

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-1-20-28

*\*Ахмед А.А.А., Лесовик Р.В., Аль-Бу-Али У.С., Лесовик Г.А.**Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова**\* E-mail: Civileng85@yahoo.com*

## ВЛИЯНИЕ ТОНКОДИСПЕРСНОЙ ДОБАВКИ ИЗ БЕТОННОГО ЛОМА НА СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА

**Аннотация.** Объектом исследования является влияние введения минеральной добавки ( $S_{уд}=900 \text{ м}^2/\text{кг}$ ) фракции (0,315–5 мм) отсева дробления бетонного лома в портландцемент для производства различных строительных изделий и конструкций. В работе использовали фракцию бетонного лома 0,315–5 мм, так как рентгенофазовый анализ различных фракций бетонного лома показал, что именно эти фракции имеют рациональное содержание негидратированных частиц  $C_3S$  и  $C_2S$ .

Доказано, что применение тонкоизмельченного бетонного лома ( $S_{уд} = 900 \text{ м}^2/\text{кг}$ ) в качестве минеральной добавки в портландцемент повышает физико-механические свойства бетона. Установлено, что наиболее рациональными являются составы с содержанием 5 % и 10 % минеральной добавки обеспечивающие прирост прочности образцов через 28 сут на 17 % и 16 %, соответственно, по сравнению с контрольным составом.

За счет высокой дисперсности минеральная добавка из бетонного лома выступает в роли дополнительных центров кристаллизации при гидратации портландцемента, что приводит к созданию каркасной кораллоподобной структуры, которая дополнительно обрастает субмикроскопическими кристаллами. При удельной поверхности  $900 \text{ м}^2/\text{кг}$  создаются наилучшие условия для формирования первичного каркаса и дальнейшего обрастания его различными кристаллогидратами кальция, обеспечивающими оптимальные плотность и прочность.

**Ключевые слова:** эффективные композиты, фрагменты разрушенных зданий и сооружений, строительные отходы, зеленое строительство, окружающая среда, бетонный лом.

**Введение.** На сегодняшний день на планете Земля часто происходят природные катастрофы и вооруженные конфликты, вследствие чего появляются разрушенные дома и другие объекты, населенные пункты и целые города. В связи с этим остро встает вопрос о восстановлении разрушенных городов, а также об утилизации элементов зданий и сооружений, превращенных в развалины. Одним из широко распространенных вариантов утилизации этих элементов является их захоронение в вогнутых формах земной поверхности: котлованах, оврагах, балках и т. д., а далее техническая и биологическая обработка территорий, приводящая к возврату земли в хозяйственное пользование. При этом для строительства новых, а также реконструкции и восстановления разрушенных архитектурных сооружений необходимы строительные материалы, для производства которых приходится вновь добывать и обрабатывать природное сырье. Данный подход ведет к удорожанию мероприятия, учитывая затраты на утилизацию, что противоречит стандартам «зеленого строительства» [1–4].

Высокую эффективность использования бетонного лома в качестве вторичного заполнителя бетона подтвердили многочисленные исследования, проводимые в этом направлении [5–9]. Для разработки принципиально новых и эффективных строительных материалов, а также технологий их производства, необходимо, по возможно-

сти, максимально точно воспроизводить в лаборатории геологические и космохимические процессы, которые происходят в природе естественным путем. Далее теоретические знания геологических и геохимических закономерностей образования природных объектов, а также данные, полученные опытным путем, обобщаются, систематизируются и используются для разработки технологий производства искусственных материалов. Данный подход к созданию композитов нового поколения используется в таком направлении материаловедения, как геоника (геомиметика) [10–14]. На сегодняшний день в строительстве актуальны программы, направленные на предотвращение или восстановление ущерба, нанесенного окружающей среде, снижение уровня потребления энергетических и материальных ресурсов на протяжении всего жизненного цикла здания, то есть «зеленое строительство». Во многих случаях предпочтительнее не вторгаться в природу, ограничивая деятельность человека по добыче и переработке сырья. На данном этапе более эффективным является использование уже имеющегося в наличии вторичного сырья, такого, например, как обломки бетонных зданий. Особенно это актуально для республики Ирак, где в результате военных действий осталось огромное количество разрушенных объектов. Имеющиеся на сегодняшний день результаты исследований бетонного лома позволяют говорить о его высокой ценности как компонента

бесцементных вяжущих, хотя этот вопрос еще не изучен в достаточной степени.

Авторами [15–17] были проведены исследования влияния замены доли крупного и мелкого заполнителей вторичными компонентами, такими как измельченный бетонный лом. Результаты показали, что при активации в течение 150 минут нормальная густота такого вяжущего снижается с 26,5 % до 22,4 %, а оптимальное количество наполнителя составляет 22 % при содержании органической примеси в количестве 0,5 %. Предложенные авторами математические модели могут быть рекомендованы для проектирования самоуплотняющихся бетонных смесей.

Изучены свойства бесцементного вяжущего, в котором в качестве исходных материалов использовали измельченный гранулированный доменный шлак и летучую золу, то есть вяжущее активировали порошком силиката натрия. При этом было выявлено, что предел прочности при сжатии и потеря текучести щелочно-активированного раствора в значительной степени зависят от используемой щелочи. Учеными было разработано совершенно новое вяжущее, полностью состоящее из побочных продуктов [15–17]. Ранее неизвестное вяжущее временно назвали Fa-RmLG благодаря входящим в его состав компонентам: летучая зола (Fa), известь (L), гипс (G) и красный шлак (Rm). Результаты исследований показали, что свойства CLSM (низкомарочного



материала), изготовленного на данном вяжущем, такие как: сроки схватывания, текучесть, предел прочности при сжатии, коррозионная стойкость, а также микроструктурный анализ и наличие тяжелых металлов, соответствуют требованиям АСІ 229R.

Фактически исследований, направленных на изучение возможности применения бетонного лома в качестве компонента композиционного вяжущего, не проводилось. Также упущен такой важный аспект, как влияние на прочностные характеристики и показатели сцепления раствора, размера фракций отсевов дробления бетонного лома. Поэтому решение именно этой проблемы легло в основу данного исследования, что в дальнейшем позволит добиться более детального исследования процессов структурообразования цементного камня при создании новых строительных композитов и их рационального применения в зелёном строительстве.

**Методы и материалы.** Для строительных материалов немаловажным является то, как они будут вести себя в процессе эксплуатации. Поэтому, прежде чем использовать бетонный лом для производства строительных композитов, тщательно исследуют его свойства, а также влияние на процессы структурообразования в бетоне на его основе. В данной работе использовались отсевы дробления щебня из обломков различных строений в г. Эр-Рамаде (Ирак) (рис. 1).



Рис. 1. Обломки строений

Бетонный лом дробили на лабораторной щековой дробилке, далее рассеивали на фракции: 5 – 2,5 мм; 2,5 – 1,25 мм; 1,25 – 0,63 мм; 0,63 –

0,315 мм; 0,315 – 0,16 мм; менее 0,16 мм. Результаты испытания приведены в таблице 1.

Таблица 1

**Гранулометрический состав отсевов дробления бетонного лома**

Показатель	Размер отверстий сит					
	2,5 мм	1,25 мм	0,63 мм	0,315 мм	0,16 мм	< 0,16 мм
Масса остатков на сите, г	351	84	114	132	154	165
Частные остатки, %	35,1	8,4	11,4	13,2	15,4	16,5
Полные остатки, %	35,1	43,5	54,9	68,1	83,5	100

В данной работе для последующего дробления и измельчения использовали фракции 0,315–0,16 мм и менее 0,16 мм, составляющие цементный камень бетонного лома, так как наибольший интерес представляла возможность использова-

ния именно мелких фракций для получения бесцементного вяжущего. Идентификация вещества в их смеси по его кристаллохимическим характеристикам, определение различных дефектов,

нарушений и других особенностей кристаллической структуры – основная задача РФА (рентгенофазового анализа) (рис. 2).

Опытным путем было установлено, что отсев дробления бетонного лома состоит в основном из: непрогидратированных клинкерных минералов  $C_3S$  – ( $d = 2,77; 2,19 \dots \text{Å}$ );  $C_2S$  – ( $d = 2,75; 2,74; 2,19 \dots \text{Å}$ ); кварца  $SiO_2$  – ( $d = 4,25; 3,35; 2,45;$

$2,29; 2,23; 2,12 \dots \text{Å}$ ); портландита  $Ca(OH)_2$  – ( $d = 4,93; 3,11; 2,63; 1,93; 1,79; 1,69; 1,55 \dots \text{Å}$ ); кальцита  $CaCO_3$  – ( $d = 3,86; 3,035; 2,845; 2,495; 2,285; \dots \text{Å}$ ); частично закристаллизованного тоберморитоподобного гидросиликата кальция  $CSH(B)$  – ( $d = 9,8; 4,9; 3,07; 2,85; 2,80; \dots \text{Å}$ ); гидроферритов кальция, твердых растворов комплексных соединений и др.

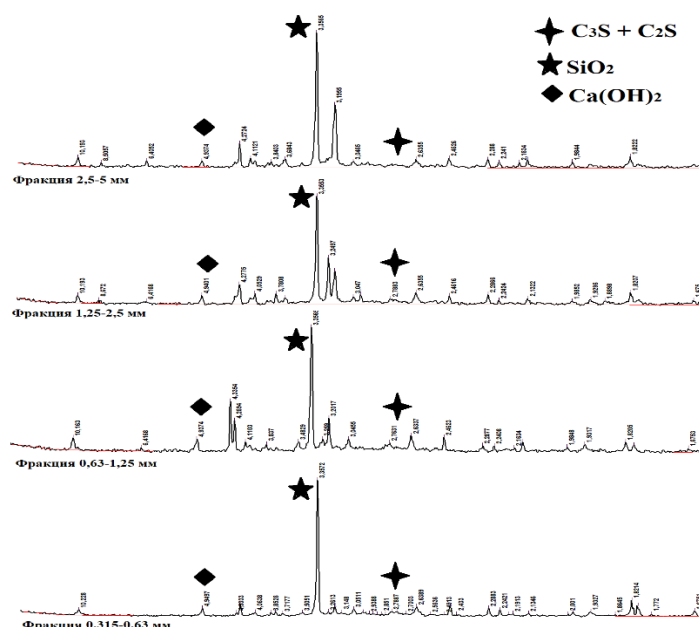


Рис. 2. Рентгенограмма различных фракций отсева дробления бетонного лома

На зернах заполнителя при дроблении бетона остаются тонкодисперсные частицы цементного камня, а также присутствуют слои в виде тонких пленок гидратных фаз или растворной составляющей. Обычно цементный камень состоит из следующих фаз: алита  $C_3S$ , белита  $C_2S$ , частично закристаллизованного гидросиликата кальция  $CSH(B)$  и портландита  $Ca(OH)_2$ .

Тонкодисперсные частицы цементной пленки, оседающей на поверхности заполнителей, содержат водорастворимый гидроксид кальция. Затем, в результате присоединения углекислого газа, происходит карбонизация гидроксида кальция, что ведет к образованию труднораство-

римого карбоната кальция  $CaCO_3$ , наличие которого наблюдается на рентгенограммах бетонного лома. Также присутствуют пики, характерные для кварца.

Для измельчения бетонного лома использовали лабораторную вибрационную мельницу MB-20. Вибрационные мельницы сделаны по гирационному типу. Это значит, что колебания от привода передаются непосредственно на камеру размола (рис. 3). При большой частоте и малой амплитуде колебаний между мелющими элементами и частицами материала возникают переменные усилия. Это приводит к накоплению усталости и последующему разрушению образца. Поэтому помол получается такой мелкий.

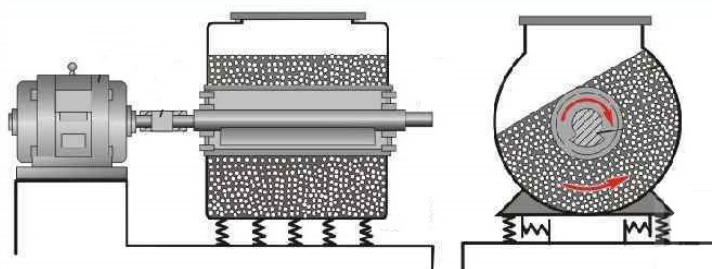


Рис. 3. Вибрационная мельница

**Основная часть.** Значительным достижением современной строительной науки является

повышение эффективности строительных изделий и конструкций за счет оптимизации процессов структурообразования путем использования

различных минеральных добавок. В данной работе проведены исследования по влиянию введения минеральной добавки ( $S_{уд}=900 \text{ м}^2/\text{кг}$ ) фракции (0,315–5 м) отсева дробления бетонного

лома. Установлена рациональная дозировка измельченного бетонного лома в ПЦ- 5 % (таблица 2), обеспечивающая прирост прочности образцов на 16 % по сравнению с контрольным составом.

Таблица 2

#### Влияние минеральной добавки на свойства вяжущих

Наименование материалов	$R_{сж}$ , МПа, сут			$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>
	2	7	28	
ПЦ	27,8	37,4	51,7	2315
ПЦ + 1 % добавки	29	38	51	2300
ПЦ + 5 % добавки	28,9	41	60,5	2337
ПЦ + 10 % добавки	28,2	39,7	60	2330

Результаты испытаний показали, что повышение  $R_{сж}$  (предела прочности при сжатии) образцов цементного камня  $7 \times 7 \times 7 \text{ см}$  с добавкой 1 и 5 % тонкодисперсного бетонного лома через 2 сут твердения по сравнению с контрольными составило 6 и 4 % соответственно. До 28 сут образцы продолжали набирать прочность, которая для образцов с добавкой 5 и 10 % возросла по сравнению с контрольными на 17 и 16 % соответственно. Сравнительные физико-механические показатели в процессе твердения композиционных вяжущих свидетельствуют, что наиболее стабильными результатами с равномерным нарастанием прочности является состав с 5 % минеральной добавки, с приростом прочности от 2 до 7 сут – 36 % и от 7 до 28 суток – 46 %.

Для изучения морфологии цементного камня с минеральной добавкой в процессе твердения была изучена микроструктура вяжущего с измельченным бетонным ломом в сравнении с

микроструктурой гидратированного цементного камня в возрасте 2 и 28 суток. Рассматривая микрофотографии поверхности цементного камня на чистом портландцементе в возрасте 2 суток (рис. 4) необходимо прежде всего отметить, что скол камня проходит по плоскости слоя и по сечению между контактами чешуйчатых кристаллоагрегатов. Основным элементом в цементном камне, обеспечивающим его прочность, являются чешуйки-зерна, образующие поликристаллический цементный камень.

Зерна поликристаллического цементного камня представляют собой плотную компактную массу. Отмечается довольно густое зарастание его пор, кристаллы формируются в объеме в различных пространственных направлениях. Такая картина наблюдается во всех изучаемых сколах чистого цементного камня, что свидетельствует об активном процессе гидратации портландцемента.

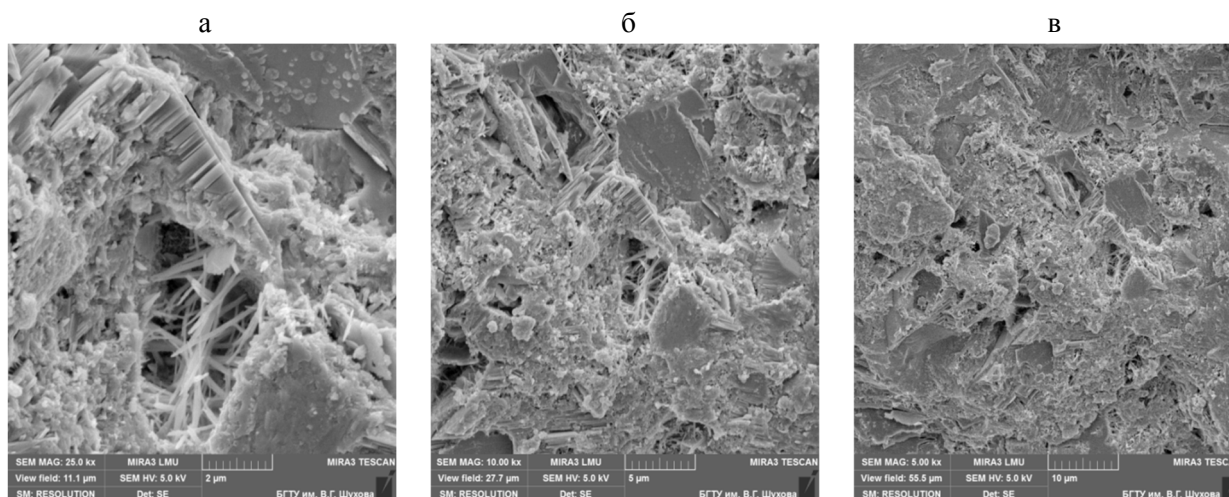


Рис. 4. Микрофотоснимок цементного камня в возрасте 2 суток, а – 2 мкм; б – 5 мкм; в – 10 мкм

Анализируя микрофотоснимки цементного камня в процессе твердения от 2 до 28 сут, следует отметить, что в результате твердения в цементной системе продуктов гидратации стано-

вится все больше. Кроме того, замечено, что происходит значительное обжатие негидратированных зерен в сочетании высокой поверхностной энергией игольчатых кристаллов, находящихся на их поверхности, что, непременно, обеспечит

требуемые прочностные свойства цементного камня. Микроструктура цементного камня представлена кристаллическими гидратными новообразованиями достаточно малых размеров, расположенных параллельными слоями, и сформированных слоями чешуйчатых поликристаллов отдельными агрегатами-блоками. Микроструктура гидросиликатов кальция равномерна по объему исследуемого образца, отмечается ритмичность

процесса гидратации, определяемая формой и размерами зерен силикатов кальция. С увеличением возраста твердения цементного камня отчетливо видно зарастание пор гидратными новообразованиями, уменьшение их количества и размеров, что благоприятно отражается на омоноличивании цементного камня и увеличении его прочности (рис. 5).

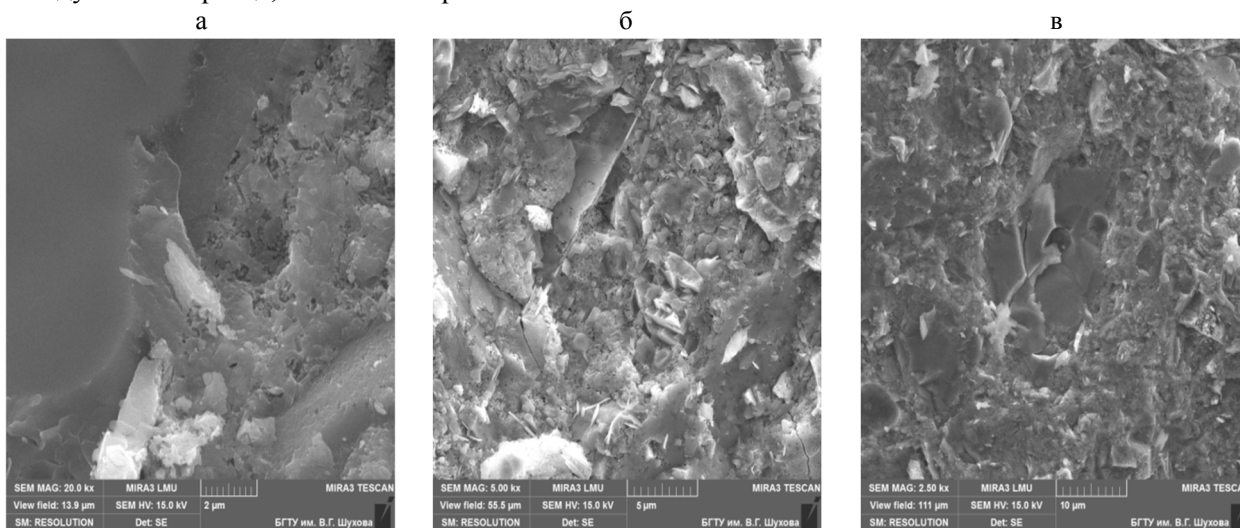


Рис. 5. Микрофотоснимок цементного камня в возрасте 28 суток, а – 2 мкм; б – 5 мкм; в – 10 мкм

Была изучена микроструктура гидратированного вяжущего, приготовленного в результате смешения портландцемента с удельной поверхностью  $330 \text{ м}^2/\text{кг}$  и измельченного бетонного лома фракции 0,315-5 мм с удельной поверхностью ( $S_{уд}$ )  $900 \text{ м}^2/\text{кг}$ .

Исследования микроструктуры проводили в возрасте 2 сут и 28 сут. Рассматривая микроструктуру цементного камня в возрасте 2 сут,

можно заметить, что в общей массе формирующегося композита наблюдается формирование равномерно распределенных новообразований. На частичках, вероятно, внесенных измельченным бетонным ломом, формируются устойчивые плотные слои гидросиликатов. Отмечается присутствие портландита. Структура формирующегося композита характеризуется созданием плотного массива, покрытого сплошным слоем субмикроскопических новообразований (рис. 6).

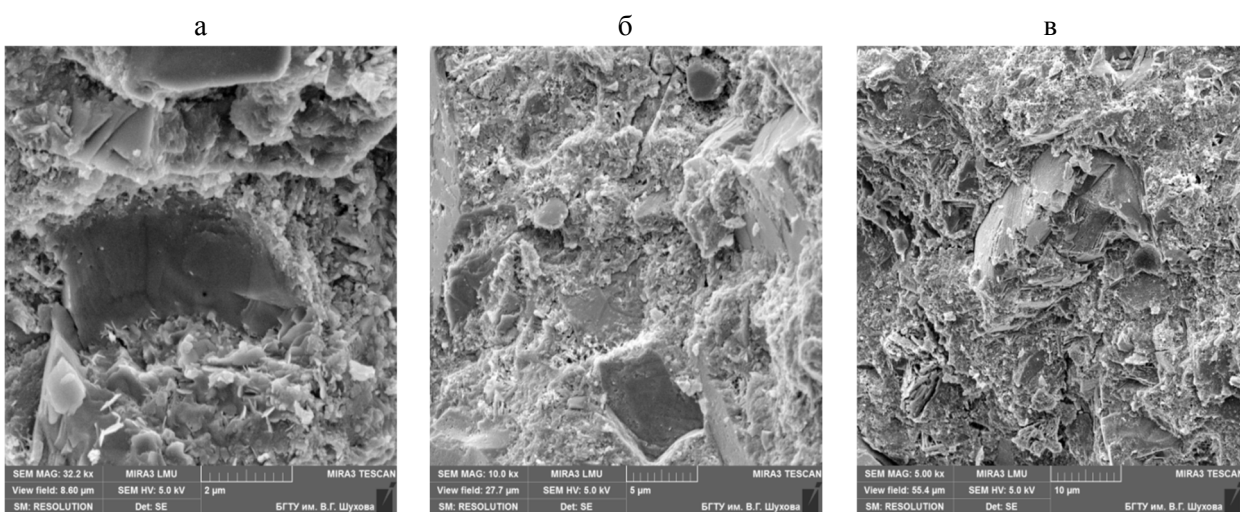


Рис. 6. Микрофотоснимок вяжущего в возрасте 2 суток, а – 2 мкм; б – 5 мкм; в – 10 мкм

Анализ микроструктуры образцов вяжущего в возрасте 28 сут показал, что с увеличением воз-

раста твердения структура композита уплотняется, количество пор уменьшается. Создается

каркасная структура, которая обрастает субмикроскопическими кристаллами, структура становится более плотной. Частички бетонного лома выступают в качестве каркасных элементов, а также в качестве демпферов, препятствующих усадочным деформациям композита (рис. 7).

Таким образом, результаты изучения микроструктуры гидратированного вяжущего согласо-

уются с результатами физико-механических испытаний образцов в возрасте 28 сут, а высокая дисперсность минеральной добавки способствует созданию дополнительных центров кристаллизации, что приводит к формированию в возрасте 28 сут каркасной кораллоподобной структуры и дополнительному обрастанию ее субмикроскопическими кристаллами.

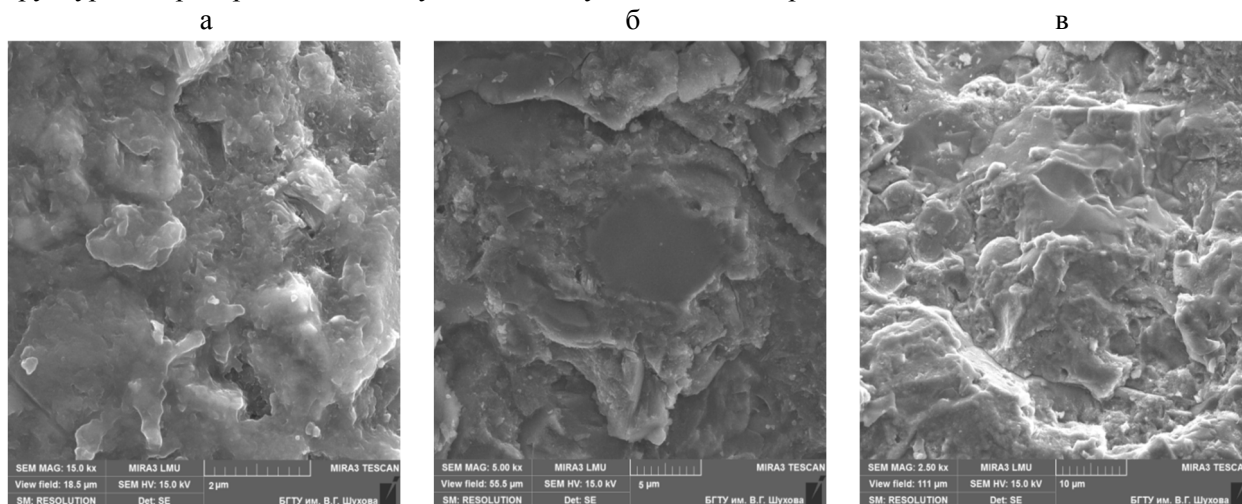


Рис. 7. Микрофотоснимок вяжущего в возрасте 28 суток, а – 2 мкм; б – 5 мкм; в – 10 мкм

**Выводы.** Анализируя результаты проведенных исследований, можно сделать вывод, что минеральная добавка из бетонного лома фракции (0,315–5 мм), введенная в портландцемент, положительно влияет на физико-механические показатели полученных композиционных вяжущих, которые удовлетворяют требованиям ГОСТ 10178-85 «Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия» и межгосударственного ГОСТ 31108-2003 «Цементы общестроительные. Технические условия», что позволяет рекомендовать разработанные вяжущие для промышленного применения. Поэтому разработанные вяжущие можно использовать для получения строительных материалов, изделий и конструкций различного назначения.

Наиболее рациональными являются составы с содержанием 5 % и 10 % минеральной добавки. Как следствие, в зависимости от условий, можно подобрать наиболее оптимальную дозировку.

Установлено, что микроструктура цементного камня на основе композиционного вяжущего через 28 сут твердения отличается незначительным количеством пор, однородностью, плотностью и дефектов. В процессе твердения композиционного вяжущего благодаря объединению каркаса тонкодисперсных частиц бетонного лома различной формы и размеров гидросиликатной связкой происходит уплотнение структуры.

Необходимо подчеркнуть, что использование отходов бетонного лома для получения новых строительных композитов соответствует стандартам «зеленого строительства» по созда-

нию комфортной внутренней среды для человека, уменьшает негативное влияние на окружающую среду за счет безотходности производства бетонных и железобетонных изделий и сокращения количества отходов, а также позволит постоянно наращивать скорость и объемы строительства и восстановления архитектурных сооружений, что особенно актуально при возрождении городов после природных катастроф и вооруженных конфликтов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Lesovik V.S., Tolstoy A.D., Alani A.A. Realization of the similarity law in the building material science // *Oriental journal of chemistry*. 2019. Vol. 35. No. 3. Pp. 1067–1072.
2. Ahmed A.A.A. Theoretical aspects of using fragments of destroyed buildings and structures of Iraq // *Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 945. 012039.
3. Lesovik, R.V., Klyuev, S.V., Klyuev, A.V., Tolbatov, A.A., Durachenko, A.V.: The development of textile fine-grained fiber concrete using technogenic raw materials // *Research Journal of Applied Sciences*. 2015. Vol. 10. Pp. 696–701.
4. Муртазаев, С-А.Ю., Исмаилова З.Х. Использование местных техногенных отходов в мелкозернистых // *Строительные материалы*. 2008. №3. С. 57–58.
5. Carlo P., Flora F., Christian M. Recycled materials in concrete // *Developments in the Formulation and Reinforcement of Concrete (Second Edition)*. 2019. Vol. 31. No.8. Pp. 19–54.

6. Xie J., Fang C., Lu Z., Li Z., Li L. Effects of the addition of silica fume and rubber particles on the compressive behaviour of recycled aggregate concrete with steel fibres // Journal of cleaner production. 2018. Vol.197. Pp. 656–667.

7. Keun-Hyeok Y., Jin-Kyu S., Ashraf F., Eun-Taik L. Properties of cementless mortars activated by sodium silicate // Construction and building materials. 2008. Vol. 22. Pp. 1981–1989.

8. Younis A., Ebead U., Judd S. Life cycle cost analysis of structural concrete using seawater, recycled concrete aggregate, and GFRP reinforcement // Construction and Building Materials. 2018. Vol. 175. Pp. 152–160.

9. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Чернышева Н.В., Глаголев Е.С., Кучерова А.С., Дребезгова М.Ю., Канева Е.В. Современные трехмерные технологии и факторы сдерживающие их // Вестник БГТУ им. Шухова. 2016. №12. С. 22–30.

10. Zagorodnjuk L.H., Lesovik V.S., Volodchenko A.A., Yerofeyev V.T. Optimization of mixing process for heat-insulating mixtures in a spiral blade mixer // International Journal of Pharmacy and Technology. 2016. Т.8. №.3. Pp. 15146–15155.

11. Lesovik V.S., Chulkova I.L., Zagordnyuk L.K., Volodchenko A.A., Yurievich P.D. The role of the law of affinity structures in the construction material science by performance of the restoration works // Research Journal of Applied Sciences. Vol.9.No.12. 2014. Pp. 1100–1105.

12. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Шамшуров А.В., Беликов Д.А. Композиционное вяжущее на основе комплексного органоминерального модификатора для сухих ремонтных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №.4. С. 25–31.

13. Zagorodnjuk L.H., Lesovik V.S., Volodchenko A.A. To the question of dry mortars components mixed in various mixing units // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Pp. 44844–44847.

14. Larsen O., Naruts V., Aleksandrova O. Self-compacting concrete with recycled aggregates // Materials Today: Proceedings. 2019. Vol. 19. Pp. 2023–2026.

15. Карпиков Е.Г., Лукутцова Н.П., Соболева Г.Н., Головин С.Н., Черенкова Ю.С. Влияние микронаполнителей из природного волластонита на свойства мелкозернистого бетона. Строительные материалы и изделия. Том 2. №6. 2019. С. 20–28.

16. Jeong-II C., Keum-II S., Jin-Kyu S., Bang Y.L. Composite properties of high-strength polyethylene fiber-reinforced cement and cementless composites // Composite Structures. Vol.138. 2016. Pp. 116–121.

17. Bel J., Park S., Park J. Mechanical properties of polymer concrete made with recycled PET and recycled concrete aggregates // Construction and Building Materials. 2008. Vol. 9. Pp. 2281–2291.

#### Информация об авторах

**Ахмед Ахмед Анис Ахмед**, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. E-mail: civileng85@yahoo.com. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Лесовик Руслан Валерьевич**, доктор технических наук, профессор, проректор по международной деятельности. E-mail: ruslan\_lesovik@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Аль-Бу-Али У.С.**, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. E-mail: walboali@yahoo.com. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Лесовик Галина Александровна**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. E-mail: galina.lesovik@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 02.11.2020

©Ахмед А.А.А., Лесовик Р.В., Аль-Бу-Али У.С., Лесовик Г.А., 2021

*\*Ahmed A.A.A.A., Lesovik R.V., Albo Ali W.S., Lesovik G.A.  
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov  
\*E-mail: civileng85@yahoo.com*

## INFLUENCE OF FINE-DISPERSED ADDITIVE FROM CONCRETE SCRAP ON STRUCTURE FORMATION OF PORTLANDCEMENT

**Abstract.** The object of the study is the effect of the introduction of a mineral additive ( $S_{sp} = 900 \text{ m}^2/\text{kg}$ ) of the fraction (0.315–5 m) of the screening out of crushing concrete scrap into Portland cement for the production of various building products and structures. A fraction of concrete scrap of 0.315–5 mm is used in the

work, since the X-ray phase analysis of various fractions of concrete scrap shows that these fractions have a rational content of non-hydrated particles of  $C_3S$  and  $C_2S$ . It is proved that the use of finely ground concrete scrap ( $S_{sp} = 900 \text{ m}^2/\text{kg}$ ) as a mineral additive in Portland cement increases the physical and mechanical properties of concrete. Comparative physical and mechanical indicators of the hardening of composite binders indicate that the most stable results with a uniform increase in strength is a composition with 5 % mineral additive, with an increase in strength from 2 to 7 days by 36 % and from 7 to 28 days by 46 %. It is found that the most rational are the compositions with 5 % and 10 % mineral additives providing an increase in the strength of the samples by 16% compared to the control composition. Due to the high dispersion, the mineral additive from concrete scrap acts as additional crystallization centers during the hydration of Portland cement, which leads to the creation of a skeleton coral-like structure, which additionally overgrows with submicroscopic crystals. With a specific surface area of  $900 \text{ m}^2/\text{kg}$ , the best conditions are created for the formation of the primary frame and its further overgrowth with various crystalline calcium hydrates, which provide optimal density and strength.

**Keywords:** effective composites, fragments of destroyed buildings and structures, construction waste, green building, environment, similarity law, concrete scrap.

#### REFERENCES

1. Lesovik V.S., Tolstoy A.D., Alani A.A. Realization of the similarity law in the building material science. *Oriental journal of chemistry*. 2019. Vol. 35. No. Pp. 1067–1072.
2. Ahmed A.A.A. Theoretical aspects of using fragments of destroyed buildings and structures of Iraq. *Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 945. 012039.
3. Lesovik, R.V., Klyuev, S.V., Klyuev, A.V., Tolbatov, A.A., Durachenko, A.V.: The development of textile fine-grained fiber concrete using technogenic raw materials. *Research Journal of Applied Sciences*. 2015. Vol. 10. Pp. 696–701.
4. Murtazaev, St. A.Yu., Ismailova Z.Kh. The use of local industrial waste in fine-grained [Ispol'zovanie mestnyh tekhnogennyh othodov v melko-zernistyh]. *Stroitel'nye materialy*. 2008. No. 3. Pp. 57–58.
5. Carlo P., Flora F., Christian M. Recycled materials in concrete. *Developments in the Formulation and Reinforcement of Concrete (Second Edition)*. 2019. Vol.31. No.8. Pp. 19–54.
6. Xie J., Fang C., Lu Z., Li Z., Li L. Effects of the addition of silica fume and rubber particles on the compressive behavior of recycled aggregate concrete with steel fibers. *Journal of cleaner production*. 2018. Vol.197. Pp.656–667.
7. Keun-Hyeok Y., Jin-Kyu S., Ashraf F., Eun-Taik L. Properties of cementless mortars activated by sodium silicate. *Construction and building materials*. 2008. Vol.22. Pp.1981–1989.
8. Younis A., Ebead U., Judd S. Life cycle cost analysis of structural concrete using seawater, recycled concrete aggregate, and GFRP reinforcement. *Construction and Building Materials*. 2018. Vol. 175. Pp. 152–160.
9. Lesovik V.S., Zagorodniuk L.Kh., Chernysheva N.V., Glagolev E.S., Kucherova A.S., Drebezgova M.Y., Kaneva E.V. Modern three-dimensional technologies and factors holding them back [Sovremennyye trekhmernyye tekhnologii i faktory sderzhivayushchie ih]. *Vestnik BG TU im. SHuhova*. 2016. No. 12. Pp 22–30.
10. Zagorodnjuk L.H., Lesovik V.S., Volodchenko A.A., Yerofeyev V.T. Optimization of mixing process for heat-insulating mixtures in a spiral blade mixer. *International Journal of Pharmacy and Technology*. 2016. Vol.8. No.3. Pp. 15146–15155.
11. Lesovik V.S., Chulkova I.L., Zagorodnyuk L.K., Volodchenko A.A., Yurievich P. D. The role of the law of affinity structures in the construction material science by performance of the restoration works. *Research Journal of Applied Sciences*. 2014. Vol.9. No.12. Pp.1100–1105.
12. Lesovik V.S., Zagorodniuk L.Kh., Shamsurov A.V., Belikov D.A. Composite binder based on a complex organic-mineral modifier for dry repair mixtures [Kompozicionnoe vyazhushchee na osnove kompleksnogo organomineral'nogo modifikatora dlya suhikh remontnyh smesey]. *Vestnik BG TU im. V.G. SHuhova*. 2014. No. 4. Pp.25–31.
13. Zagorodnjuk L.H., Lesovik V.S., Volodchenko A.A. To the question of dry mortars components mixed in various mixing units. *International Journal of Applied Engineering Research*. 2015. Pp. 44844-44847.
14. Larsen O., Naruts V., Aleksandrova O. Self-compacting concrete with recycled aggregates. *Materials Today: Proceedings*. 2019. Vol. 19. Pp. 2023–2026.
15. Karpikov E.G., Lukutsova N.P., Soboleva G.N., Golovin S.N., Cherenkova Yu.S. The effect of microfillings from natural wollastonite on the properties of fine-grained concrete. *Building materials and products*. 2019. Vol. 2. No. 6. Pp. 20–28.
16. Jeong-II C., Keum-II S., Jin-Kyu S., Bang Y. L. Composite properties of high-strength polyethylene fiber-reinforced cement and cementless composites. *Composite Structures*. 2016. Vol. 138. Pp. 116–121.
17. Bel J., Park S., Park J. Mechanical properties of polymer concrete made with recycled PET and recycled concrete aggregates. *Construction and Building Materials*. 2008. Vol. 9. Pp. 2281–2291.



*Information about the authors*

**Ahmed Ahmed Anees Ahmed**, Graduate student. Email: [civileng85@yahoo.com](mailto:civileng85@yahoo.com). Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, St. Kostyukova, d. 46.

**Lesovik, Ruslan V.** DSc, Professor, Vice-Rector for International Affairs. E-mail: [ruslan\\_lesovik@mail.ru](mailto:ruslan_lesovik@mail.ru). Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, St. Kostyukova 46.

**Albo Ali W.S.** Graduate student. Email: [walboali@yahoo.com](mailto:walboali@yahoo.com). Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, St. Kostyukova, d. 46.

**Lesovik, Galina A.** PhD, Assistant professor. E-mail: [galina.lesovik@mail.ru](mailto:galina.lesovik@mail.ru). Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

---

*Received 02.11.2020*

**Для цитирования:**

Ахмед А.А.А., Лесовик Р.В., Аль-Бу-Али У.С., Лесовик Г.А. Влияние тонкодисперсной добавки из бетонного лома на структурообразование портландцемента // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 1. С. 20–28. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-1-20-28

**For citation:**

Ahmed A.A.A.A., Lesovik R.V., Albo Ali W.S., Lesovik G.A. Influence of fine-dispersed additive from concrete scrap on structure formation of portlandcement. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 1. Pp. 20–28. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-1-20-28