

бетону, а потім, у міру наростання тиску кристалізується солі - до швидкої втрати міцності і поступового руйнування бетону.

Ключові слова: цементобетон, морозостійкість, морозно-сольовий вплив, розчини солей, міцність.

Brazhnik A.V. IMPACT ON ROAD CEMENT-CONCRETE FROST-SALT ENVIRONMENT.

In the article hypotheses of frost destruction of concrete in the conditions of variable freezing and thawing are considered. It is shown that in the case of frost-salt action

in NaCl medium, salts are deposited in the pores and defects of the concrete structure. It has been experimentally proved that the crystallization of salts leads first to the compaction of the levels of the concrete structure, and then, as the pressure of the crystallizing salt increases, to a rapid loss of strength and gradual destruction of the concrete.

Key words: cement concrete, frost-resistance, frost-salt effect, salt solutions, strength.

УДК 691.31

Лаповская С.Д., Демченко Т.Н.

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт строительных материалов и изделий «НИИСМИ»

(ул. Константиновская, 68, Киев, 04080, Украина; e-mail: mi@kievweb.com.ua)

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ ЗА СЧЕТ СНИЖЕНИЯ ЕГО ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ

В статье приведены результаты исследования влияния кремнийорганических гидрофобизирующих добавок на основные физико-механические свойства автоклавных газобетона марки по средней плотности D400.

Ключевые слова: бетон, водопоглощение, добавка, гидрофобизация, морозостойкость, плотность, прочность, ячеистый бетон.

Ячеистые бетоны автоклавного твердения относятся к строительным материалам, структура которых характеризуется высокой пористостью и значительной гидрофильностью [1-5]. Поэтому вопрос снижения сорбционного влагосодержания и водопоглощения ячеистого бетона являются актуальными, учитывая необходимость расширения сферы применения этого прогрессивного строительного материала. Снизить показатели сорбционного влагосодержания и водопоглощения ячеистого бетона до определенного оптимального значения возможно путем оптимизации его структуры.

Одним из направлений оптимизации структуры строительных материалов является их гидрофобизация - поверхностная или объемная - с помощью различных органических соединений, способных придать поверхности материала водоотталкивающие свойства.

Известная [6] технология объемной гидрофобизации автоклавного газобетона кремнийорганической соединением ПМС-100 позволяет получить материал с водопоглощением от 2 до 12 % по массе. Однако

жидкость ПМС-100 имеет достаточно высокую кинематическую вязкость – $(95-105) \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ при $+20 \text{ }^\circ\text{C}$, что затрудняет равномерное распределение гидрофобизатора по объему смеси, а следовательно, требует больших затрат энергии на приготовление ячеистобетонной смеси.

В Украине производится целый ряд продуктов на основе полисилоксанов, которые имеют теплостойкость свыше $200 \text{ }^\circ\text{C}$ и более низкую по сравнению с ПМС-100 кинематическую вязкость, что теоретически позволит использовать их для объемной гидрофобизации ячеистого бетона автоклавного твердения. Характеристики продуктов приведены в табл. 1-3.

Таблица 1 - Характеристики гидрофобизаторов на основе полиметилсилоксана

№ п/п	Показатель	ПМС-100	ПМС-50	ПМС-40
1	Вязкость кинематическая при $+20^\circ\text{C}$, $\text{м}^2/\text{с}$	$(95-105) \cdot 10^{-6}$	$(45-55) \cdot 10^{-6}$	$(36-44) \cdot 10^{-6}$
2	Температура вспышки в открытом тигле, $^\circ\text{C}$, не ниже	305	220	200
3	Плотность при 20°C , $\text{г}/\text{см}^3$	0,91 - 0,98	0,91 - 0,98	0,91 - 0,98

Таблица 2 - Характеристики гидрофобизатора на основе олигометилгидросилоксана

№ п/п	Наименование показателей	ГКЖ 136-157 М
1	Вязкость кинематическая при +20°C, м ² /с	29, 9·10 ⁻⁶
2	Температура вспышки в открытом тигле, °С	151
3	Плотность при температуре (25±0,5) °С, г/см ³	0,998
4	Реакция среды (рН водной вытяжки)	6,72

Таблица 3 - Характеристики гидрофобизаторов на основе метилсиликоната

№ п/п	Наименование показателей	Аквапрок Н
1	Плотность при температуре (20±0,5) °С, г/см ³	1,217
2	Щелочность в пересчете на NaOH, %	15,0
3	Массовая доля нелетучих веществ, %	26, 9

Как видно из табл. 1, жидкости ПМС-40 и ПМС-50 имеют значительно более низкие значения кинематической вязкости при температуре вспышки в открытом тигле более 200 °С, что превышает температуру автоклавной обработки. ГКЖ 136-157 М характеризуется еще более низким показателем кинематической вязкости, но температура вспышки составляет 151 °С.

Исследование возможности использования вышеуказанных кремнийорганических соединений выполняли для конструкционно-теплоизоляционного газобетона марки по средней плотности D400.

Добавки кремнийорганических жидкостей вводили в ячеистобетонные смеси с водой затворения. Расход гидрофобизатора варьировали от 0,5 до 3% по массе от массы сухих компонентов для полиметилсилоксана ПМС, и от 0,5 до 5% - для олигометилгидросилоксана ГКЖ 136-157 М и метилсиликоната натрия Аквапрок Н.

Кинетика вспучивания ячеистобетонных смесей, содержащих добавки приведена на (рис. 1-5).

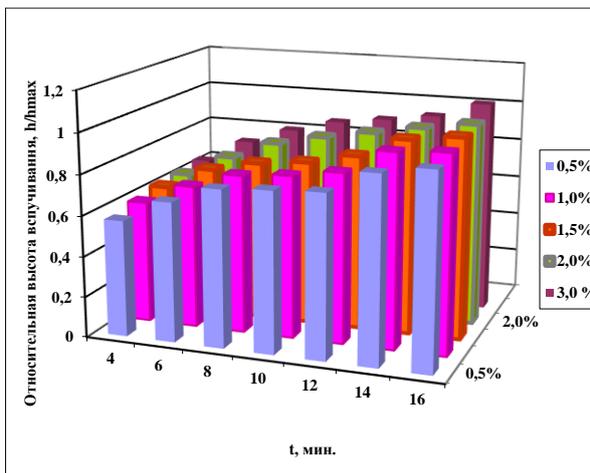


Рис. 1. Кинетика вспучивания ячеистобетонных смесей с добавкой ПМС-100

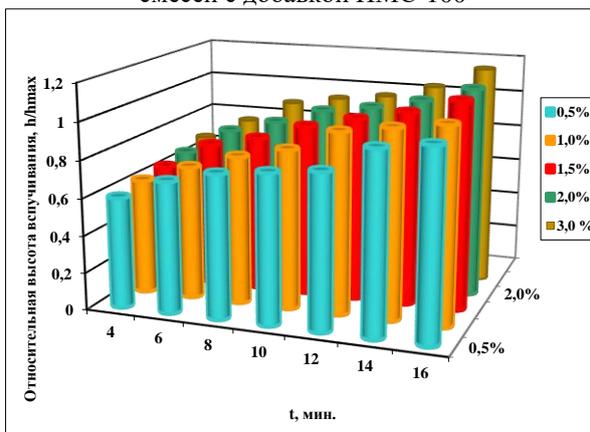


Рис. 2. Кинетика вспучивания ячеистобетонных смесей с добавкой ПМС-50

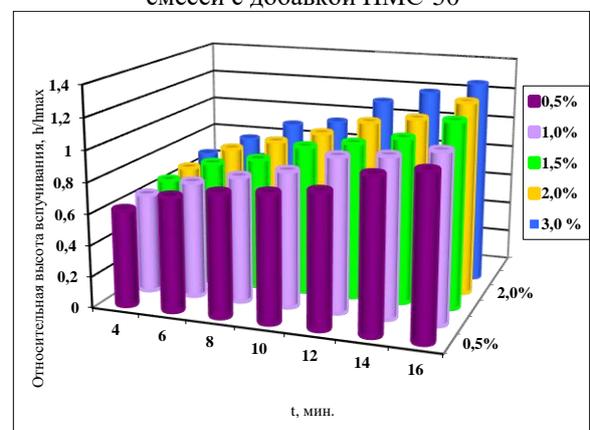


Рис. 3 - Кинетика вспучивания ячеистобетонных смесей с добавкой ПМС-40

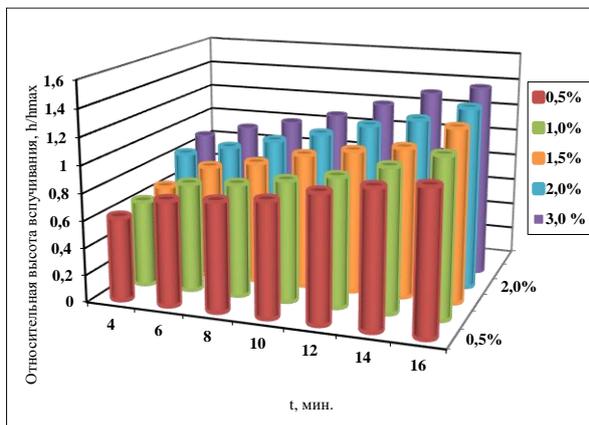


Рис. 4- Кинетика вспучивания ячеистобетонных смесей с добавкой ГКЖ 136-157 М

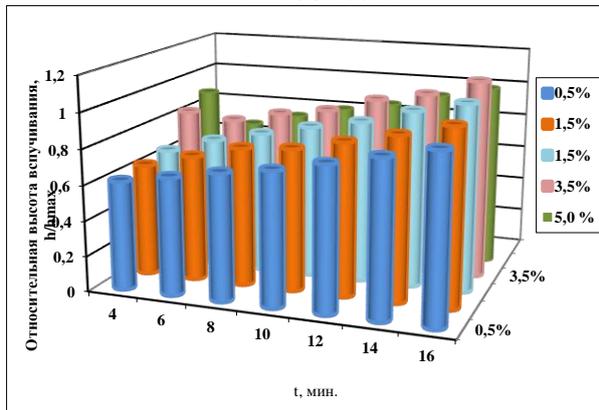


Рис. 5 - Кинетика вспучивания ячеистобетонных смесей с добавкой метилсиликоната натрия Аква-прок Н

После завершения процесса вспучивания высота массивов, содержащих добавки ПМС-50, ПМС-40 и ГКЖ 136-157 М была выше, чем в массивах, содержащих добавку ПМС-100 и Аквапрок Н.

Также было исследовано влияние добавок на процесс набора пластической прочности ячеистобетонного сырца.

Было установлено, что введение добавок ПМС-50, ПМС-40 и метилсиликоната натрия в состав ячеистобетонных смесей не вызывает заметного негативного влияния на кинетику набора пластической прочности сырца по сравнению с добавкой ПМС-100.

Физико-механические свойства разработанных газобетонов (прочность при сжатии, средняя плотность в сухом состоянии, водопоглощение, морозостойкость) были исследованы в соответствии с требованиями действующих в Украине нормативных документов и приведены в табл.4-5.

Также был проведен анализ влияния добавки полиметилсилоксана на процессы синтеза гидросиликатов. Исследуемая добавка ПМС фактически реагирует уже на стадии смешивания, формирования и доавтоклавной выдержки. Увеличение содержания добавки полиметилсилоксана свыше 2% приводит к снижению прочности готовых изделий. Одной из возможных причин снижения прочности при содержании добавки более 2% является перекристаллизация новообразований и их укрупнение в процессе автоклавной обработки, что вызывает нарушение структуры. Другой причиной является образование линз гидрофобизатора, оказывающих расклинивающее действие и вызывающее нарушение связей между новообразованиями.

Таблица 4 - Физико-механические характеристики разработанных автоклавных газобетонов марки по средней плотности D400, модифицированных полиметилсилоксаном

Показатели	Состав автоклавных газобетонов									
	без добавки	с добавкой в кол-ве, % по массе сухих компонентов								
		2% ПМС-100			ПМС-50			ПМС-40		
	1,5	2,0	3,0	1,5	2,0	3,0	1,5	2,0	3,0	
Средняя плотность в сухом состоянии, кг/м ³	410	394	390	396	387	383	380	378	382	385
Прочность при сжатии, МПа	2,9	3,0	3,7	3,3	3,1	3,8	3,5	3,0	3,7	3,4
Водопоглощение, % по массе, за 24 ч.	49,6	6,2	2,6	2,0	7,0	4,2	3,0	8,4	5,1	4,8
Морозостойкость, марка	F25	F35	F50	F35	F35	F50	F50	F35	F50	F50

В результате проведенных физико-химических методов исследований (рис. 6-8) зафиксированы новообразования в гидрофобизированных ячеистых бетонах аналогичные новообразованиям бездобавочного автоклавного газобетона. При использовании добавки ПМС (рис. 6, кр. 2) более четко проявляются дифракционные отра-

жения основных низкоосновных гидросиликатных фаз, причем увеличение ввода добавки полиметилсилоксана приводит к блокированию процессов гидратообразования в условиях автоклавной обработки, интенсивность фаз уменьшается (рис. 6. кр. 3).

Таблица 5 - Физико-механические характеристики разработанных автоклавных газобетонов марки по средней плотности D400, модифицированных добавками олигометилгидросилоксана и метилсилико-ната натрия

Показатели	Состав автоклавных газобетонов						
	без добавки	с добавкой в кол-ве, % по массе сухих компонентов					
		ГКЖ 136-157 М			Аквапрок Н		
		2,5	3,5	5,0	2,5	3,5	5,0
Средняя плотность в сухом состоянии, кг/м ³	410	402	396	390	408	413	419
Прочность при сжатии, МПа	2,9	3,2	3,5	3,0	3,3	3,0	2,7
Водопоглощение, % по массе, за 24 ч.	49,6	31,0	29,8	31,7	30,3	30,8	32,6
Морозостойкость, циклы	F25	F25	F35	F25	F35	F25	F25

На кривой ДТА (рис. 7, кр. 2) выделение физически связанной воды фиксируется в более широких пределах: от 110 до 250 °С, другие эндо- и экзоэффекты смещаются в сторону увеличения температур примерно на 18 ... 60 °С.

Использование в составе ячеистобетонных смеси добавки ПМС в количестве до 2% способствует повышению влагостойкости газобетона после его автоклавной обработки (объемная гидрофобизация) до 12,8 раз (для ПМС-100 [1]) по сравнению с бездобавочным составом и формированию сфероидальных ячеек меньшего диаметра и меньшей толщины межпоровых перегородок (рис. 8, б, ж) по сравнению с бездобавочный составом (рис. 8, а, е).

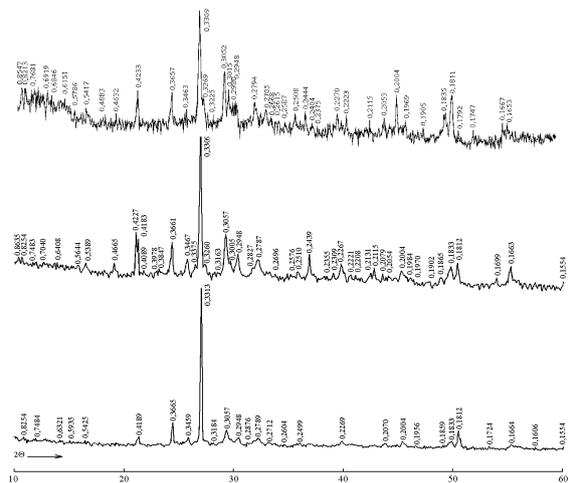


Рис. 6. Рентгенограммы образцов гидрофобизированного ячеистого бетона автоклавного твердения: 1) - без добавки; 2) при содержании 2 % ПМС-100; 3) при содержании 10 % ПМС-100 [1].

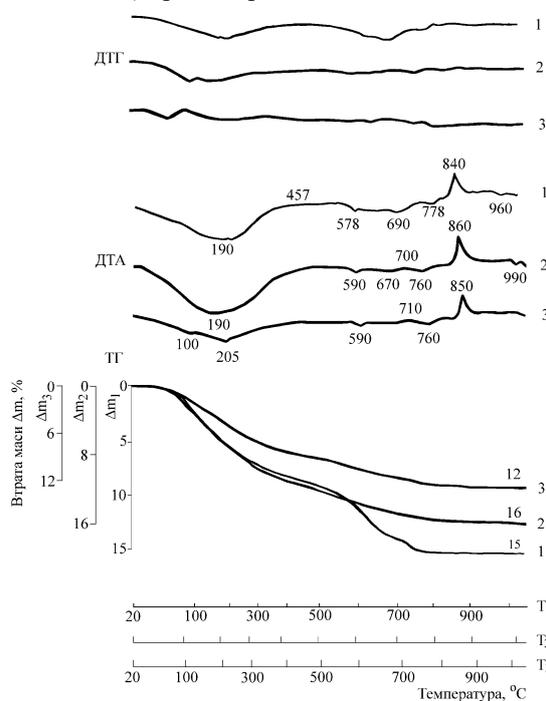


Рис. 7. Термограммы образцов гидрофобизированного ячеистого бетона автоклавного твердения: 1) - без добавки; 2) при добавлении 2% ПМС-100; 3) при добавлении 10% ПМС-100.

Термодеструкция добавки ПМС происходит при температуре 300 °С, а в интервале температур от 700 до 990 °С фиксируется α- кварц с переходом его в α-тридимит. Добавка ПМС инициирует образование на внутренних поверхностях пор удлиненных призматических кристаллов авфилита (рис. 9, б).

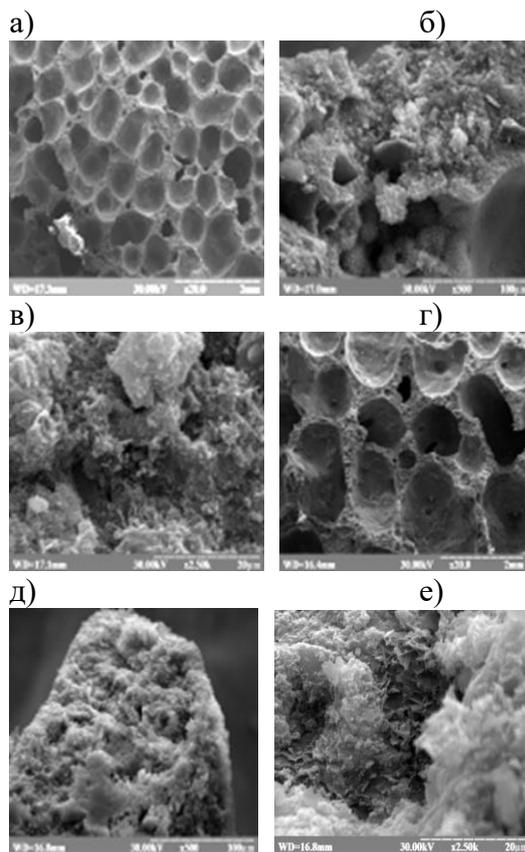


Рис. 8. Электронные микрофотографии поверхности скола образца гидрофобизированного ячеистого бетона автоклавного твердения: (а, б, в) модифицированного полиметилсилоксаном в количестве 2 %, (г, д, е) без добавки

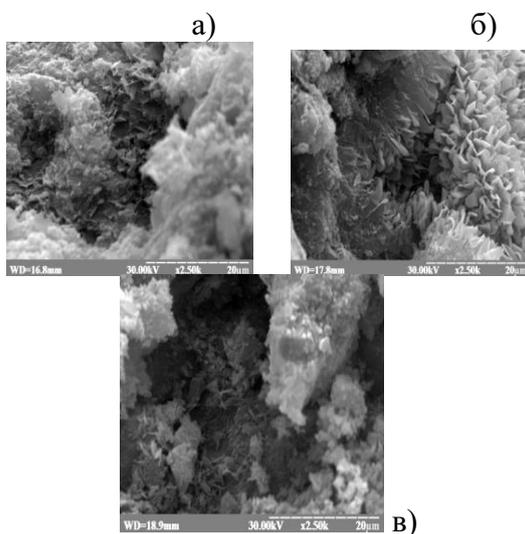


Рис. 9. Фотографии поверхности гидрофобизированного ячеистого бетона автоклавного твердения: а) - без добавки; б) при добавлении 2% ПМС-100; в) при добавлении 10% ПМС-100.

Вывод. По результатам проведенных исследований установлено, что для повышения основных физико-механических и

эксплуатационных характеристик газобетонов марки по средней плотности D400 оптимальным является введение в состав ячеистобетонных смесей добавки кремнийорганической жидкости ПМС-50 в количестве 1,5-2 % от массы сухих компонентов. При этом прочность материала при сжатии повышается с 2,9 МПа до 3,8 МПа; водопоглощение снижается с 49,6 % до 4,2 % по массе, морозостойкость повышается на 2 марки. Составы, содержащие добавки ПМС-50 и ПМС-40 характеризовались пониженной на 3-5% средней плотностью в сухом состоянии при равнозначных значениях прочности на сжатие (3,7 МПа и 3,8 МПа соответственно). Образцы автоклавных газобетонов, модифицированных добавками олигометилгидросилоксана и метилсиликоната натрия показали повышение прочности и морозостойкости при количестве добавок 3,5% и 2,5% соответственно.

Прочность ячеистого гидрофобизированного бетона автоклавного твердения обеспечивается основными низкоосновный гидросиликатными фазами и увеличенным количеством удлиненных призматических кристаллов афвилита.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бутт, Ю.М. Долговечность автоклавных силикатных бетонов / Ю.М. Бутт, К.К. Куатбаев // М.: Стройиздат, 1966. – 266 с.
2. Бородянская М.В. Влияние минералогического состава сырья на физико-механические свойства автоклавных бетонов. Сб. Автоклавные бетоны и изделия на их основе / М.В. Бородянская, П.М. Зильберфарб // Л.: ВНИИСТРОМ, 1972. – С. 20 – 25.
3. Горяйнов К.Э. Технологии минеральных теплоизоляционных материалов и легких бетонов / К.Э. Горяйнов, К.Н. Дубеницкий, С.Г. Васильков // М.: Стройиздат, 1976. – 536 с.
4. Сажнев Н.П. Производство, свойства и применение ячеистого бетона автоклавного твердения / Н. Сажнев, Н. Шелег // Строительные материалы. – 2004. – № 3. – С. 2 – 6.
5. Пинскер В.А. Ячеистый бетон как испытанный временем материал для капитального строительства. / В.А. Пинскер, В.П. Вылегжанин // Строительные материалы. 2004. №3. – С. 44-45.
6. Лаповська С.Д. Автоклавний газобетон з покращеними експлуатаційними властивостями: дис. ... докт. техн. наук / Світлана Давидівна Лаповська; КНУБА. - К., 2013. - 387 с.

Лаповська С.Д., Демченко Т.М. ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ НІЗДРІЮВАТИЙ БЕТОН АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДНЕННЯ ЗА РАХУНОК ЗНИЖЕННЯ ЙОГО ВОДОПОГЛИНАННЯ. У статті наведені результати дослідження впливу кремнійорганічних гідрофобизуючих добавок на основні фізико-механічні властивості автоклавних газобетону марки за середньою густиною D400.

Ключові слова: бетон, водопоглинання, добавка, гідрофобізація, морозостійкість, щільність, міцність, пористий бетон.

Lapovskaya S.D., Demchenko T.N. INCREASING THE DURABILITY OF CELLULAR CONCRETE OF AUTOCLAVE TOLERANCE AT THE ACCOUNT OF REDUCING ITS WATER ABSORPTION. The article presents the results of the investigation of the effect of organosilicon hydrophobizing additives on the main physical and mechanical properties of autoclaved aerated concrete of the brand at an average density of D400.

Keywords: concrete, water absorption, additive, hydrophobization, frost resistance, density, strength, cellular concrete.

УДК 666.972.125

Шабанова Г.Н., Корогодская А.Н., Федоренко Е.Ю.,

*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»
(ул. Кирпичева, 2, Харьков, 61002, Украина; e-mail: gala-shabanova@ukr.net),*

Христич Е.В.

*Национальный университет гражданской защиты Украины
(ул. Чернышевская, 24, Харьков, 61000, Украина)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВОЛОКОН В ТЕХНОЛОГИИ КЕРАМЗИТА

Представлены результаты исследований по использованию отходов углеобогащения в качестве сырьевых материалов при получении качественного керамзитового гравия, армированного органическими и неорганическими волокнами. Были исследованы отходы углеобогащения: горелые породы, алевролиты из отвалов, отходы текущего выхода после флотации, отходы текущего выхода после гравитации, аргиллиты из отвалов, углистые сланцы.

Ключевые слова: керамзит, технология, армирование, волокна, отходы углеобогащения.

Керамзит – недорогой, экологичный материал с отличными показателями звуко- и теплоизоляции и малым весом. Он используется не только в качестве утеплителя стен, перекрытий зданий, наполнителя для легких бетонов, но и при строительстве дорог, мелиоративных работах на водонасыщенных грунтах, а также в ландшафтном дизайне. В состав керамзита входит глина или глиняные сланцы, изготавливается путем обжига исходного сырья в специальных печах-барабанах, где при нагреве до 1000-1300 °С происходит вспучивание глины и переход в пиропластическое состояние. В зависимости от качества глины, температуры и продолжительности обжига и других технологических особенностей производства получают различные технические характеристики керамзита. Качество керамзита определяет размер зерен и

объемный насыпной вес. Керамзит подразделяют на керамзитовый гравий, который имеет овальную форму; керамзитовый щебень, отличающийся тем, что его зёрна имеют, в основном, кубическую форму с острыми гранями и углами и керамзитовый песок [1-3].

В данной работе представлены результаты исследований по использованию отходов углеобогащения в качестве сырьевых материалов при получении качественного керамзитового гравия, армированного органическими и неорганическими волокнами.

С целью использования в технологии керамических строительных материалов были исследованы отходы углеобогащения: 1) горелые породы (смесь агломератов разной дисперсности и цвета); 2) алевролиты из отвалов (камнеподобный материал