Г.И., Полянских И.С., Керене Я., Фишер Х.-Б., Рахимова Н.Р., Бурьянов А.Ф. Гипсовые композиции с комплексными модификаторами структуры // Строительные материалы, 2016, № 1-2. – С. 90-95.
4. Морозова Н.Н., Галиев Т.Ф. Минеральные добавки для композиционных гипсовых вяжущих // Сб. материалов Международной научно-практической конференции «Инновационное развитие современной науки». – Уфа: Издательство «Омега сайнс», 2015. – С. 49-51.
5. Изотов В.С., Мухаметрахимов Р.Х., Галаутдинов А.Р. Исследование влияния активных минеральных добавок на реологические и физико-механические свойства гипсоцементнопуццоланового вяжущего // Строительные материалы, 2015, № 5. – С. 20-23.
6. Панченко А.И., Бурьянов А.Ф., Соловьев В.Г., Козлов Н.В., Пашкевич С.А. Комплексная оценка эффективности применения гипсового вяжущего повышенной водостойкости // Строительные материалы, 2014, № 12. – С. 72-75.
7. Волженский А.В., Роговой М.И., Стамбулко В.И. Гипсоцементные и гипсошлаковые вяжущие материалы и изделия. – М.: Госстройиздат, 1960. – 162 с.
8. Горин В.М., Токарева С.А., Сухов В.Ю., Нехаев П.Ф., Авакова В.Д., Романов Н.М. Расширение областей применения керамзитового гравия // Строительные материалы, 2003, № 11. – С. 19-21.
9. Халиуллин М.И., Рахимов Р.З., Гайфуллин А.Р., Стоянов О.В. Влияние суперпластификаторов на свойства композиционных гипсоизвестковокерамзитовых вяжущих // Вестник Казанского технологического университета, 2013, Т. 16, № 5. – С. 119-121.

**Khaliullin M.I.** – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: [khaliullin@kgasu.ru](mailto:khaliullin@kgasu.ru)

**Gaifullin A.R.** – candidate of technical sciences, senior lecturer

E-mail: [gaifi@list.ru](mailto:gaifi@list.ru)

**Rakhimov R.Z.** – doctor of technical science, professor

E-mail: [rahimov@kgasu.ru](mailto:rahimov@kgasu.ru)

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

**Complex influence of the components on the basic properties of artificial stone based on clinker without gypsum composite binders****Resume**

The influence on the structure and main physical and mechanical properties of artificial stone based on clinker without gypsum composite binders of mineral components: clay dust ground together with lime and superplasticizer, as well as combinations thereof in a composition with ground granulated blast slag is investigated. Introduction to composition of gypsum the optimum quantities of ground haydite dust together with lime and superplasticizer allows to obtain compared to the original construction plaster artificial stone with more dense and fine-grained structure, characterized by high strength and resistance to water, the consumption of gypsum is reduced. The introduction of the aforementioned components in combination with ground granulated blast slag due to the additional formation of new insoluble products of hydration and seal structure of artificial stone increases its strength and softening

coefficient to the group of water-resistant materials. Consumption of gypsum is reduced when replacing parts on cheaper industrial waste – claydite dust and granulated blast furnace slag.

**Keywords:** haydite dust, granulated blast furnace slag, lime, composite gypsum binder, artificial stone, water resistance.

### Reference list

1. Ferronskaya A.V., Korovyakov V.F., Baranov I.M., Buryanov A.F., Losev Yu.G., Poplavskii V.V., Shishin A.V. Gypsum in low-rise building. – M.: Publishers ASV, 2008. – 240 p.
2. Tokarev Yu.V., Ginchitsky E.O., Ginchitskaya Yu.N., Gordina A.F., Yakovlev G.I. Influence of Additive Complex onto the Properties and Structure of Gypsum Binder // *Stroitelnye materialy*, 2016, № 1-2. – P. 84-89.
3. Gordina A.F., Yakovlev G.I., Polyanskikh S.I., Keren J., Fischer H.-B., Rakhimova N.R., Buryanov A.F. Influence of complex additives on the properties and structure of gypsum binder // *Stroitelnye materialy*, 2016, № 1-2. – P. 90-95.
4. Morozova N.N., Galiev T.F. Mineral additives for composite gypsum binder // *Proceedings materials of International scientific-practical conference «Innovative development of modern science»*. – Ufa: Publishing «Omega science», 2015. – P. 49-51.
5. Izotov V.S., Muhametrahimov A.D., Galautdinov A.R. Study of Influence of Active Mineral Additives on Rheological and Physical-Mechanical Properties of a Gypsum-Cement-Pozzolanic Binder // *Stroitelnye materialy*, 2015, № 5. – P. 20-23.
6. Panchenko A.I., Buryanov A.F., Solovjev V.G., Kozlov N.V., Pashkevich S.A. A comprehensive assessment of the effectiveness of gypsum binder with the water-resistant // *Stroitelnye materialy*, 2014, № 12. – P. 20-23.
7. Volzhensky A.B, Rogovoi M.I., Stambulko V.I. Gypsumzement and gypsumshlag binders materials and products. – M.: Gosstroyisdat, 1960. – 162 p.
8. Gorin V.M., Tokareva S.A., Suhov V.Yu., Nehaev P.F., Avakova V.D., Romanov N.M. Expansion of scopes of haydite gravel // *Stroitelnye materialy*, 2003, № 11. – P. 19-21.
9. Khaliullin M.I., Rakhimov R.Z., Gaifullin A.R., Stojanov O.V. Influence of superplasticizers on the properties of composite gypsum-lime-clay binders // *Bulletin of the Kazan Technological University*, 2013, B. 16, № 5. – P. 119-121.