

DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-9-40-48

**<sup>1</sup>Муртазаев С-А.Ю., <sup>1,2</sup>\*Саламанова М.Ш.**<sup>1</sup>Грозненский государственный нефтяной технический университет  
имени академика М.Д. Миллионщикова<sup>2</sup>Комплексный научно-исследовательский институт имени Х.И. Ибрагимова  
Российской академии наук

\*E-mail: madina\_salamanova@mail.ru

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПОВЫШЕНИЮ КАЧЕСТВА МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА

**Аннотация.** Получение качественного и надежного мелкозернистого бетона с использованием ресурсосберегающих технологий является актуальной и весомой задачей. Популярность мелкозернистого бетона определяется возможностью отказа от дорогого и дефицитного во многих районах страны крупного заполнителя, возможностью регулирования в широких пределах структуры и технических свойств бетонной смеси и бетона, качеством бетонирования густоармированных конструкций сложной конфигурации, повышением ударной прочности железобетонных элементов.

В связи с этим для повышения востребованности этого продукта были проведены исследования по получению мелкозернистого бетона с использованием местных доступных техногенных материалов и технических приёмов, основанных на установленных закономерностях влияния рецептурно-технологических параметров на физико-механические и эксплуатационные характеристики. Отсутствие качественных крупных песков в регионе явилось предпосылкой поиска новых решений для управления процессами контактообразования между частицами цемента и мелкого заполнителя. Предлагаемый в работе рецептурно-технологический прием, заключающийся в комплексном использовании фракционированного заполнителя поверхностно активированного катионной добавкой алкилдиметилбензиламмоний хлорида, модифицированного микрокремнеземом вяжущего, способствовал усилению адгезионной прочности в зоне контакта «цементный камень – заполнитель» и формированию плотной структуры, сложенной из высокопрочных и труднорастворимых образований. Предлагаемая технология получения мелкозернистых бетонов позволит создавать качественные композиты с использованием техногенного сырья, решая тем самым проблему дефицита пригодных для строительства крупных природных песков.

**Ключевые слова:** мелкозернистый бетон, фракционированный заполнитель, композиционные вяжущие, поверхностная обработка, катионактивная добавка, микрокремнезем.

**Введение.** Вопросам модернизации и внедрения инновационных технологий получения качественных композитов уделяется большое внимание практически на всех мировых научных площадках, и связано это с высокими темпами развития высотного монолитного строительства [1–4]. Но проблемы экологического порядка буквально пронизывают строительную отрасль, ведь уже начиная с разработки карьера и добычи минерального сырья мы наносим непоправимый вред природному фонду и конечно же себе. Поэтому рациональное потребление первичных природных ресурсов и максимальное использование промышленных отходов позволят решать многие глобальные вопросы, наиболее значимым из которых является экологическая безопасность окружающей среды обитания [5–9].

Основываясь на принципах выдвинутой концепции была поставлена цель получения качественного и надежного материала с использованием ресурсосберегающих технологий. Популярность мелкозернистого бетона объясняется многими факторами, в частности, возможностью замены дорогого и дефицитного во многих районах

страны крупного заполнителя; возможностью регулирования структуры и технических свойств бетонной смеси и бетона; качеством бетонирования густоармированных конструкций сложной конфигурации; изготовлением ударостойких и изгибаемых элементов; производством дорожных покрытий [10–13]. Единственным моментом, усложняющим производство мелкозернистого бетона, является высокий расход матричной основы вяжущего, нехватка качественных природных песков, трудности с обеспечением стабильных деформативных показателей конструкций.

В связи с этим для повышения востребованности этого продукта были проведены исследования по получению мелкозернистого бетона с использованием местных доступных техногенных материалов и технических приёмов, базирующихся на основе установленных закономерностей влияния рецептурно-технологических параметров на физико-механические и эксплуатационные характеристики. Отсутствие качественных крупных песков в регионе натолкнуло на поиск новых решений для управления процессами

контактообразования между частицами цемента и мелкого заполнителя.

В работах [14–16] приводятся результаты обработки поверхности заполнителя растворами кислот, которая благоприятно сказалась на формировании структуры цементного камня в целом, кристаллохимических преобразованиях в контактной зоне «вяжущее вещество – модифицированный заполнитель». В процессе диффузионных процессов на поверхности активированного кислотой заполнителя изменяется его электрический потенциал и повышается количество активных центров кристаллизации, что приводит к улучшению прочности, коррозионной стойкости бетона. Установлено [17–20], что формирование структуры и прочности в зоне контакта зависят от величины и количества скрытых центров кристаллизации на поверхности минералов наполнителя и заполнителей. Ведь в зависимости от адсорбционной способности дефектной поверхности минералов заполнителей, проявляются определенные силы в жидкой фазе насыщенной продуктами гидролиза двух и трехкальциевых силикатов, с формированием прочных эпитаксиальных соединений с гидратными образованиями.

**Материалы и методы.** Для повышения качества мелкозернистого бетона, и в частности, усиления контактной прочности в зоне «цемент – заполнитель» применялась поверхностная обработка фракционированного заполнителя катионоактивной добавкой алкилдиметилбензиламмоний хлорид (АДБАХ), формула:  $R(CH_3)_2[NCH_2C_6H_5]^+Cl^-$ , где R – остаток, содержащий C<sub>12</sub>- C<sub>18</sub>. Фракционированный мелкий заполнитель получали обогащением высевок (ООО ГК «Лам») от дробления горных пород, мелким кварцевым песком Червленского карьера. Экспериментальным путем, установлено наиболее рациональное соотношение в заполнителе высевок и мелкого песка, составившее 66:34 %. Характеристики полученного материала соответствуют требованиям ГОСТ 8736-93 (табл. 1). Утилизация определенной доли отходов ООО ГК «Лам» позволит внести значительный вклад в защиту окружающей среды, так как высевки от дробления горных пород захламляют территорию компании и близ находящиеся сельскохозяйственные земли. Кроме того, это решает проблему дефицита качественных крупных песков в регионе.

Таблица 1

Зерновой состав и свойства фракционированного песка

№	Наименование показателей	Фактическое значение		
		Размер сит, мм	Остатки на ситах, % по массе	
1	Зерновой состав: частные и полные остатки на ситах, % по массе		частные	полные
		5,0	1,1	1,1
		2,5	17,2	18,3
		1,25	12,5	30,8
		0,63	25,6	56,4
		0,315	30,6	87,0
		0,16	10,4	97,4
		< 0,16	2,6	100
2	Модуль крупности песка	2,91 (крупный песок)		
3	Класс песка	II		
4	Содержание ПГИ, %	2,6 %		
5	Содержание глины в комках, %	нет		
6	Истинная плотность зерен, кг/м <sup>3</sup>	2620		
7	Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	1585		
8	Пустотность песка, %	38,4		

Результаты рентгенофазового качественного анализа (РФА), выполненные на дифрактометре «ARLX'TRA», идентифицировали в составе фракционированного заполнителя полимиктовый песок и обломки однородного известняка и темно-серой терригенной породы. РФА подтвердил присутствие следующих минеральных фаз: кварц, плагиоклаз (альбит – олигоклазового состава), микроклин, хлорит, слюды (и гидрослюды), кальцит (рис. 1).

**Основная часть.** Полученный, путём смешивания высевок и с мелким кварцевым песком,

фракционированный мелкий заполнитель подвергали сушке в сушильном шкафу при температуре 105 °С в течение 2 часов и в последующем активировали поверхностной обработкой алкилдиметилбензиламмоний хлоридом. Оптимальная дозировка модификатора была определена исследованиями и составила 0,1 % от массы портландцемента. Следует отметить, что с увеличением количества ПАВ наблюдалось разрыхление формочной смеси, ослаблялись силы сцепления между компонентами матричной системы и смеси, что приводило к снижению прочности

композита на 15–18 %. Для подтверждения эффективности поверхностной обработки заполнителя, алкилдиметилбензиламмоний хлорид в дозировке 0,1 % от массы портландцемента, вводили в бетонную смесь с водой затворения, и в сопоставлении с контрольными образцами без добавки, наблюдалось повышение прочности на 9–10 %. При этом полученные составы уступают

по прочности образцам с использованием модифицированного заполнителя. Следовательно, активация фракционированного заполнителя катионоактивной ПАВ способствовала проявлению гидрофобных свойств этого компонента, снизила водопоглощение, усилила взаимодействие в контактной зоне «вяжущее – заполнитель», обеспечив прирост прочности.

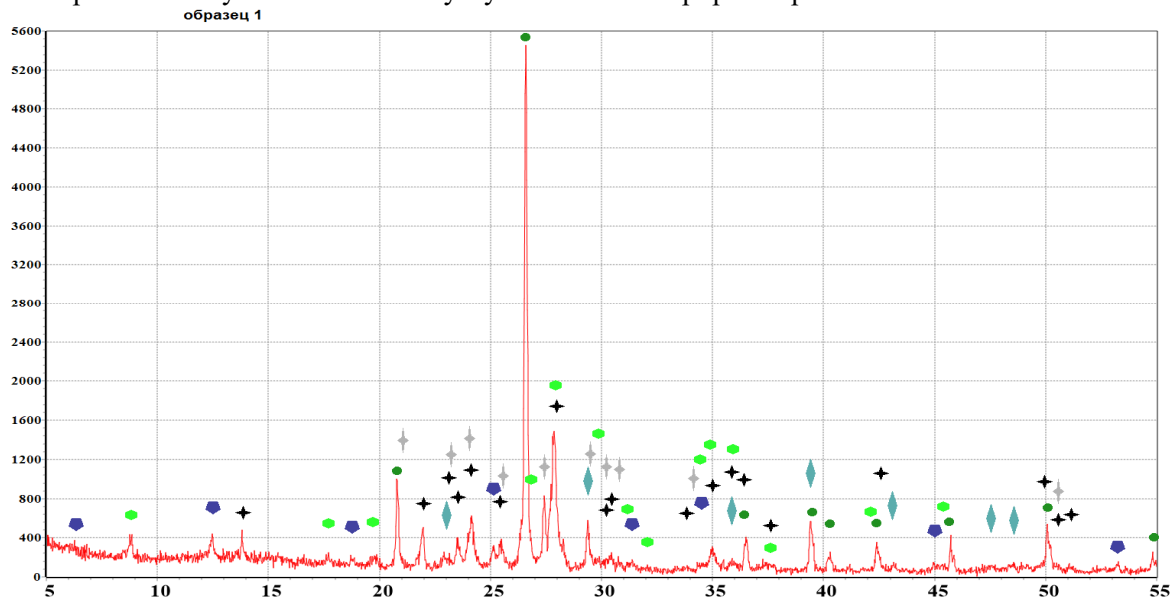


Рис. 1. РФА фракционированного мелкого заполнителя:

- кварц; ● хлорит (сильно хлоритизированные темноцветные силикаты);
- ⬡ слюды и гидрослюды; ★ плагиоклаз (альбит – олигоклаз); ★ микроклин; ◆ кальцит

Таким образом, выбор катионного ПАВ – группы четвертичного аммониевого соединения обоснован отрицательным зарядом поверхности заполнителя, изменением гидрофильно-гидрофобных и ионообменных свойств песка, что положительно отражается на зоне контакта «вяжущее – заполнитель», процессах формирования структуры и прочности мелкозернистого композита.

В качестве вяжущего в эксперименте применяли портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н который в целях экономии и улучшения технических показателей заменяли в определенных долях минеральной добавкой. В качестве добавки использовали

микрокремнезем конденсированный неуплотненный – МК-85 (ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат»). Содержание диоксида кремния в микрокремнеземе составило 92%, истинная плотность 2620 кг/м<sup>3</sup>, удельная поверхность  $S_{уд} = 2030 \text{ м}^2/\text{кг}$ . Для определения оптимальной дозировки микрокремнезема, были изготовлены составы вяжущих композиций, в который варьировалось содержание добавки микрокремнезема. В составе 5 использовался портландцемент, подвергнутый совместному домолу с порошкообразным суперпластификатором Полипласт СП-1. Результаты исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Свойства модифицированных вяжущих материалов**

№	Состав вяжущего, масс., %			НГЦТ, %	Предел прочности, в возрасте 28 суток, МПа		Сроки схватывания, час. –мин.	
	ПЦ	МК	СП		сжатие	изгиб	начало	конец
1	100	–	–	25,0	46,5	6,2	2–50	3–40
2	95	5	–	25,6	52,6	6,5	2–40	3–35
3	92	7	–	28,0	55,2	7,0	2–30	3–30
4	80	10	–	28,7	48,1	6,4	2–34	3–36
5	94*	5	1	23,4	60,2	7,5	3–00	4–05

**Примечание:** ПЦ – портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н; МК – микрокремнезем; СП – порошкообразный суперпластификатор Полипласт СП-1; состав № 5\* использовали портландцемент, домолотый совместно с Полипласт СП-1 в дозировке 1% от массы цемента, удельная поверхность  $S_{уд} = 430 \text{ м}^2/\text{кг}$ .

Использование добавки микрокремнезема (5 %) в комплексе с домолотым цементом и суперпластификатором Полипласт СП-1 позволило на 29,5 % увеличить прочность модифицированного вяжущего, что соответствует классу бетона В45 при стандартном коэффициенте вариации. Модифицированное добавкой микрокремнезема в количестве 7 % вяжущее показало положительный прирост (18,7 %) прочности – 55,2 МПа. Положительному эффекту в обоих случаях способствовала добавка микрокремнезема, улучшились свойства цементного теста и камня. Микрокремнезем представлен мельчайшими частицами аморфизированного стекла размерностью до 0,1–0,2 мкм, которые обладают повышенной растворимостью и гидравлической активностью (до 300 мг поглощения СаО из раствора на 1 г добавки) [11, 13]. Частицы микрокремнезема связывают продукты гидратации алита и белита – Са(ОН)<sub>2</sub> с образованием дополнительного количества труднорастворимых низкоосновных гидратов силиката кальция [14, 18, 21]. Сферические микрочастицы покрывают зерна компонентов смеси, создавая тем самым пластифицирующий эффект, заполняют межзерновое пространство и улучшают адгезию в зоне «вяжущее – заполнитель». С повышением дозировки микрокремнезема до 10 % наблюдается уменьшение прочности це-

ментного камня, что объясняется снижением водородного показателя щелочной среды с рН 14 до рН 12,5, с дальнейшей частичной нейтрализацией катализатора процессов гидратации – гидроксида кальция.

Состав 5 вяжущей композиции с использованием портландцемента домолотого с Полипластом СП-1 показал высокие показатели по прочности. Снижение нормальной густоты цементного теста составило 7%, сроки схватывания практически не изменились, однако дополнительные затраты на домол не оправдываются 8% увеличения прочности. Таким образом, вяжущая композиция с дозировкой микрокремнезема 7% наиболее выгодная с экономической и с технической стороны, прочность цементного камня на сжатие составляет – 55,2 МПа, на изгиб – 7 МПа. Полученная композиция имеет оптимальные сроки схватывания: начало – 2 часа 30 минут, конец – 3 часа 30 минут. С использованием вяжущего этой рецептуры и фракционированного заполнителя (высев: мелкий песок = 66:34), подвергнутого поверхностной активации были изготовлены образцы кубики из мелкозернистого бетона, которые после распалубки хранили в нормально-влажностных условиях ( $t = 22 \pm 0,5^\circ\text{C}$ ,  $\phi = 90\%$ ) до испытания. Рецептуры и свойства мелкозернистых бетонов на основе активированного заполнителя представлены в таблице 3.

Таблица 3

**Физико-механические свойства мелкозернистого бетона на активированном заполнителе**

№ состава	Расход материалов на 1 м <sup>3</sup> , кг					Вода	В/Ц	Предел прочности при сжатии, R <sub>сж</sub> , МПа	Предел прочности при изгибе, R <sub>изг</sub> , МПа	Модуль упругости E <sub>b</sub> · 10 <sup>3</sup> , МПа
	вяжущее		фракционированный заполнитель							
	ПЦ	МК	В	П	АДБАХ					
1	550	–	1023	527	–	225	0,41	41,3	6,1	28,1
2	512	38	1023	527	–	204	0,40	45,0	6,4	31,2
3	550	–	1550	–	0,55	192	0,35	42,7	6,2	29,7
4	550	–	–	1550	0,55	220	0,40	42,0	6,0	29,1
5	512	38	1023	527	0,55	164	0,32	59,7	6,7	38,5
6	523*	27	1023	527	0,55	152	0,29	68,4	7,8	40,6

**Примечание:** ПЦ – портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н; МК – микрокремнезем; АДБАХ – алкилдиметилбензиламмоний хлорид в дозировке 0,1 % от массы цемента; В – высевки; П – кварцевый мелкий песок; состав 6\* использовали портландцемент, домолотый совместно с Полипласт СП-1 в дозировке 1 % от массы цемента, удельная поверхность S<sub>уд</sub> = 4300 см<sup>2</sup>/г.

Проведенные исследования подтвердили эффективность предлагаемой технологии получения мелкозернистых бетонов на основе поверхностно обработанного добавкой АДБАХ фракционированного заполнителя и использовании микрокремнезема техногенного происхождения. Результаты исследований позволяют пронаблюдать картину изменения физико-механических свойств от варьирования состава бетона, вида заполнителя и способов модификации. Мелкозер-

нистые бетоны с использованием цемента, домолотого совместно с Полипласт СП-1 в дозировке 1 % от массы, микрокремнезема и поверхностно-активированного заполнителя показали максимальный прирост прочности на 65 %, модуль упругости возрос примерно на 42 %.

Состав 5 с 7 % микрокремнезема по массе и модифицированным заполнителем показал увеличение прочности на 44 %. Природа, гранулометрия, свойства заполнителя вносят определён-

ный вклад в формирование свойств. Так использование мелкого кварцевого песка или высевок техногенного происхождения по отдельности без фракционирования (составы 3, 4), отрицательно сказалось на физико-механических свойствах бетона. Причина кроется в ряде факторов, таких как повышенная пустотность заполнителя, увеличение водопотребности бетонной смеси, поровой структуры и проницаемости бетонного камня, что, в итоге, отражается на прочности и долговечности композита. Несмотря на дополнительные затраты на помол, использование портландцемента, домолотого совместно с Полипласт СП-1 в дозировке 1 % от массы цемента (состав 6) способствовало максимальному приросту прочности на 65 %. Данный результат достигнут комплексным взаимодействием модифицированного фракционированного заполнителя, вяжущего низкой водопотребности, микрокремнезема и суперпластификатора.

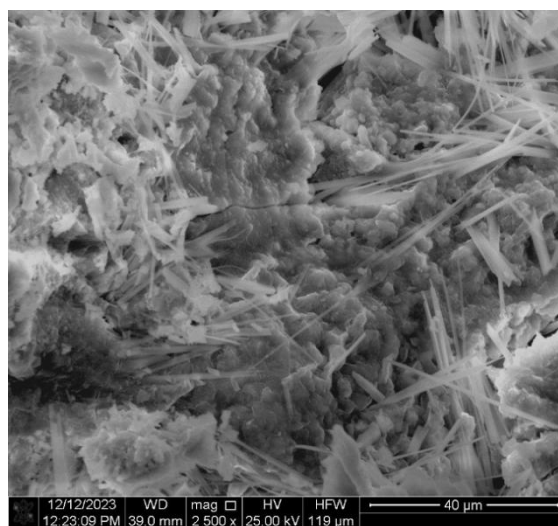
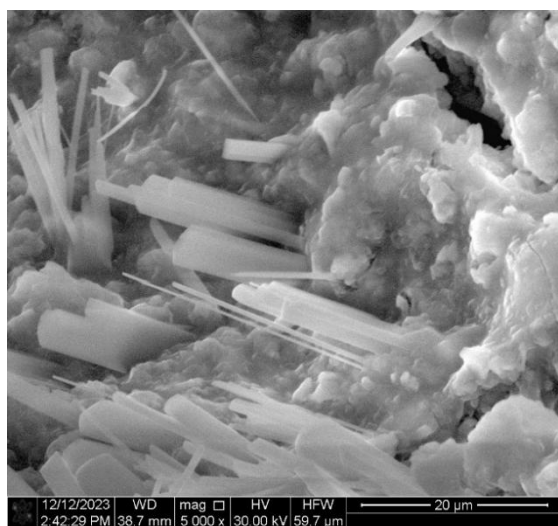


Рис. 2. Микрофотографии контактной зоны «вяжущее – поверхностно-обработанный фракционированный заполнитель»

Результаты микроанализа показали, что в контактной адгезионной зоне присутствуют разросшиеся кристаллы игольчатой формы гидросульфоалюминатов и гидроалюминатов кальция, пластинчатых кристаллогидратов алюмосиликатов кальция и трещиноватых агрегатов гидросиликатов кальция. Преобладание указанных соединений в контактной зоне свидетельствует о высокой прочности в переходной зоне «цементная матрица – заполнитель» и прочности мелкозернистого бетона в целом. Спектрограмма (рис. 3) подтверждает присутствие в зоне контакта таких прочных и труднорастворимых соединений как гидраты силикатов кальция, гарантирующих эксплуатационную надежность и долговечность композита.

Таким образом, предлагаемый в работе технологический прием, заключающийся в органо-минеральном модифицировании вяжущей системы и фракционированного заполнителя, позволяет обеспечить положительное влияние на физико-механические характеристики мелкозернистого бетона. И в большей мере это заслуга поверхностно-обработанного катионоактивным алкилдиметилбензиламмоний хлоридом обогащенного заполнителя – за счет усиления адгезионных сил в зоне контакта «вяжущее – заполнитель», достигается значительный прирост прочности мелкозернистого бетона. В качестве подтверждения была исследована контактная зона «вяжущее – модифицированный заполнитель» состава 5 мелкозернистого бетона. На рисунке 2 представлены микрофотографии, увеличения 2500 и 5000 крат, пробы отобранной в зоне адгезии, изучались на растровом электронном микроскопе Quanta 3D 200i, полученные спектры обрабатывались при помощи программного ресурса EDAX TEAM (рис. 2).

**Выводы.** Комплексная реализация следующих мероприятий: фракционирование заполнителя в сочетании с активацией его поверхности катионной добавкой алкилдиметилбензиламмоний хлорида, модификация микрокремнеземом вяжущего, способствовало усилению адгезионной прочности в зоне контакта «матрица – заполнитель» и формированию плотной структуры, сложенной из высокопрочных и труднорастворимых образований. Предлагаемая технология получения мелкозернистых бетонов позволит создавать качественные композиты с использованием техногенного сырья, решая тем самым проблемы экологического характера и дефицита пригодных для строительства крупных природных песков.

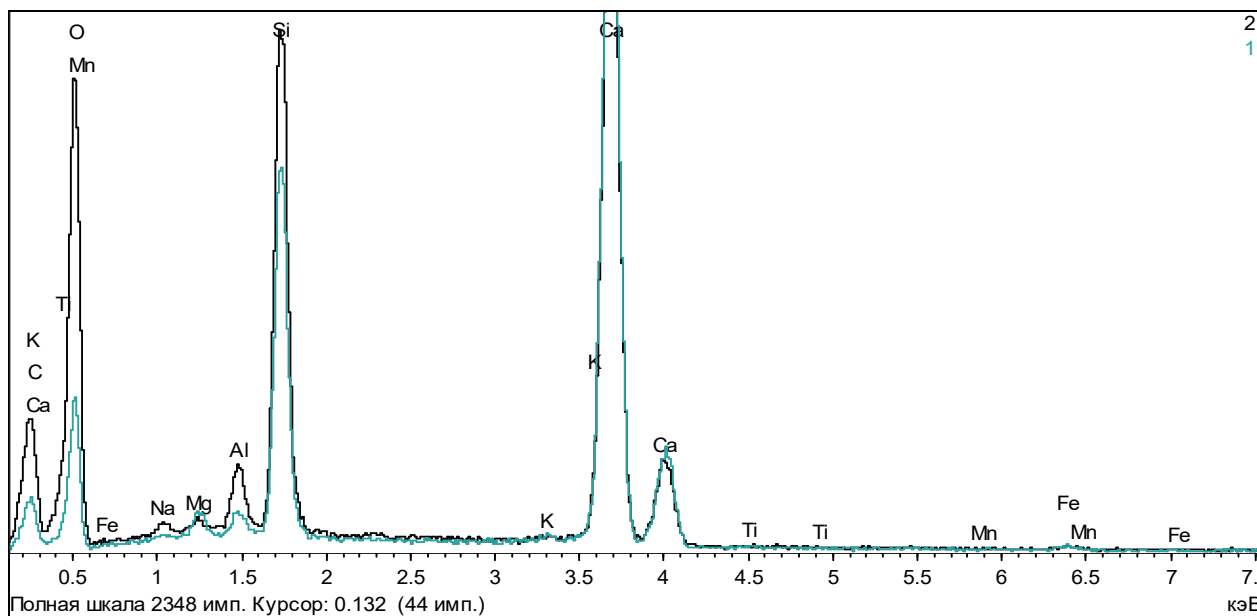


Рис. 3. Спектрограмма участков контактной зоны с присутствием гидратов силиката кальция

**Источник финансирования.** Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-69-00043, <https://rscf.ru/project/24-69-00043>.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Травуш В.И., Кузеванов Д.В., Каприелов С.С., Волков Ю.С. Бетон как экологический фактор снижения углеродного следа в среде обитания // Бетон и железобетон. 2022. № 3 (611). С. 10–14.
2. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Чилин И.А. Оптимизация параметров технологии бетона для обеспечения термической трещиностойкости массивных фундаментов // Строительные материалы. 2022. № 10. С. 41–51.
3. Нелюбова В.В., Усиков С.А., Строкова В.В., Нецвет Д.Д. Состав и свойства самоуплотняющегося бетона с использованием комплекса модификаторов // Строительные материалы. 2021. № 12. С. 48–54.
4. Strokova V.V., Nikulina M.V., Baskakov P.S., Abzalilova A.V., Esina A.Y. Influence of a hydrophobic emulsion on the surface properties of coatings of water-dispersion acrylic paint. Materials Science Forum. 2021. Vol. 1040. Pp. 165–171.
5. Маилян Д.Р., Несветаев Г.В., Коллеганов Н.А. К определению трещиностойкости железобетонных балок из различных видов бетонов // Инженерный вестник Дона. 2023. № 1(97). С. 533–548.
6. Cherpurnenko A.S., Nesvetaev G.V., Koryanova Yu.I., Yazyev B.M. Simplified model for determining the stress-strain state in massive monolithic foundation slabs during construction // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2022. Vol. 18 (3). Pp. 126–136.
7. Lesovik V.S., Popov D.Yu., Fediuk R.S., Usanova K.Iu. Composite binders with superabsorbent polymers // Construction of Unique Buildings and Structures. 2023 (3(108)). 10803.
8. Alaskhanov A.Kh., Lesovik V.S., Tolstoy A. «Green» composites based on technogenic raw materials // AIP Conference Proceedings. 2023. Pp. 153–158.
9. Баженов Ю.М., Демьянова В.С., Калашников В.И. Модифицированные высококачественные бетоны // Москва.: Ассоциация строительных вузов. 2006. 289 с.
10. Калашников В.И. Промышленность нерудных строительных материалов и будущее бетонов // Строительные материалы. 2008. № 3. С. 20–24.
11. Муртазаев С-А.Ю., Саламанова М.Ш. Перспективы использования термоактивированного сырья алюмосиликатной природы // Приволжский научный журнал. 2018. Т. 46. № 2. С. 65–70.
12. Каприелов С.С. Модифицированные высокопрочные бетоны классов В80 и В90 в монолитных конструкциях. // Строительные материалы. 2008. № 3. С. 9–13.
13. Саламанова М.Ш., Сайдумов М.С., Муртазаева Т.С-А., Хубаев М.С-М. Высококачественные модифицированные бетоны на основе минеральных добавок и суперпластификаторов различной природы // Инновации и инвестиции. 2015. № 8. С. 159–163.
14. Муртазаев С-А.Ю., Саламанова М.Ш., Алиев С.А., Бисултанов Р.Г. Горные породы вулканического происхождения как заполнители для

получения легких бетонов // Научное обозрение. 2015. № 7. С. 105–113.

15. Саламанова М.Ш., Бисултанов Р.Г., Мовсулов М.М. Перспективные возможности получения качественных мелкозернистых композитов // Научно-технический журнал Вестник ГГНТУ. Технические науки. 2023. Том XIX. № 2(32). С. 94–101.

16. Муртазаев С-А.Ю., Саламанова М.Ш., Корянова Ю.И. Разработка полиморфной вяжущей системы на основе карбонатной добавки // Научно-технический журнал Вестник ГГНТУ. Технические науки. 2023. Том XIX. № 3(33). С. 96–103.

17. Yang J., Qu D., Hu J., Song L., Cheng B. Research on singular value detection method of concrete dam deformation monitoring. Measurement. 2021. Vol. 179. 109457.

18. Chen J., Jia Q., Xu S., Fan P., The PDEM-based time-varying dynamic reliability analysis

method for a concrete dam subjected to earthquake. Structures. 2021. Vol. 33. Pp. 2964–2973.

19. Gowripalan N., Shakor P., Rocker P. Pressure exerted on formwork by self-compacting concrete at early ages: A review. Case Studies in Construction Materials. 2021. Vol. 15. 00642.

20. Dong W., Li W., Tao Z. A comprehensive review on performance of cementitious and geopolymeric concretes with recycled waste glass as powder, sand or cullet. Resources, Conservation and Recycling. 2021. Vol. 172. 105664.

21. Bondarev B.A., Borkov P.V., Bondarev A.B. An Outlook on the Application of Glass-Reinforced Plastic and Polymer Concrete Components in Bridge Construction // 2nd International Conference on Industrial Engineering (ICIE-2016), Chelyabinsk, May 19–20, 2016. Chelyabinsk: Elsevier Ltd, 2016. Pp. 1617–1622. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.139

#### Информация об авторах

**Муртазаев Саид-Альви Юсупович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии строительного производства E-mail: s.murtazaev@mail.ru. Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова. Россия, 364051, Грозный, пр. Исаева, 100.

**Саламанова Мадина Шахидовна**, доктор технических наук, доцент, директор научно-технического центра коллективного пользования «Современные строительные материалы и технологии». E-mail: madina\_salamanova@mail.ru. Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова. Россия, 364051, Грозный, пр. Исаева, 100. Комплексный научно-исследовательский институт имени Х.И. Ибрагимова Российской академии наук. 364051, Россия, Чеченская Республика, г. Грозный, В. Алиева (Старопромысловское шоссе), 21 а

Поступила 25.03.2024 г.

© Муртазаев С-А.Ю., Саламанова М.Ш., 2024

<sup>1</sup>Murtazaev S-A. Yu., <sup>1,2,\*</sup>Salamanova M.Sh.

<sup>1</sup>Grozny State Oil Technical University named after acad. M.D. Millionshchikov

<sup>2</sup>Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences

\*E-mail: madina\_salamanova@mail.ru

## TECHNOLOGICAL APPROACHES TO IMPROVING THE QUALITY OF FINE-GRAIN CONCRETE

**Abstract.** *The production of high quality and reliable fine-grained concrete using resource-saving technologies is a current and important task. The popularity of fine-grained concrete is determined by the possibility of eliminating coarse aggregate. It is expensive and in short supply in many regions of the country, and the ability to regulate within a wide range the structure and technical properties of the concrete mixture and concrete, by the quality of concreting of densely reinforced structures of complex configuration, increasing the impact strength of reinforced concrete elements. In this regard, to increase the demand for this product, research is carried out on the production of fine-grained concrete using locally available technogenic materials and technical methods based on established patterns of influence of recipe and technological parameters on physical, mechanical and operational characteristics. The lack of high-quality coarse sands in the region was a prerequisite for the search for new solutions to control the processes of contact formation between cement particles and fine aggregate. The recipe-technological method proposed in the work, which consists in the complex use of fractionated filler surface activated by the cationic additive of alkyl dimethylbenzyl ammonium chloride, modified with microsilica binder, contributed to the enhancement of adhesive strength in the contact zone “cement stone-aggregate” and the formation of a dense structure composed of high-strength and*



*poorly soluble formations. The proposed technology for producing fine-grained concrete will make it possible to create high-quality composites using technogenic raw materials, thereby solving the problem of the shortage of coarse natural sands suitable for construction.*

**Keywords:** *fine-grained concrete, fractionated filler, composite binders, surface treatment, cationic development, microsilica*

## REFERENCES

1. Travush V.I., Kuzevanov D.V., Kaprielov S.S., Volkov Yu.S. Concrete as an environmental factor in reducing the carbon footprint in the environment [Beton kak ekologicheskij faktor snizheniya uglerodnogo sleda v okruzhayushchej srede obitaniya]. Concrete and reinforced concrete. 2022. No. 3(611). Pp. 10–14. (rus)
2. Kaprielov S.S., Sheinfeld A.V., Chilin I.A. Optimization of concrete technology parameters to ensure thermal crack resistance of massive foundations [Optimizaciya parametrov tekhnologii betona dlya obespecheniya termicheskoj treshchinostjosti massivnyh fundamentov]. Building materials. 2022. No. 10. Pp. 41–51. (rus)
3. Nelyubova V.V., Usikov S.A., Strokova V.V., Netsvet D.D. Composition and properties of self-compacting concrete using a complex of modifiers [Sostav i svojstva samouplotnyayushchegosya betona s ispol'zovaniem kompleksa modifikatorov]. Building materials. 2021. No. 12. Pp. 48–54. (rus)
4. Strokova V.V., Nikulina M.V., Baskakov P.S., Abzalilova A.V., Esina A.Y. Influence of a hydrophobic emulsion on the surface properties of coatings of water-dispersion acrylic paint. Materials Science Forum. 2021. Vol. 1040. Pp. 165–171.
5. Mailyan D.R., Nesvetaev G.V., Kolleganov N.A. To determine the crack resistance of reinforced concrete beams made from various types of concrete [K opredeleniyu treshchinostjosti zhelezobetonnnyh balok iz razlichnyh vidov betonov]. Engineering Bulletin of the Don. 2023. No. 1(97). Pp. 533–548. (rus)
6. Chepurnenko A.S., Nesvetaev G.V., Koryanova Yu.I., Yazyev B.M. Simplified model for determining the stress-strain state in massive monolithic foundation slabs during construction. International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2022. Vol. 18 (3). Pp. 126–136.
7. Lesovik V.S., Popov D.Yu., Fediuk R.S., Usanova K.Iu. Composite binders with superabsorbent polymers. Construction of Unique Buildings and Structures. 2023. Vol. 3(108). 10803.
8. Alaskhanov A.Kh., Lesovik V.S., Tolstoy A. «Green» composites based on technogenic raw materials. AIP Conference Proceedings. 2023. 153–158.
9. Bazhenov Yu.M., Demyanova V.S., Kalashnikov V.I. Modified high quality concrete [Modificirovannye vysokokachestvennye betony]. Moscow: Association of Construction Universities. 2006. 289 p. (rus)
10. Kalashnikov V.I. The industry of non-metallic building materials and the future of concrete [Promyshlennost' nerudnyh stroitel'nyh materialov i budushchee betonov concrete]. Construction Materials. 2008. No. 3. Pp. 20–24. (rus)
11. Murtazaev S.A. Yu., Salamanova M.Sh. Prospects for the use of thermally activated aluminosilicate raw materials [Perspektivy ispol'zovaniya termoaktivirovannogo syr'ya alyumosilikatnoj prirody]. Volga Scientific Journal. 2018. Vol. 46. No. 2. Pp. 65–70. (rus)
12. Kaprielov S.S. Modified high-strength concrete of classes B80 and B90 in monolithic structures. [Modificirovannye vysokoprochnye betony klassov V80 i V90 v monolitnyh konstrukciyah]. Building materials. 2008. No. 3. Pp. 9–13. (rus)
13. Salamanova M.Sh., Saidumov M.S., Murtazaeva, T.S.-A., Khubaev M.S.-M. High-quality modified concrete based on mineral additives and superplasticizers of various natures [Vysokokachestvennye modificirovannye betony na osnove mineral'nyh dobavok i superplastifikatorov razlichnoj prirody]. Innovation and investment. 2015. No. 8. Pp. 159–163. (rus)
14. Murtazaev S.A. Yu., Salamanova M.Sh., Aliev S.A., Bisultanov R.G. Rocks of volcanic origin as fillers for producing lightweight concrete [Gornye porody vulkanicheskogo proiskhozhdeniya kak zapolniteli dlya polucheniya legkih betonov]. Scientific review. 2015. No. 7. Pp. 105–113. (rus)
15. Salamanova M.Sh., Bisultanov R.G., Movsulov M.M. Promising opportunities for producing high-quality fine-grained composites [Perspektivnye vozmozhnosti polucheniya kachestvennyh melkozernistykh kompozitov]. Scientific and technical journal Messenger GSTOU. Technical science. 2023. Volume XIX. No. 2(32). Pp. 94–101. (rus)
16. Murtazaev S.-A. Yu., Salamanova M.Sh., Koryanova Yu.I. Development of a polymorphic binder system based on a carbonate additive [Razrabotka polimorfnoj vyazhushchej sistemy na osnove karbonatnoj dobavki]. Scientific and technical journal Messenger GSTOU. Technical science. 2023. Volume XIX. No. 3(33). Pp. 96–103. (rus)
17. Yang J., Qu D., Hu J., Song L., Cheng B. Research on singular value detection method of concrete dam deformation monitoring. Measurement. 2021. Vol. 179. 109457.
18. Chen J., Jia Q., Xu S., Fan P., The PDEM-based time-varying dynamic reliability analysis



method for a concrete dam subjected to earthquake. Structures. 2021. Vol. 33. Pp. 2964–2973.

19. Gowripalan N., Shakor P., Rocker P. Pressure exerted on formwork by self-compacting concrete at early ages: A review. Case Studies in Construction Materials. 2021. Vol. 15. 00642.

20. Dong W., Li W., Tao Z. A comprehensive review on performance of cementitious and geopol-

ymeric concretes with recycled waste glass as powder, sand or cullet. Resources, Conservation and Recycling. 2021. Vol. 172. 105664.

21. Bondarev B.A., Borkov P.V., Bondarev A.B. An Outlook on the Application of Glass-Reinforced Plastic and Polymer Concrete Components in Bridge Construction. 2nd International Conference on Industrial Engineering (ICIE-2016), Chelyabinsk, May 19–20, 2016. Chelyabinsk: Elsevier Ltd, 2016. Pp. 1617–1622. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.139

#### *Information about the authors*

**Murtazaev, S-A.Yu.** Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Construction Production Technology. E-mail: s.murtazaev@mail.ru. Grozny State Oil Technical University named after acad. M.D. Millionshchikova. Russia, 364051, Grozny, Isaeva Ave., 100.

**Salamanova, Madina Sh.** Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Director of the Scientific and Technical Center for Collective Use «Modern Building Materials and Technologies». E-mail: madina\_salamanova@mail.ru. Grozny State Oil Technical University named after acad. M.D. Millionshchikova. Russia, 364051, Grozny, Isaeva Ave., 100. Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences. 364051, Russia, Chechen Republic, Grozny, V. Alieva (Staropromyslovskoe highway), 21 a.

---

*Received 25.03.2024*

#### **Для цитирования:**

Муртазаев С-А.Ю., Саламанова М.Ш. Технологические подходы к повышению качества мелкозернистого бетона // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2024. №9. С. 40–48. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-9-40-48

#### **For citation:**

Murtazaev S-A.Yu., Salamanova M.Sh. Technological approaches to improving the quality of fine-grain concrete. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2024. No. 9. Pp. 40–48. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-9-40-48