

УДК 666.973:691

## ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ, КАЧЕСТВЕННЫХ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ НА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ РЕСУРСОВ УЗБЕКИСТАНА

к.т.н., профессор Гасымов Акиф Фазиль оглы<sup>1</sup>, доцент., PhD. Хасанов Бахром Баходирович<sup>2</sup>,  
Азербайджанский архитектурно-строительный университет<sup>1</sup>,  
Ташкентский архитектурно-строительный университет<sup>2</sup>  
E-mail: [hasanovbahrom80@gmail.com](mailto:hasanovbahrom80@gmail.com)

**Аннотация.** В статье отражены результаты исследований, направленных на решение задач повышения структурной плотности цементного камня и легкого бетона в сочетании с обеспечением высокого темпа и роста прочности.

**Ключевые слова:** Цемент, песок, зола-унос, легкий бетон, пористый заполнитель, кварцевый порфир, зауглероженная глина, прочность, средняя плотность, структура.

**Annotatsiya.** Maqolada sement toshi, g'ovak to'ldiruvchi va yengil betonning strukturaviy tuzilishini oshirish muammolarini hal qilishga qaratilgan va tadqiqot natijalari o'rtacha zichlik va mustahkamlikni oshirish bilan birgalikda aks ettirilgan.

**Kalit so'zlar:** sement, qum, uchuvchan kul, yengil beton, g'ovak to'ldiruvchi, kvartslı porfir, ko'mirlangan gil, mustahkamlik, o'rtacha zichlik, tuzilish.

**Annotation.** The article reflects the results of research aimed at solving the problems of increasing the structural density of cement stone and lightweight concrete in combination with ensuring a high rate and strength growth.

**Keywords:** Cement, sand, fly ash, light concrete, porous aggregate, quartz porphyry, carbonized clay, strength, average density, structure.

Одним из условий получения легких бетонов малой прочности является применение цементов в сочетании с низким водоцементным отношением бетонных смесей за счет использования зола-уносов (Ангрен ТЭС).

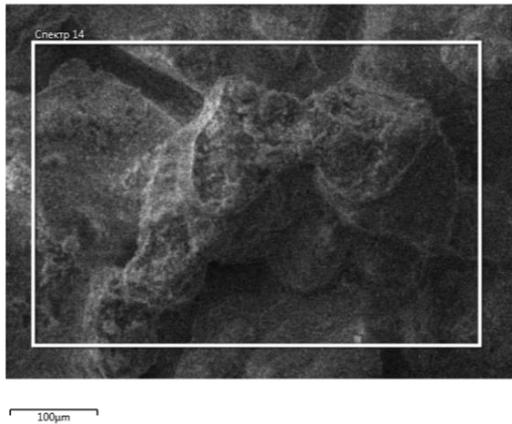
В этой связи для получения высокоэффективных (качественных) легких бетонов на отечественных (местных) ресурсах Узбекистана были проведены исследования по активации портландцемента путем добавления в его состав активной минеральной и химической добавки зола-уноса в различных количествах.

Для исследования состава бетона и новообразований в его структуре был использован микроскопический анализ, который позволяющей получить сведения о новообразованиях. Исследования проводились на приборе SHIMADZU составах образца раствора и легкого бетона. Увеличение  $\times 10\mu\text{m}$ ,  $\times 20\mu\text{m}$ ,  $\times 100\mu\text{m}$ ,  $\times 200\mu\text{m}$ .

Фотоизображение цемента, песка, зола-уноса представлены на рис.1.1

Микроструктура состава: цемент, зола-уноса в первые сутки твердения, представлена игольчатыми кристаллами, сростками мелких пластинчатых кристаллов, прорастающих под разными углами, в 28 суточном возрасте твердения количество гидросиликатов постепенно увеличивается, образуя равномерную кристаллическую микроструктуру [1].

а)



б)

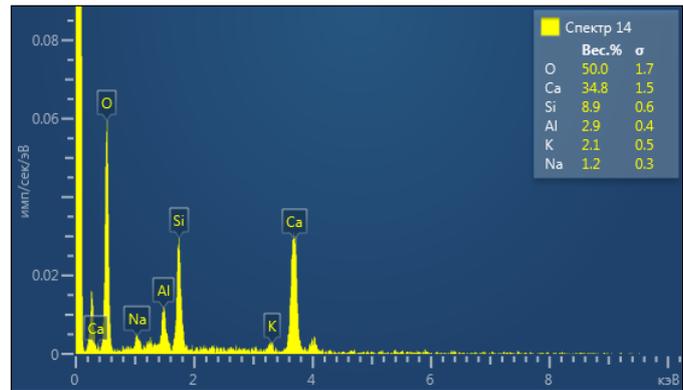


Рис. 1.1. а) x100μm Микроструктура образца раствора: Цемент, песок и зола-унос; б) Рентгенофазовый анализ.

Таблица 1.1

**Химический состав раствора**

№	Элемент	Вес.%	Сигма Вес.%
1	O	50.04	1.68
2	Na	1.22	0.31
3	Al	2.94	0.39
4	Si	8.94	0.60
5	K	2.10	0.48
6	Ca	34.75	1.47
7	Сумма:	100.00	

Цементный камень в первые сутки твердения представлен множеством игольчатых, пластинчатых кристаллов гидрата окиси кальция, которые в последующие сроки твердения укрупняются и заполняют поры. Исследованиями установлено, что искусственное уменьшение концентрации ионов кальция при гидратации приводит к интенсивному росту кристаллов C-S-H, создает условия для постепенного изменения фазового состава гидросиликатов кальция без больших внутренних напряжений. И этому способствует добавления тонкомолотого чистого зола-уноса [2].

Установлено, что добавки золы-уноса оказывают сильное влияние на гидроалюминаты кальция и поэтому для стабилизации цементной смеси в присутствии добавки требуется пониженное количества гипса в составе цемента. Поэтому для оценки эффективности используемого нами золы-уноса важен не только эффект пластификации и влияние на прочностные свойства минералов, но и на процесс гидратации смешанного вяжущего. В связи с этим аналогичным исследованием был подвергнут состав цемент+заполнитель+зола-уноса.

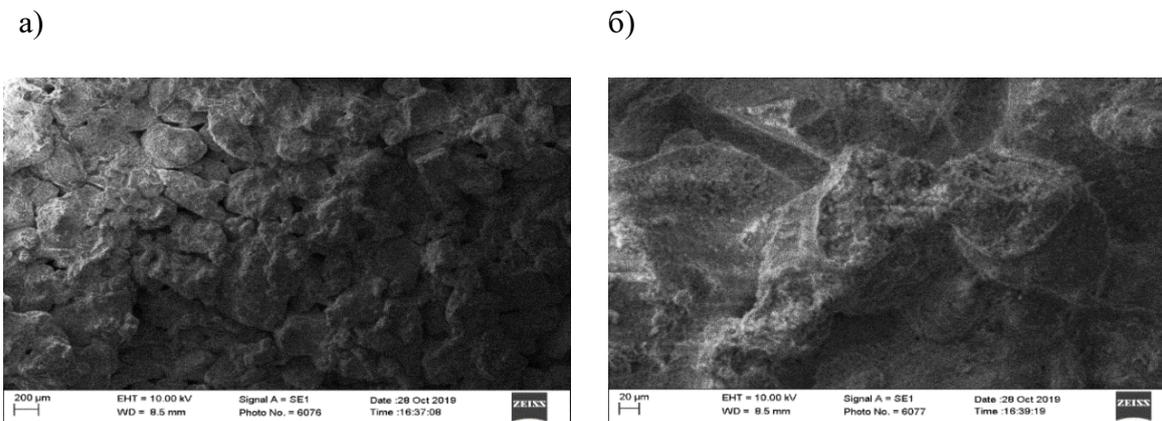


Рис. 1.2 Микроструктура образца раствора: а) x200μm, б) x20μm, в) x20μm, г) x10μm

Определено то, что дальнейшее упрочнение раствора во времени, осуществляется за счет воздействия основных компонентов гидратации вяжущего. При введении в состав смеси золы-уноса у<sup>ж</sup>)личилось число новообразований продуктов гидратации, в результате увеличилось прочность затвердевшего раствора [3].

Рис. 1.3. а) x100μm микроструктура образца легкого бетона: Цемент, песок и заполнитель; б) Рентгенофазовый анализ.

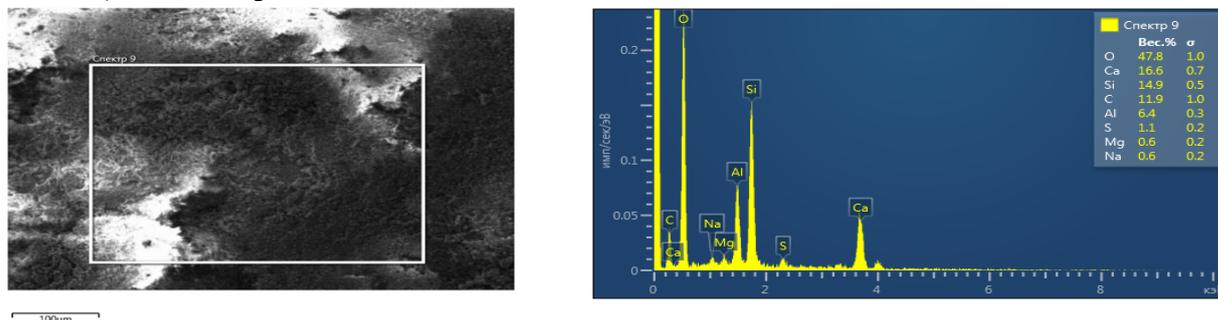


Таблица 1.3

Химический состав легкого бетона

№	Элемент	Вес.%	Сигма Вес.%
1	C	11.92	0.96
2	O	47.84	1.03
3	Na	0.56	0.18
4	Mg	0.64	0.16
5	Al	6.44	0.33
6	Si	14.93	0.50
7	S	1.09	0.24
8	Ca	16.59	0.72
9	Сумма:	100.00	

Таким образом, во времени твердения раствора в нормальных условиях происходит гидратация оксида кальция (CaO) в исходной золе сухого отбора, полное усвоения Ca(OH)<sub>2</sub> при твердении не достигается, что является резервом роста прочности раствора во времени. Это гипотеза подтверждается изменением прочности раствора в результате испытания образцов после 7, 28, 60, 90 и 180 суток [3].

У раствора оптимального состава на основе «цемента-зола-уноса» формируемая матрица в затвердевшем вяжущем является более однородной, уплотнение и упрочнение структуры обусловлено ростом кристаллической фазы и замещением водных контактов между отдельными кристалликами новообразований. Твердый каркас у всех образцов вяжущих сложен отдельными зернами золы-уноса и цемента, а также частичками отходов заполнителя различной степени крупности с взаимодействием с новообразованиями.

Причем, при большом увеличении заметно, что эти частицы почти полностью покрыты продуктами гидратации, так как частицы золы-уноса и цемента являются хорошими подложками для формирования зародышей новообразований [1].

Из анализа проведенных физико-химических и микроскопических исследований следует, что введение тонкого молотого наполнителя золы-уноса в количестве 30% улучшило структуру легкого бетона, что отразится на строительно-технических свойствах легкого бетона на заполнителе состоящих из кварцевого порфира и зауглероженной глины.

Помимо этого, мельчайшие частицы золы-уноса, как и непрогидратировавшие цементные зерна, являются центрами кристаллизации, в результате обеспечивается оптимизация структуры затвердевшей закладочной смеси. В качестве соединительных мостиков выступают, скорее всего, тонкие нитевидные кристаллы этtringита, достигающие 3-4 мкм в длину.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Хасанов Б.Б. Особенности технологии и свойств легкого бетона на пористом заполнителе из отходов угледобычи для ограждающих конструкций. Диссертация (PhD), Ташкент-2021 год.

2. Khasanov B.B. // Cube and prismatic strength characteristic lightweight concrete on porous aggregates. European science review № 11-12 2018 November-December Volume 1 Vienna, Austria, 2018.

3. Shakirov T.T., Yusupov U.T., Khasanov B.B. Physical and Chemical Research Methods of Lightweight Concrete. ISSN: 1475-7192. International Journal of Psychosocial Rehabilitation, Буюк Британия, Скопус. International Journal of Psychosocial Rehabilitation, Vol. 24, Issue 05, 2020.

4. Hasanov B.B., S.Saydaliyev. O'zbekiston sharoitida ko'pikbeton bloklarning uzoqqa chidamlilik xossalarini oshirish. Research and Education. Scientific Journal Impact Factor 2022: Vol. 1, Issue 8, 26-31 pages, November, 2022.

5. Hasanov B.B., S.Saydaliyev. Gazobeton bloklarining uzoqqa chidamliligi, mustahkamligi, o'rtacha zichligi va sovuqqa chidamliligi. Research and Education. Scientific Journal Impact Factor 2022: Vol. 1, Issue 8, 4-9 pages, November, 2022.

6. Хасанов Б.Б. Прочность, плотность, морозостойкость и долговечность газобетонных блоков. Research and Education. Scientific Journal Impact Factor 2022: Vol. 1, Issue 7, 68-73 pages, October, 2022.