

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ВЯЖУЩИХ СИСТЕМ ЩЕЛОЧНОЙ АКТИВАЦИИ

© С.-А. Ю. Муртазаев^{1,2}, М. Ш. Саламанова^{1,2}, Д. К.-С. Батаев²

¹ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, Грозный, Россия

²КНИИ им. Х. И. Ибрагимова РАН, Грозный, Россия

Разработка рецептур бесклинкерных вяжущих связок щелочной активации на основе тонкодисперсных порошков природного алюмосиликатного происхождения позволит получать новые эффективные строительные композиты. В работе раскрываются вопросы, связанные с теоретическими основами формирования структуры и прочности цементного камня на основе щелочного активатора. Результаты исследований, на наш взгляд, безусловно представляют практическую значимость для строительной отрасли, так как предлагаемые рецептуры бесклинкерных цементов способны заменить дорогой и энергоемкий портландцемент, позволяя создавать прочные и долговечные бетонные и железобетонные конструкции.

Ключевые слова: опока, вулканический туф, жидкое стекло, бесклинкерные вяжущие, щелочные металлы, дисперсность, цементные композиции, термоактивация.

Современная цементная индустрия из года в год сталкивается с многочисленными проблемами, связанными с уменьшением объемов природно-сырьевого ресурса и удорожанием энергоносителя, и нуждается в поиске новых прогрессивных технологий, менее ресурсо- и энергоемких, не требующих высокотемпературной обработки и сложных технологических процессов изготовления [1-5]. Поэтому пристальное внимание многих отечественных и зарубежных исследователей нацелено на разработку бесклинкерных вяжущих систем щелочного затворения типа $Me_2O - Al_2O_3 - SiO_2 - H_2O$ и $Me_2O - MeO - Al_2O_3 - SiO_2 - H_2O$ в надежде, что в будущем эти цементные связки станут альтернативой дорогому портландцементу. К тому же вяжущие щелочного затворения вряд ли можно назвать новым продуктом – это скорее хорошо забытое старое, широко применяемое в мире с начала 19-го века [6-12].

Истоки появления этого вяжущего начинаются в Европе, Эмиль Лангин в 1862 году изобрел шлакощелочной цемент, и полученный материал хорошо себя зарекомендовал и занял свою нишу на строительном рынке.

Шлакощелочной цемент повсеместно широко применялся по всей Европе и конкурировал с портландцементом, именно он использовался при строительстве метрополитена в Париже, Германии, в то же время началось промышленное применение и в США. Еще в начале двадцатого столетия был принят Европейский стандарт шлакощелочного цемента [13].

Небольшая историческая справка свидетельствует о перспективности щелочного цемента, ведь и в настоящее время он нашел свое применение во всем мире, такие страны, как Великобритания, Япония, Сингапур, Нидерланды, являются лидерами по производству этого вяжущего, к тому же производители преследуют в приоритете сокращение негативных воздействий на окружающую среду обитания, тем самым решая проблему с энергозатратным высокотемпературным обжигом и ликвидацией выбросов углекислоты в атмосферу [14-16]. А если учитывать, что технические показатели шлакощелочного цемента уникальны в сравнении с портландцементом: высокие прочностные характеристики, химическая стойкость, хорошая удобоукладываемость, сопротивляемость действию хлоридов, пониженная экзо-



Рис. 1. Сырьевая база России для производства шлакощелочных цементов

термия, короткие сроки схватывания; то все это в целом и определит область их применения в строительстве [17].

В России, несмотря на большой положительный промышленный опыт применения этой технологии в эпоху СССР, в настоящее время массовое производство щелочных цементов идет на спад, что связано с отсутствием достаточной нормативной базы, ограниченностью и нестабильностью сырьевой базы, дефицит щелочных растворов и плохая информативность продукции.

Но по-прежнему ведутся научные разработки [16-19] и реализуется практическое внедрение, поэтому и в настоящее время производство бесклинкерных вяжущих щелочной активации и бетонов на их основе продолжает являться более чем актуальным. Ведь отходов черной металлургии в виде доменных гранулированных шлаков насчитывается миллионы тонн (рисунок 1), отходы химической промышленности от производства глинозема, сульфида натрия, капролактама по существу не используются, к тому же присутствует весома проблема их уничтожения, все это должно способствовать развитию бесклинкерной технологии и снижению затрат на получение вяжущих на 50%. А если учитывать и тот факт, что для приготовления щелочных бетонов возможно использование мелкого и крупного заполнителя без ограничений по содержанию глинистых и пылевидных фракций, так как эти частицы вступают с химическое взаимодействие с соединениями щелочных металлов, образуя гидроалюмосиликаты натрия, то расходы на

получение строительных композитов существенно уменьшатся, не в ущерб прочностным показателям.

Приведенные доводы подтверждают, что бесклинкерная технология щелочных вяжущих является перспективной и довольно эффективной, но в нашей стране есть много регионов, в которых промышленные отходы металлургических предприятий являются дефицитным сырьем, и экономически невыгодно их использование из-за транспортных расходов. При этом необходимо предусматривать альтернативу доменным шлакам, которые характеризуются алюмосиликатным составом с нестабильным минеральным и химическим составом из-за изменений в составе топлива, технологического процесса выплавки и складирования и т. д.

Исследование и разработка природных и техногенных источников алюмосиликатной природы позволят повысить эффективность бесклинкерных строительных композитов, путем снижения себестоимости и улучшения физико-механических свойств конечного продукта, а также расширения сырьевой базы бесклинкерной технологии.

Для получения бесклинкерных вяжущих щелочной активации исследовались горные породы осадочного и магматического происхождения: опока (окремненный мергель) Веденского месторождения и вулканический туф из Кабардино-Балкарской Республики. Энергодисперсионный микроанализ исследуемых порошков, проведенный с помощью растрового электронного микроскопа Quanta 3D 200 i,

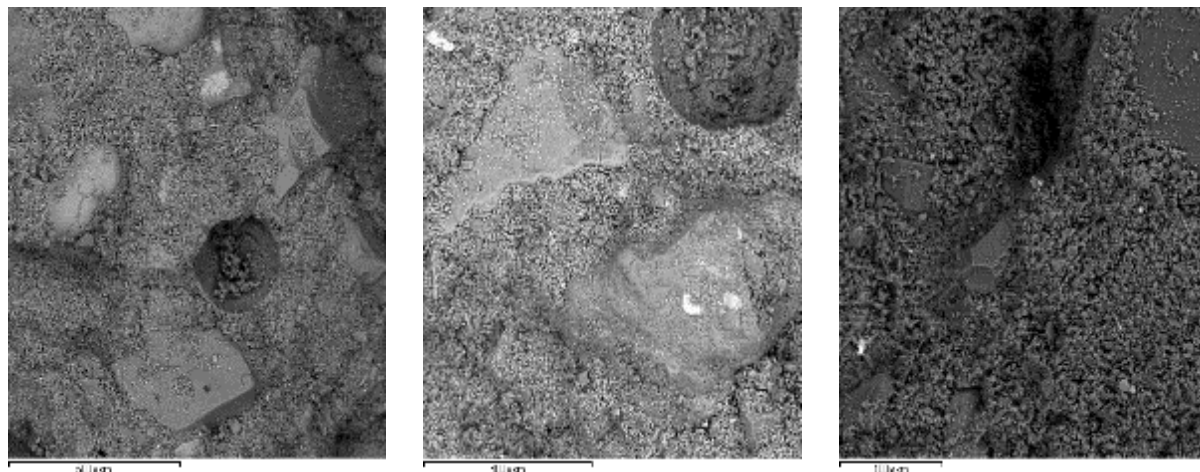


Рис. 2. Микростроение щелочного цементного камня на основе вулканического туфа и термоактивированной опоки

показал существенное различие в химическом составе минеральных добавок:

– вулканический туф, %: $MgO = 0,20$; $Al_2O_3 = 13,57$; $SiO_2 = 73,67$; $K_2O = 6,00$; $CaO = 1,79$; $Fe_2O_3 = 1,52$; $TiO_2 = 2,85$; $ppp = 0,40$.

– опока: $MgO = 1,10$; $Al_2O_3 = 5,47$; $SiO_2 = 28,7$; $Na_2O = 1,09$; $CaO = 61,53$; $Fe_2O_3 = 2,12$.

Для приготовления тонкодисперсных порошков из исследуемых горных пород, крупнокусковые предварительно измельчали в щековой дробилке, а затем подвергали тонкому измельчению в лабораторной роликовой мельнице. Опока исследовалась в двух видах, до термообработки в естественном виде, и после термоактивации при температуре $700\text{ }^{\circ}C$, оксидный состав % по массе:

– опока термообработанная при температуре $700\text{ }^{\circ}C$: $CO_2 = 31,49$; $MgO = 0,41$; $Al_2O_3 = 2,20$; $SiO_2 = 28,53$; $Na_2O = 0,58$; $CaO = 35,92$; $Fe_2O_3 = 0,86$.

Удельная поверхность полученных порошков при продолжительности измельчения 20 минут составила:

- $S_{уд} = 520\text{ м}^2/\text{кг}$ опока;
- $S_{уд} = 470\text{ м}^2/\text{кг}$ вулканический туф.

Для исследования структуры многокомпонентных вяжущих систем «термоактивированная опока – вулканический туф – щелочной раствор» приготавливались цементные композиции из 80% опоки, 20% вулканического туфа и водного раствора жидкого натриевого стекла (силикатный модуль 2,8, плотность $1,42\text{ кг}/\text{м}^3$),

в качестве заполнителя использовали природный кварцевый песок. Полученные образцы после распалубки на последующие сутки твердения помещали в сушильный шкаф при температуре $50\text{ }^{\circ}C$ на 2 часа для ускорения структурообразования цементного камня. Изучение процессов формирования структуры 28-уточного цементного камня проводили на растровом электронном микроскопе VEGA II LMU и на дифрактометре «ARLX'TRA», использующем кинематическую схему Θ - Θ с горизонтальным расположением плоского образца.

Исследуемые образцы цементного камня отличались неравномерным тонкокристаллическим распределением кристаллической структуры, обнаружены округлые замкнутые поры, диаметр которых доходил до $0,5\text{ мм}$ (рисунок 2). Образцам характерно достаточно плотное примыкание частиц цементной массы с зернами кварцевого мелкого заполнителя.

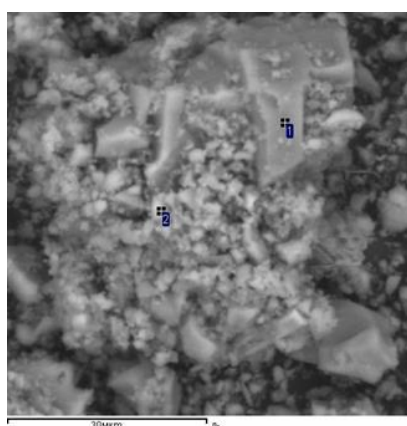
Проведенные исследования показали, что основными фазами, формирующими структуру цементного камня, считаются натриевые гидраты алюмосиликатов кальция, часто образующими плотные срастания кристаллов размером до $10\text{-}20\text{ мкм}$ (рисунок 3, 4). Состав сформированных новообразований по результатам полуколичественного анализа, приведённый в таблице 1, анализы 1, 2, показал присутствие кальцита и тонких кристаллов $Ca(OH)_2$ (таблица 2, анализы 3-5), а также тонкие чешуйки слюды.

Таблица 1
Состав гидратов основной массы, в вес. % (места анализа указаны на рисунке 3)

Спектр	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	FeO	Итого
1	8.19	0.22	12.51	46.98	2.05	17.71	0.43	88.09
2	4.13	0.21	6.72	35.82	2.58	24.42	0.52	74.41

Таблица 2
Состав кристаллов основной массы, в вес. % (места анализа указаны на рисунке 4)

Спектр	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	FeO	Итого
1	8.66	-	18.76	61.65	1.66	7.61	0.40	98.74
2	4.24	0.23	12.12	71.43	5.03	5.57	0.28	98.91
3	0.92	0.21	1.14	5.98	0.23	44.52	-	53.00
4	2.36	0.54	1.25	4.35	0.27	43.17	-	57.44
5	0.74	-	1.03	4.06	0.33	42.55	-	48.70



Спектр EDX

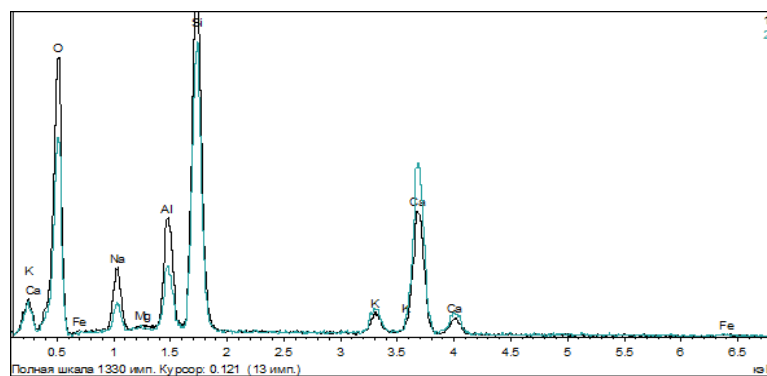
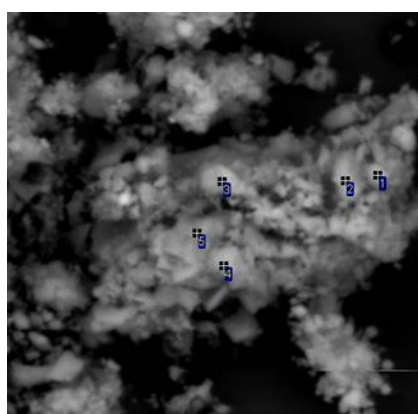


Рис. 3. Гидраты основной массы



Спектр EDX

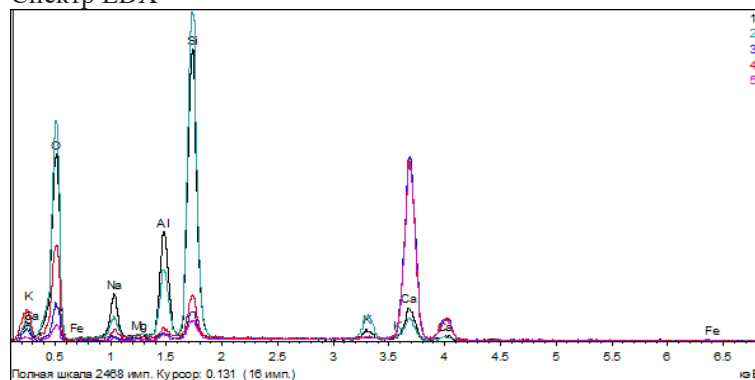


Рис. 4. Фазы основной массы

Рентгенофазовый и электронно-зондовый анализы показали, что кристаллы минерала слюды пронизывают структуру камня и идентичны минералу мусковиту; исследо-

ванный состав чешуек (размером ~20 мкм) в среднем близок к формуле $(\text{Na}_{0.14}\text{K}_{0.63})_{0.8}(\text{Fe}^{2+}_{0.05}\text{Mg}_{0.02}\text{Al}^{\text{VI}}_{2.01}\text{Ti}_{0.01})_{2.1}(\text{Si}_{3.01}\text{Al}^{\text{IV}}_{0.99})_{4.0}\text{O}_{10}(\text{OH}_{2.00})_{2.0}$ и подтверждает насыщен-

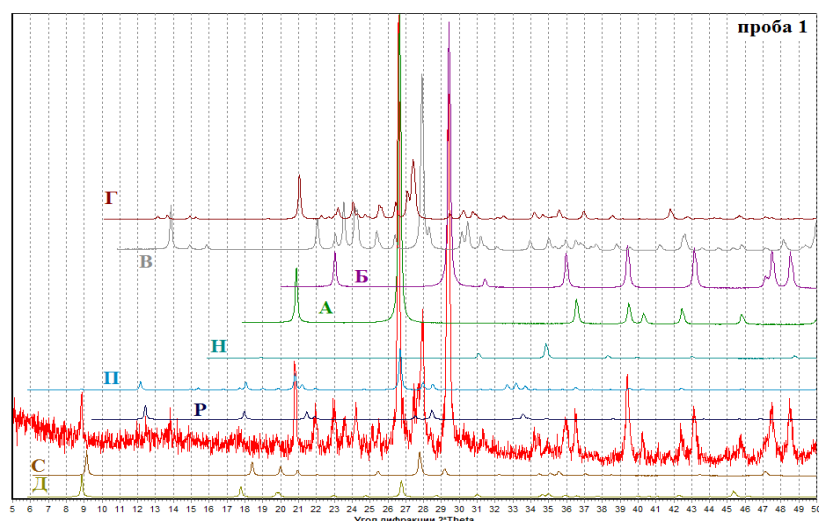


Рис. 5 – Дифрактограмма образца в сопоставлении с данными базы PDF-2. Приведенные фазы сравнения: А – кварц, Б – кальцит, В – альбит, Г – калиевый полевой шпат, Д – мусковит, Н – анальцит, П – жисмондит, Р – гарронит, С – парагонит

ность щелочными металлами натрия и алюминия.

Результаты РФА установили, что в составе новообразований присутствует кварц, полевые шпаты, близкие к альбиту и ортоклазу, слюда, кальцит, цеолиты (рисунок 5).

По результатам рентгенофазового анализа в цементном камне с использованием тонкодисперсных порошков из вулканического туфа и термоактивированной опоки при 700°C, установлено присутствие кварца, полевых шпатов, близких к альбиту и ортоклазу, слюд, кальцита, цеолитов. Электронно-зондовые исследования

также выявляют присутствие гидратных аморфных соединений Na-Ca-Si, сходных по составу фаз, содержащих алюминий и близких по элементному составу к цеолитам.

Таким образом, полученные рецептуры вяжущих щелочной активации с использованием термоактивированной опоки при температуре 700°C, вулканического туфа и жидкого натриевого стекла позволят создавать эффективные строительные композиты с меньшими энерго- и ресурсозатратами и одновременно окажут весомый вклад в улучшение экологической обстановки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Перспективы использования термоактивированного сырья алюмосиликатной природы [Текст] / Муртазаев С-А. Ю., Саламанова М. Ш. // Приволжский научный журнал. 2018. №2 (Т. 46). С. 65-70.
2. Murtazayev S- A. Yu., Salamanova M. Sh., Mintshev M. Sh., Bisultanov R. G. Fine-Grained Concretes with Clinker-Free Binders on an Alkali Gauging (Мелкозернистые бетоны на основе вяжущих щелочной активации) Proceedings of the International Symposium “Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research” dedicated to the 85th anniversary of H. I. Ibragimov (ISEES 2019). Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST). April 2019. Vol. 1. P. 500-503.
3. Bataev D. K-S., Murtazayev S- A. Yu., Salamanova M. Sh., Viskhanov S. S. Utilization of Cement Kiln Dust in Production of Alkali-Activated Clinker-Free Binders (Использование цементной пыли в производстве бесклинкерных вяжущих щелочной активации) / Proceedings of the International Symposium “Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research” dedicated to the 85th anniversary of H. I. Ibragimov (ISEES 2019). Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST). April 2019. Vol. 1. P. 457-460.

4. *Nematollahi B., Sanjayan J.* Efficacy of available superplasticizers on geopolymers [Elec-tronic resource] // Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology. 2014. Vol. 7, № 7. pp. 1278-1282. <http://www.maxwellsci.com/print/rjaset/v7-1278-1282.pdf>.
5. *Hardjito D., Wallah S. E., Sumajouw D. M. J., Rangan B. V.* Properties of geopolymer concrete with fly ash source material: effect of mixture composition / In: Seventh CANMET/ACI international conference on recent advances in concrete technology, Las Vegas, USA; 2002.
6. *Alonso, S.* Alkaline activation of metakaolin and calcium hydroxide mixtures: influence of temperature, activator concentration and solids ratio / S. Alonso, A. Palomo // Materials Letters. 2001. № 47 (1-2). pp. 55-62.
7. Строительные материалы на основе жидкого стекла [Текст] / *Солдатов А. А., Сариев И. В., Жаров М. А., Абдураимова М. А.* // Актуальные проблемы строительства, транспорта, машиностроения и техносферной безопасности: Материалы IV-й ежегодной научно-практической конференции Северо-Кавказского федерального университета / Н. И. Стоянов (отв. ред.). 2016. С. 192-195.
8. *Kozhukhova N. I., Chizhov R. V., Zhernovsky I. V., Strokova V. V.* Structure formation of geopolymer perlite binder vs. Type of alkali activating agent // International Journal of Pharmacy and Technology. 2016. Vol. 8 (3). Pp. 15338-15348.
9. *Саламанова М. Ш., Муртазаев С.-А. Ю.* Цементы щелочной активации: возможность снижения энергоемкости получения строительных композитов [Текст] // Строительные материалы. 2019. № 7. С. 32-41.
10. *Obata A., Kasuga T., Jones J. R.* Hydroxyapatite Coatings Incorporating Silicon Ion Releasing System on Titanium Prepared Using Water Glass and Vaterite. Journal of the American Ceramic Society. 2011. Vol. 94. Iss. 7. P. 2074-2079.
11. Hydrothermal alkaline treatment of oil shale ash for synthesis of tobermorites / *J. Reinik, I. Heinmaa, J. P. Mikkola, U. Kirso* // Fuel. 2007. Vol. 86. P. 669-676.
12. Шлакощелочные вяжущие нового поколения [Текст] / *П. В. Кривенко, Ж. В. Скурчинская, Ю. А. Сидоренко* // Цемент. 1991. № 11-12. С. 4-8.
13. *Kmita A., Hutera B.* The influence of physical and chemical parameters of modified water glass on the strength of loose self-setting sands with water-glass // Metallurgy and foundry engineering. 2012. Vol. 38. № 1. P. 67-71.
14. *Рахимова Н. Р., Рахимов Р. З.* Влияние дисперсности и гранулометрического состава молотых шлаков на свойства шлакощелочных вяжущих [Текст] // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2008. Вып. 11. С. 16-18.
15. *Удодов С. А., Черных В. Ф., Черный Д. В.* Применение пористого заполнителя в отделочных составах для ячеистого бетона // Сухие строительные смеси. 2008. № 3. С. 70.
16. *Murtazayev S.-A. Yu., Salamanova M. Sh., Mintsayev M. Sh., Bisultanov R. G.* Fine-Grained Concretes with Clinker-Free Binders on an Alkali Gauging (Мелкозернистые бетоны на основе вяжущих щелочной активации) Proceedings of the International Symposium “Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research” dedicated to the 85th anniversary of H. I. Ibragimov (ISEES 2019). Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST). April 2019. Vol. 1. P. 500-503.
17. *Nesvetaev G., Koryanova Y., Zhilnikova T.* On effect of superplasticizers and mineral additives on shrinkage of hardened cement paste and concrete // В сборнике: MATEC Web of Conferences 27. Сер. “27th R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27RSP), TFOCE 2018” 2018. С. 04018.
18. *Stelmakh S. A., Nazhiev M. P., Shcherban E. M., Yanovskaya A. V., Cherpakov A. V.* Selection of the composition for centrifuged concrete, types of centrifuges and compaction modes of concrete mixtures // Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications (PHENMA 2018) Abstracts & Schedule. Edited by Yun-Hae Kim, I. A. Parinov, S.-H. Chang. 2018. С. 337.
19. *Shuisky A., Stelmakh S., Shcherban E., Torlina E.* Recipe-technological aspects of improving the properties of non-autoclaved aerated concrete // MATEC Web of Conferences Сер. “International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2017” 2017. С. 05011.

FEATURES OF THE STRUCTURE FORMATION OF MULTICOMPONENT BINDING SYSTEMS OF ALKALINE ACTIVATION

© S-A. Yu. Murtazaev^{1,2}, M. Sh. Salamanova^{1,2}, D. K-S. Bataev²

¹GSTOU named after acad. M. D. Millionshchikov, Grozny, Russia

²Kh. Ibragimov Complex Institute of RAS, Grozny, Russia

The development of formulations of clinker-free binders of alkaline activation based on fine powders of natural aluminosilicate origin will make it possible to obtain new effective building composites. The paper reveals issues related to the theoretical foundations of the formation of the structure and strength of cement stone based on an alkaline activator. The research results, in our opinion, undoubtedly are of practical importance for the construction industry, since the proposed recipes for clinker-free cements can replace expensive and energy-intensive Portland cement, allowing you to create strong and durable concrete and reinforced concrete structures.

Keywords: flask, volcanic tuff, liquid glass, clinker-free binders, alkali metals, dispersion, cement compositions, thermal activation

REFERENCES

1. Murtazaev, S.A. Yu. and Salamanova, M. Sh. (2018) 'Perspektivy ispol'zovaniya termoaktivirovannogo syr'ya alyumosilikatnoi prirody'. *Privolzhskii nauchnyi zhurnal*. [Prospects for the use of thermally activated raw materials of aluminosilicate nature]. Volga Scientific Journal. No. 2 (T. 46). Pp. 65-70.
2. Murtazayev, S- A. Yu., Salamanova, M. Sh., Mintsayev, M. Sh., and Bisultanov, R. G. 'Fine-Grained Concretes with Clinker-Free Binders on an Alkali Gauging'. *Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" dedicated to the 85th anniversary of H.I. Ibragimov (ISEES 2019)*. Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST). April 2019. Vol. 1. Pp. 500-503.
3. Bataev, D. K-S., Murtazayev, S-A. Yu., Salamanova, M. Sh. and Viskhanov, S. S. 'Utilization of Cement Kiln Dust in Production of Alkali-Activated Clinker-Free Binders'. *Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" dedicated to the 85th anniversary of H.I. Ibragimov (ISEES 2019)*. Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST). April 2019. Vol. 1. Pp. 457-460.
4. Nematollahi, B. and Sanjayan, J. (2014) 'Efficacy of available superplasticizers on geopolymers' [Elec-tronic resource], *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*. Vol. 7, №7. Pp. 1278-1282, available at: <http://www.maxwellsci.com/print/rjaset/v7-1278-1282.pdf>.
5. Hardjito, D., Wallah, S. E, Sumajouw, D.M. J. and Rangan, B. V. (2002) 'Properties of geopolymer concrete with fly ash source material: effect of mixture composition'. In: Seventh CANMET/ACI international conference on recent advances in concrete technology, Las Vegas, USA.
6. Alonso, S. and Palomo, A. (2001) 'Alkaline activation of metakaolin and calcium hydroxide mixtures: influence of temperature, activator concentration and solids ratio'. *Materials Letters*. №47 (1-2), pp. 55-62.
7. Soldatov, A.A. Sariev, I. V., Zharov, M. A. and Abduraimova, M. A. (2016) 'Building materials based on liquid glass' [Text]. In the collection: *Actual problems of construction, transport, engineering and technosphere safety. Materials of the IVth annual scientific and practical*

- conference of the North Caucasus Federal University. N.I. Stoyanov (executive editor). pp. 192-195.*
8. Kozhukhova, N. I., Chizhov, R. V., Zhernovsky, I. V. and Strokova, V. V. (2016) 'Structure formation of geopolymer perlite binder vs. Type of alkali activating agent'. *International Journal of Pharmacy and Technology*. Vol. 8 (3). pp. 15338-15348.
 9. Salamanova, M. Sh. and Murtazaev, S.A. Yu. (2019) 'Cements of alkaline activation: the possibility of reducing the energy intensity of obtaining building composites'. *Building materials*. No. 7. Pp. 32-41.
 10. Obata, A., Kasuga, T. and Jones, J. R. (2011). 'Hydroxyapatite Coatings Incorporating Silicon Ion Releasing System on Titanium Prepared Using Water Glass and Vaterite'. *Journal of the American Ceramic Society*. Vol. 94. Iss. 7. Pp. 2074-2079.
 11. Reinik, J., Heinmaa I., Mikkola J.P. and Kirso U. (2007) Hydrothermal alkaline treatment of oil shale ash for synthesis of tobermorites. *Fuel*. Vol. 86. Pp. 669-676.
 12. Krivenko, P. V., Skurchinskaya, J. V. and Sidorenko, Yu. A. (1991) 'Shlakoshchelochnye vyazhushchie novogo pokoleniya' [Slag-alkaline binders of a new generation]. *Cement*. No. 11-12. P. 4-8.
 13. Kmita, A. and Hutera, B. (2012) The influence of physical and chemical parameters of modified water glass on the strength of loose self-setting sands with water-glass. *Metallurgy and foundry engineering*. Vol. 38. No. 1. P. 67-71.
 14. Rakhimova, N. R. and R.Z. Rakhimov (2008) 'Vliyanie dispersnosti i granulometricheskogo sostava molotyykh shlakov na svoystva shlakoshchelochnykh vyazhushchikh'. *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka*. [The effect of dispersion and particle size distribution of ground slag on the properties of slag alkaline binders. Building materials, equipment, technologies of the XXI century]. Issue. 11. Pp. 16-18.
 15. Udodov, S. A., Chernykh, V. F. and Cherny D. V. (2008) 'Primenenie poristogo zapolnitelya v otdelochnykh sostavakh dlya yacheistogo betona' *Sukhie stroitel'nye smesi*. [The use of porous aggregate in finishing compositions for aerated concrete. Dry building mixtures]. No. 3. P. 70.
 16. Murtazayev, S-A. Yu., Salamanova, M. Sh., Mintsae, M. Sh. and Bisultanov, R. G. 'Fine-Grained Concretes with Clinker-Free Binders on an Alkali Gauging'. *Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" dedicated to the 85th anniversary of H. I. Ibragimov (ISEES 2019)*. Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST). April 2019. Vol. 1. Pp. 500-503.
 17. Nesvetaev, G., Koryanova, Y. and Zhilnikova, T. (2018) 'On effect of superplasticizers and mineral additives on shrinkage of hardened cement paste and concrete' *MATEC Web of Conferences 27. Ser. "27th R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27RSP), TFOCE 2018"*. P. 04018.
 18. Stelmakh, S. A., Nazhnev, M. P., Shcherban, E. M., Yanovskaya, A. V. and Cherpakov A. V. (2018) 'Selection of the composition for centrifuged concrete, types of centrifuges and compaction modes of concrete mixtures' *Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications (PHENMA 2018) Abstracts & Schedule*. Edited by Yun-Hae Kim, I.A. Parinov, S.-H. Chang. Pp. 337.
 19. Shuisky, A., Stelmakh, S., Shcherban, E. and Torlina E. (2017) Recipe-technological aspects of improving the properties of non-autoclaved aerated concrete. *MATEC Web of Conferences Ser. "International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2017"*, pp. 05011.