Для цитирования: *Саламанова М.Ш., Муртазаев С.-А.Ю., Исмаилова З.Х., Бисултанов Р.Г. Получение бесклинкерных вяжущих синтезом щелочных растворов силиката натрия из кремнеземсодержащих горных пород. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2019;46 (3):149-158. DOI:10.21822/2073-6185-2019-46-3-149-158*

For citation: *M.Sh. Salamanova, S.-A.Yu. Murtazaev, Z.H. Ismailova, R.G. Bisultanov. Obtaining clinkerless cements through the synthesis of basic solutions of sodium silicate from silica-containing rocks. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2019; 46(3):149-158. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2019-46-3-149-158*

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 691.33
DOI: 10.21822/2073-6185-2019-46-3-149-158

ПОЛУЧЕНИЕ БЕСКЛИНКЕРНЫХ ВЯЖУЩИХ СИНТЕЗОМ ЩЕЛОЧНЫХ РАСТВОРОВ СИЛИКАТА НАТРИЯ ИЗ КРЕМНЕЗЕМСОДЕРЖАЩИХ ГОРНЫХ ПОРОД

Саламанова М.Ш.[1], Муртазаев С.-А.Ю.[1,2], Исмаилова З.Х.[1], Бисултанов Р.Г.[1]
[1]Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова,
364051, г. Грозный, пр.им. Х.А. Исаева, 100, Россия,
[2]Комплексный научно-исследовательский институт имени Х.И. Ибрагимова Российской академии наук,
[2]364021, г. Грозный, Старопромысловское шоссе, 21 а, Россия

Резюме. Цель. *В настоящее время создание бесклинкерных вяжущих материалов, не требующих высокотемпературной обработки и огромного природного ресурса, но обладающих высокими техническими показателями является актуальной задачей. Цементы щелочногозатворения, в которых активной составляющей будут щелочные металлы, способны при гидратации взаимодействовать с минералами алюмосиликатной природы, с образованием прочных и труднорастворимых соединений.* ***Метод.*** *В основу получения бетонных композитов на вяжущих щелочной активации положен отечественный и зарубежный опыт применения шлакощелочных композитов в строительстве.* ***Результат.*** *В данной работе проведен энергодисперсионныймикроанализ исследуемых бесклинкерных композиций на основе щелочных силикат натриевых растворов из кремнеземсодержащих горных пород.* ***Вывод.*** *Разработанные рецептуры бесклинкерных вяжущих на основе высокодисперсных порошков различной природы, затворенных щелочным раствором приготовленным мокрым способом при температурах до 95 ^{0}С и атмосферном давлении. Данная технология позволит расширить область применения щелочных цементов и получать бетоны с заданными свойствами.*

**Работа выполнена в рамках исследований по реализацию научного проекта № 18-48-200001 «Высококачественные бетоны с повышенными эксплуатационными свойствами на основе местного природного и техногенного сырья», получившего поддержку Российского фонда фундаментальных исследований» (РФФИ).*

Ключевые слова: *жидкое стекло, метасиликат натрия, кремнеземсодержащие добавки, щелочные металлы, диспергирования, щелочной активатор, бесклинкерные вяжущие, высокодисперсные порошки*

BUILDING AND ARCHITECTURE

OBTAINING CLINKERLESS CEMENTS THROUGH THE SYNTHESIS OF BASIC SOLUTIONS OF SODIUM SILICATE FROM SILICA-CONTAINING ROCKS

M.Sh. Salamanova[1], S-A.Yu. Murtazaev[1,2], Z.H. Ismailova[1], R.G. Bisultanov[1]
[1]Academician M.D. Millionshchikov Grozny State Oil Technical University,
[1]100 Isaev Ave., Grozny 364051, Russia,
[2] Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences,
21a Stropromyslovsky Hig., Grozny 364021, Russia

Abstract Objectives *The creation of clinkerless cements that do not require high-temperature processing and significant natural resources, at the same time as exhibiting good technical parameters, seems to be an important research task. Cements of alkaline instillation, in which alkaline metals play an active role, are capable of interacting with minerals of aluminosilicate nature forming strong and insoluble compounds.* ***Methods*** *Concrete composites from binding substances activated by alkaline were developed on the basis of Russian and foreign experience of using cinder slag composites in construction.* ***Results*** *In this work, energy-dispersion microanalysis of the developed clinkerless compositions based on alkaline silicate sodium solutions from silica-containing rocks was carried out.* ***Conclusion*** *Formulations of clinkerless cements based on high-dispersal powders of different natures mixed by the alkaline solution obtained using the wet technique at temperatures of up to 95 °C and atmospheric pressure are proposed. This technology will expand the use of alkaline cements, thus leading to the development of concrete having desired properties.*

Acknowledgment *The work was carried out as part of the scientific project No. 18-48-200001 "High-quality concrete with increased operational properties based on local natural and man-made raw materials" supported by the Russian Foundation for Fundamental Research" (RFFR).*

Keywords: *Liquid glass, sodium metasilicate, silica-containing additives, alkaline metals, dispersing, alkaline activator, clinkerless cements, high-dispersal powders*

Введение. Современные темпы развития строительства требуют увеличения объемов производства бетонных композитов, при этом ученые стремятся снизить их себестоимость, не нанося ущерба надежности и долговечности проектируемых изделий и конструкций [1-3]. В условиях дефицита разработанного природного ресурса, постоянного удорожания энергоносителей, усиления антропогенного воздействия на экологическую среду, выполнить эту задачу становиться все сложнее, поэтому особое внимание уделяется разработке менее ресурсо- и энергоемких технологий получения строительных композитов [4,5].

Постановка задачи. Именно создание бесклинкерных вяжущих материалов, не требующих высокотемпературной обработки, но обладающих высокими техническими показателями, становится актуальным в настоящее время. К этой категории вяжущих можно отнести цементы щелочного затворения, в которых активной составляющей будут щелочные металлы, способные при гидратации взаимодействовать с минералами алюмосиликатной природы, образуя довольно прочные труднорастворимые соединения, идентичные продуктам гидратации традиционного вяжущего [6-9].

Известен опыт использования таких вяжущих в строительстве [1-8], но если быть точнее, наиболее подробно исследованы шлакощелочные вяжущие на основе отходов черной металлургии к которым относят доменные гранулированные шлаки, химический состав, которых представлен оксидами алюминия, кремния, и схож с составом портландцементного клинкера [9,10]. Но во многих регионах нашей страны шлаки черной металлургии являются дорогим и редким материалом, требующим огромных транспортных расходов, поэтому широкого внедрения известные разработки не получили.

Методы исследования. На протяжении нескольких лет нами проводятся исследования по получению бесклинкерных цементов щелочного затворения [12-15], в результате которых получены долговечные и коррозионностойкие композиты.

В рецептурах вяжущих в замену доменных шлаков черной металлургии использовались высокодисперсные минеральные порошки различной природы из следующих пород: окремненный мергель, известняк, вулканический туф, песчаник, кварцевый песок, отходы цементной промышленности в виде аспирационной и клинкерной пыли электрофильтров. Все эти порошки по отдельности в заданных соотношениях смешивались с мелким заполнителем Алагирского месторождения (модуль крупности 2,8) и затворялись товарным жидким натриевым стеклом, с силикатным модулем 2,8 и плотностью 1,24 г/см^3. Приготовленные образцы твердели первые сутки в нормальных условиях при температуре 20±2°С, но через 2 суток часть образцов-близнецов помещалась периодически в сушильный шкаф при температуре 40 ^{0}С на пару часов, и часть термообработанных образцов хранилась в воде. Рецептуры и результаты испытаний в зависимости от условий твердения приведены в табл. 1.

Таблица 1. Рецептуры и свойства бесклинкерных цементов щелочной активации
Table 1. Formulations and properties of clinker-free alkaline activation cements

№ состава composition	Высокодисперсные порошки Fine powders	Щелочной активатор, % Alkaline activator Na_2SiO_3	Activity Активность МПа, 28 сут.		
			условия твердения hardening conditions		
			естественное natural	40 ^{0}С	в воде in water
1	Кварцевый порошок, Silica powder S $_{уд}$ = 810 м^2/кг	26,0	20,3	22,3	23,5
2	Мергель Mergel (700 ^{0}С), S $_{уд}$ = 1150 м^2/кг	29,5	39,2	42,6	46,5
3	Вулканический туф Volcanic tuff S $_{уд}$ = 920 м^2/кг	26,5	33,1	37,6	39,4
4	Известняковая мука Limestone flour S $_{уд}$ = 1060 м^2/кг	29,0	13,7	16,5	9,0
5	Песчаник Sandstone S $_{уд}$ = 1020 м^2/кг	26,5	14,6	17,3	9,2
6	Клинкерная пыль Clinker dust S $_{уд}$ = 240 м^2/кг	23,0	42,1	44,7	50,5
7	Аспирационная пыль Suction dust S $_{уд}$ = 280 м^2/кг	24,0	15,4	15,6	10,1

Обсуждение результатов. Результаты испытаний, приведенные в табл. 1 подтверждают, что прочностные показатели полученных вяжущих зависят в первую очередь от минералогического и химического составов исследуемых порошков, от наличия активных центров кристаллизации, а потом уже от условия твердения и удельной поверхности минеральных добавок.

Клинкерная пыль, образующаяся на горячем конце клинкерной вращающейся печи, обладает нужным минеральным составом, при затворении щелочным раствором, гидратируется с образованием гидросиликатов кальция и натрия, поэтому эти образцы и отличаются высокими прочностными значениями при твердении в водной среде. Окремненный термоактивированный мергель и вулканический туф также при активации жидкостекольным раствором набрали хорошую активность при хранении образцов в воде, что обосновано алюмосиликатной природой данных порошков. Минеральные порошки из известняка, песчаника и аспирационной пыли после активации набирали прочность при повышении температуры, полученные результаты обоснованы большим содержанием щелочноземельных соединений.

Таким образом, были получены бесклинкерные гидравлические вяжущие щелочной активации, с линейкой прочности от 10 до 50 МПа, пригодные для производства бетонных композитов. Но в предлагаемых разработках самым дорогим считается товарное жидкое стекло, и для широкомасштабного использования щелочных композитов, необходимо найти альтернативу этому затворителю [14, 16-18]. Поэтому на следующем этапе была поставлена цель – приготовить эффективный и менее затратный щелочной раствор. Затворитель был приготовлен мокрым способом, который заключался в растворении тонкодисперсных кремнеземистых добавок в растворе в 20 % растворе едкого натрия, с последующим нагреванием до 92-95 ^{0}С при атмосферном давлении.

Сущность метода состоит в том, что аморфная составляющая исследуемых добавок при диспергировании вступает в реакцию с щелочью с образованием метасиликата натрия по реакции: $2NaOH+SiO_2=Na_2SiO_3+H_2O$. Полученный таким способом щелочной раствор метасиликата натрия, в виде суспензии подвергали фильтрованию, в результате чего разделялся раствор и нерастворимый осадок. Химический состав предлагаемых щелочных растворов исследовали в НИЦКП) «Нанотехнологии и наноматериалы» ГГНТУ на растровом электронном микроскопе QUANTA 3D 200i с использованием энергодисперсионной системы микроанализа (EDAX).

В качестве кремнеземистого компонента в щелочном растворе были использованы мелкие стекольные пески Шатойского месторождения (ЧР) и вулканический туф Кенженского месторождения (КБР). Химический состав минеральных добавок приведен в табл. 2.

Таблица 2.Химический состав кремнеземистых добавок, %
Table 2. The chemical composition of silica additives,%

Оксидный состав Oxide Composition	Вулканический туф Volcanic Tuff	Кварцевый песок Quartz Sand
MgO	2,20	6,32
Al_2O_3	13,57	14,99
SiO_2	63,67	73,83
K_2O	6,00	1,83
CaO	7,79	0,6
Fe_2O_3	2,52	0,97
TiO_2	2,85	1,32
SO_3	-	0,14
ппп	1,40	-

После приготовления щелочного раствора, в течение недели проводился визуальный осмотр, полученных суспензий (рис.1 а и б).

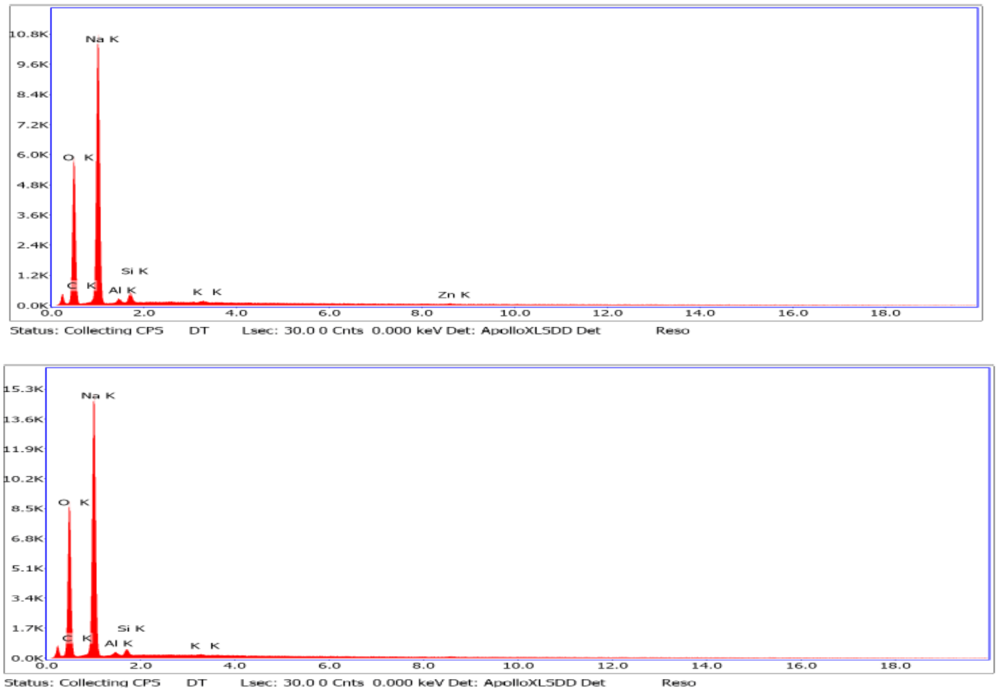
а)

б)

Рис.1. Снимки щелочных растворов на основе кварцевого песка и вулканического туфа, через сутки (а) и через неделю (б)

Fig. 1. Pictures of alkaline solutions based on quartz sand and volcanic tuff, in a day (a) and in a week (b)

Осмотр показал, что через сутки уровень осадка в растворе на основе тонкодисперсного кварцевого порошка выше, чем в растворе с вулканическим туфом, объяснить этот факт можно тем, что кварц довольно твердый минерал, содержащийся в повышенном количестве, в начальный период труднее взаимодействует с щелочью. Спустя неделю уровень осадка изменился, он уменьшился в том же растворе, вероятно, что процесс диспергирования кварца в растворе едкого натра активизировался, за счет аморфной составляющей этой добавки. Энергодисперсионный анализ и микрофотографии соответствующих растворов проводились как чистого фильтрата, так и осадка, результаты представлены на рис. 2 -5.

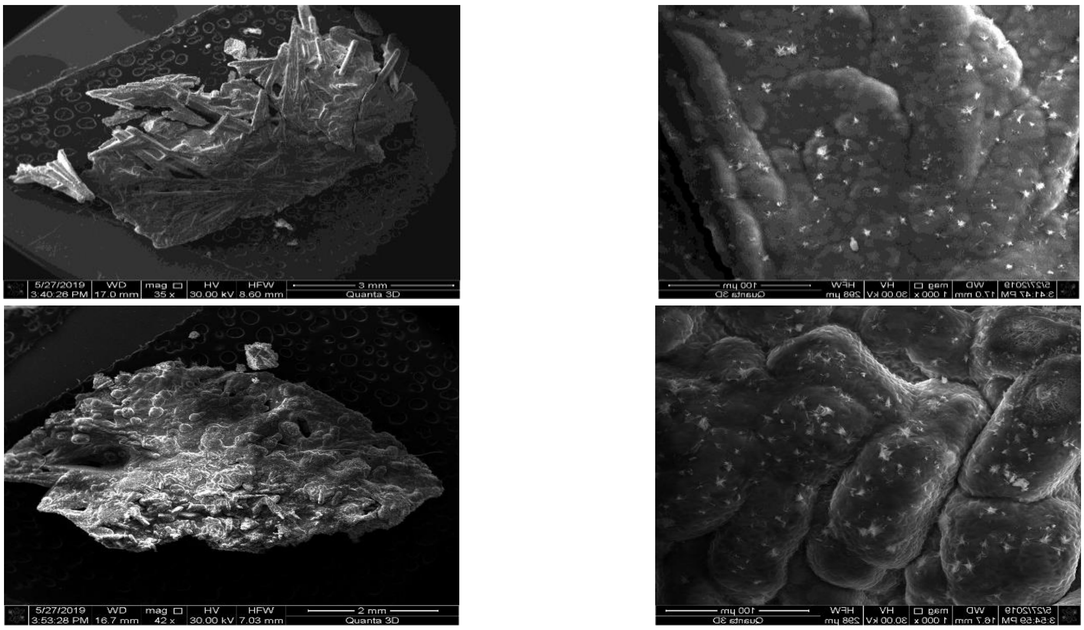


а)

б)

Рис.2 Энергодисперсионный анализ щелочного раствора на основе кварцевого песка, без осадка (а), с осадком (б)

Fig. 2 Energy dispersive analysis of an alkaline solution based on quartz sand, without sediment (a), with sediment (b)

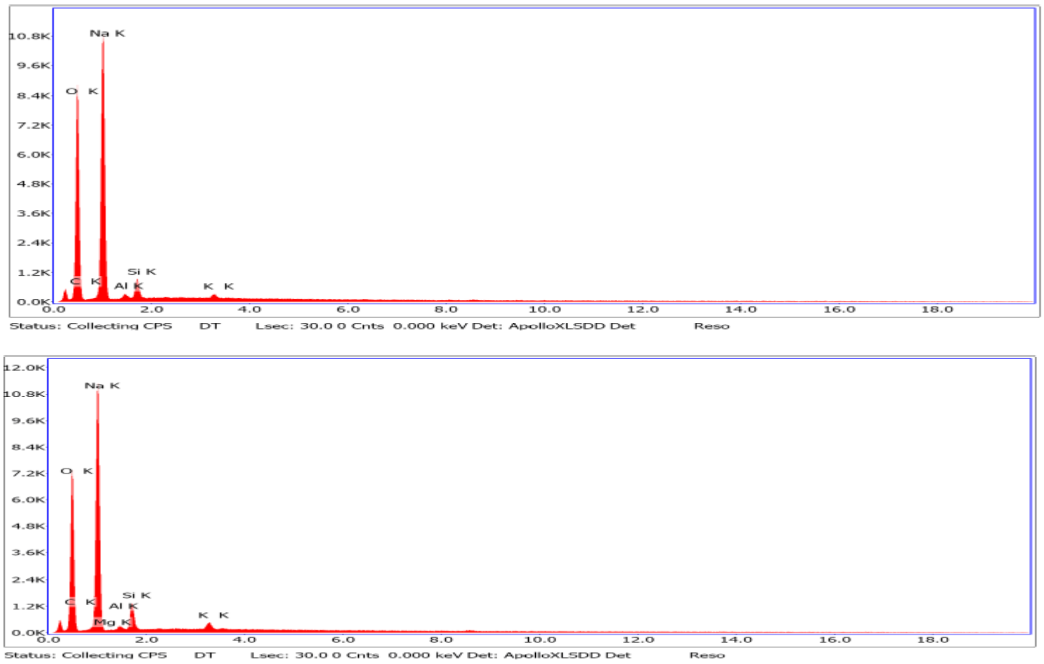


а)

б)

Рис. 3. Микрографии щелочного раствора на основе кварцевого песка, без осадка (а), с осадком (б)

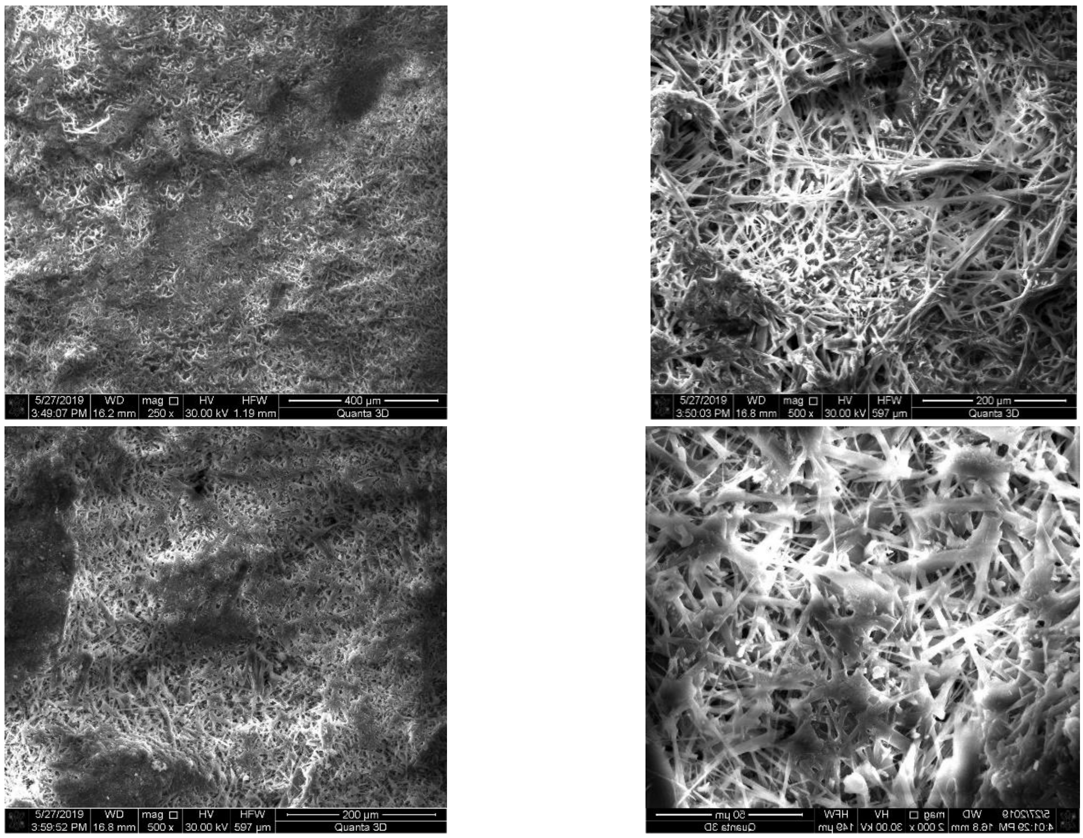
Fig. 3. Micrographs of an alkaline solution based on quartz sand, without sediment (a), with sediment (b)



а)

б)

Рис.4. Энергодисперсионный анализ щелочного раствора на основе вулканического туфа, без осадка (а), с осадком (б)
Fig. 4. Energy dispersive analysis of an alkaline solution based on volcanic tuff, without sediment (a), with sediment (b)



а)

б)

Рис. 5. Микрографии щелочного раствора на основе вулканического туфа, без осадка (а), с осадком (б)
Fig. 5. Micrographs of an alkaline solution based on volcanic tuff, without sediment (a), with sediment (b)

Результаты микроанализа показывают, что осадках щелочных растворов содержится большее количество непрореагировавшего кремнезема.

В фильтратах щелочного раствора на основе вулканического туфа, как показали исследования большее содержание SiO_2 до 2,85 %, тогда как в растворе на основе кварцевых порошков SiO_2 до 1,99 %, а микрофотографии подтверждают наличие стекловидной фазы.

На дальнейшем этапе были проведены исследования, подтверждающие эффективность разработанных растворов метасиликата натрия. Для этого были приготовлены образцы-балочки из высокодисперсных порошков (табл.1) затворенных исследуемыми щелочными растворами.

После распалубки образцы подвергали тепловому воздействию в течение двух суток в сушильном шкафу (3 часа при t = 40 ^{0}C), далее одну часть образцов помещали в воду для установления гидравличности вяжущих, а другая твердела на воздухе, для взаимодействия с углекислотой и образования геля кремниевой кислоты хотя бы на поверхностных слоях образцов. Результаты исследований приведены в табл.3.

Таблица 3. Рецептуры и свойства бесклинкерных цементов щелочной активации
Table 3. Recipes and properties of clinker-free alkaline activation cements

№ состава	Высокодисперсные порошки Fine powders	Щелочной активатор, % Alkaline activator Na_2SiO_3		Activity Активность МПа, 28 сут. условия твердения hardening conditions	
		кварцевый песок	вулканический туф	естественное natural	в воде in water
1	Кварцевый порошок, Silica powder S $_{уд}$ = 810 м^2/кг	26,2	-	14,7	13,5
		-	26,2	15,3	14,1
2	Мергель Mergel (700 ^{0}C), S $_{уд}$ = 1150 м^2/кг	29,5	-	22,9	25,4
		-	29,6	23,4	25,8
3	Вулканический туф Volcanic tuff S $_{уд}$ = 920 м^2/кг	26,6	-	17,6	19,3
		-	26,6	18,2	19,7
4	Известняковая мука Limestone flour S $_{уд}$ = 1060 м^2/кг	29,3	-	9,4	4,0
		-	29,3	9,6	4,6
5	Песчаник Sandstone S $_{уд}$ = 1020 м^2/кг	26,7	-	7,6	3,2
		-	26,7	7,7	3,6
6	Аспирационная пыль Suction dust S $_{уд}$ = 280 м^2/кг	24,2	-	10,0	5,1
		-	24,2	10,4	5,0

Вывод. Полученные результаты испытаний подтверждают эффективность щелочного раствора на основе вулканического туфа, особенно это проявляется в составах № 2 и 3. Термоактивированный окремненный мергель и вулканические породы алюмосиликатной природы, активируясь щелочным раствором, формируют прочный геополимерный камень, представленный каркасным алюмосиликатом, затворенным щелочной средой с образованием трехмерного алюмосиликатного гидрогеля [19, 20].

Порошки карбонатной природы не обладают гидравлическими свойствами, и показали невысокие результаты по прочности.

Конечно же, результаты прочности отличаются от полученных при затворении товарным жидким натриевым стеклом, но учитывая энергоэффективность данной технологии можно считать, что предлагаемые растворы позволят расширить область применения бесклинкерных вяжущих щелочной активации и получать бетоны с заданными свойствами.

Библиографический список:

1. Dietz A, Ramroth H, Urban T, Ahrens W, Becher H (2004) Exposure to cement dust, related occupational groups and laryngeal cancer risk: Results of a population based case-control study. Int J Cancer, 108.

2. Al-Neaimi YI, Gomes J, Lloyd OL (2001)Respiratory illnesses and ventilator function among workers at a cement Factory in a rapidly developing country. Occup Med (Lond), 51, 367-73.
3. Муртазаев С.-А.Ю., Саламанова М.Ш., Ватаев У.В. Цементная промышленность Чеченской республики / Вестник Академии Наук Чеченской республики № 1 (22) , Грозный 2014, С. 109-114.
4. 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.
5. Stelmakh S.A., Nazhuev 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.
6. 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.
7. Солдатов А.А., Сариев И.В., Жаров М.А., Абдураимова М.А. Строительные материалы на основе жидкого стекла // В сборнике: Актуальные проблемы строительства, транспорта, машиностроения и техносферной безопасности Материалы IV-й ежегодной научно-практической конференции Северо-Кавказского федерального университета. Н.И. Стоянов (ответственный редактор). 2016. – С. – 192-195.
8. Муртазаев С-А.Ю., Саламанова М.Ш., Сайдумов М.С., Аласханов А.Х. Исследование свойств бетонов на бесклинкерных вяжущих // Перспективы развития топливно-энергического комплекса и современное состояние нефтегазового инженерного образования в России, посвященная 105-летию М. Д. Миллионщикова: материалы Всероссийской научно – практической конференции 11-12 июня 2018 г. – Грозный: ФГБОУ ВО «ГГНТУ», 2018. – С.392 – 399.
9. Salamanova M.Sh., Murtazayev S. Yu., Ismailova Z.H The Use of Highly Active Additives for the Production of Clinkerless Binders // Proceedings of the International Symposium “Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research” (ISEES 2018) ISSN Part of series: AER, ISSN: 2352-5401, volume: 177 ISBN 978-94-6252-637-2, pp. 355-358.
10. Salamanova M.Sh., Murtazayev S. Yu. Clinker-free binders based on finely dispersed mineral components // 20. Internationale Baustofftagung, Tagungsbericht. 12-14 september 2018, Bauhaus-Universitdt Weimar. Band 1 und 2. – Weimar: 2018. Issue.2. pp.707-714.
11. Volodchenko, A.A., Lesovik, V.S., Zagorodnjuk, L.H., Volodchenko, A.N. Influence of the inorganic modifier structure on structural composite properties // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Volume 10. Issue 19. Pages 40617-40622.
12. Lesovik, V.S., Zagorodnyuk, L.K., Mestnikov, A.E., Kudinova, A.I., Sumskoi, D.A. Designing of mortar compositions on the basis of dry mixes // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Volume 10. Issue 5. Pages 12383-12390.
13. Volodchenko, A.A., Lesovik, V.S., Volodchenko, A.N., Zagorodnjuk, L.H., Pukharenko, Y.V. Composite performance improvement based on non-conventional natural and technogenic raw materials // 2016. International Journal of Pharmacy and Technology 2016. 8(3), с. 18856-18867
14. Davidovitz J. Geopolymer. Chemistry and applications. Saint-Quentin: Institute Geopolymer. 2008/– 592 pp.
15. Geopolymer technology: The current state of the art// P.Duxson, A. Fernandez, J. Provis / J. Mater. Sci. 2007.–V. 42. P.2917-2933.
16. Муртазаев С.-А.Ю. Влияние активных центров поверхности на реакционную способность минеральных добавок / С.-А.Ю. Муртазаев, М.Ш. Саламанова, М.С. Сайдумов, З.Х. Исмаилова // Научный журнал «Современная наука и инновации» (Ставрополь – Пятигорск). – 2017. - №2 (18). -С.168-175.
17. С.-А.Ю. Муртазаев, М.Ш. Саламанова Перспективы использования термоактивированного сырья алюмосиликатной природы // Приволжский научный журнал. – 2018. – №2 (Т.46).– С. 65 –70.
18. Martschuk V. Untersuchungen zurn Frost-Tausalz-Widerstaud von Mochleistungsbetonen / V. Martschuk, T. Stark //Thesis: Wiss. Z.Bauhaus -Univ. Weirnar. 1998. V.44. No1-2. pp.92-103.
19. Larbi, J.A. Effect of water-cement ratio, quantity and fineness of sand on the evolution of lime in set portland cement systems / J.A. Larbi, J.M. Bijen //Cem. and Concr. Res. - 1990. Vol.20. No. 5. pp. 783-794.
20. Kozhuhova N.I., Zhernovskiy I.V., Osadchaya M.S.,Strokova V.V., Tchizhov R.V. Revisiting a selection of natural and technogenic raw materials for geopolymer binders // International Journal of Applied Engineering Research (IJAER). 2014. Vol. 9. Issue 22. pp. 16945–16955.

References:

1. Dietz A, Ramroth H, Urban T, Ahrens W, Becher H (2004) Exposure to cement dust, related occupational groups and laryngeal cancer risk: Results of a population based case-control study. Int J Cancer, 108.
2. Al-Neaimi YI, Gomes J, Lloyd OL (2001) Respiratory illnesses and ventilator function among workers at a cement Factory in a rapidly developing country. Occup Med (Lond), 51, 367-73.
3. Murtazayev S.-A.YU., Salamanova M.SH., Vatayev U.V. Tsementnaya promyshlennost' Chechenskoy respu-

bliki / Vestnik Akademii Nauk Chechenskoy respubliki № 1 (22) , Groznyy 2014, S. 109-114. [Murtazaev S.-A.Yu., Salamanova M.Sh., Vataev U.V. The cement industry of the Chechen Republic / Bulletin of the Academy of Sciences of the Chechen Republic No. 1 (22), Grozny 2014, pp 109-114. (In Russ)]

4. Nesvetaev G., Koryanova Y., Zhilnikova T. On effect of superplasticizers and mineral additives on shrink-age of hardened cement paste and concrete // In the collection: MATEC Web of Conferences 27. Ser. "27th R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27RSP), TFoCE 2018" 2018.P. 04018.

5. Stelmakh S.A., Nazhuev 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 & Sched-ule. Edited by Yun-Hae Kim, I.A. Parinov, S.-H. Chang. 2018.S. 337.

6. Shuisky A., Stelmakh S., Shcherban E., Torlina E. 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" 2017.P. 05011.

7. Soldatov A.A., Sariyev I.V., Zharov M.A., Abduraimova M.A. Stroitel'nyye materialy na osnove zhidkogo stekla // V sbornike: Aktual'nyye problemy stroitel'stva, transporta, mashinostroyeniya i tekhnosfernoy bezopasnosti Materialy IV-y yezhegodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta. N.I. Stoyanov (otvetstvennyy redaktor). 2016. – S. – 192-195. [Soldatov A.A., Sariev I.V., Zharov M.A., Abduraimova M.A. Building materials based on liquid glass // 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). 2016 . pp. 192-195. (In Russ)]

8. Murtazayev S-A.YU., Salamanova M.SH., Saydumov M.S., Alaskhanov A.KH. Issledovaniye svoystv beto-nov na besklinkernykh vyazhushchikh // Perspektivy razvitiya toplivno-energicheskogo kompleksa i so-vremennoye sostoyaniye neftegazovogo inzhenernogo obrazovaniya v Rossii, posvyashchennaya 105-letiyu M. D. Millionshchikova: materialy Vserossiyskoy nauchno – prakticheskoy konferentsii 11-12 iyunya 2018 g. – Groznyy: FGBOU VO «GGNTU», 2018. S.392 – 399. [Murtazaev S-A.YU., Salamanova M.Sh., Saidumov M.S., Alashkhanov A.Kh. Study of the properties of concrete on clinkerless binders // Prospects for the development of the fuel and energy complex and the current state of oil and gas engineering education in Russia, dedicated to the 105th anniversary of M.D. Millionshchikov: materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference June 11-12, 2018 Terrible: FSBEI HE "GSTU", 2018. pp.392 - 399. (In Russ)]

9. Salamanova M.Sh., Murtazayev S. Yu., Ismailova ZH The Use of Highly Active Additives for the Produc-tion of Clinkerless Binders // Proceedings of the International Symposium “Engineering and Earth Scienc-es: Applied and Fundamental Research” (ISEES 2018) ISSN Part of series: AER, ISSN: 2352-5401, volume: 177 ISBN 978-94-6252-637-2, pp. 355-358.

10. Salamanova M.Sh., Murtazayev S. Yu. Clinker-free binders based on finely dispersed mineral components // 20. Internationale Baustofftagung, Tagungsbericht. 12-14 september 2018, Bauhaus-Universitdt Weimar. Band 1 und 2. - Weimar: 2018. Issue. 2. pp.707-714.

11. Volodchenko, A.A., Lesovik, V.S., Zagorodnjuk, L.H., Volodchenko, A.N. Influence of the inorganic modifier structure on structural composite properties // International Journal of Applied Engineering Re-search. 2015. Volume 10. Issue 19. Pages 40617-40622.

12. Lesovik, V.S., Zagorodnyuk, L.K., Mestnikov, A.E., Kudinova, A.I., Sumskoi, D.A. Designing of mortar compositions on the basis of dry mixes // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Volume 10. Issue 5. Pages 12383-12390.

13. Volodchenko, A.A., Lesovik, V.S., Volodchenko, A.N., Zagorodnjuk, L.H., Pukharenko, Y.V. Composite performance improvement based on non-conventional natural and technogenic raw materials // 2016. International Journal of Pharmacy and Technology 2016.8 (3), p. 18856-18867

14. Davidovitz J. Geopolymer. Chemistry and applications. Saint-Quentin: Institute Geopolymer. 2008 / - 592 pp.

15. Geopolymer technology: The current state of the art // P. Duxson, A. Fernandez, J. Provis / J. Mater. Sci. 2007.–V. 42. P.2917-2933.

16. Murtazayev S.-A.YU. Vliyaniye aktivnykh tsentrov poverkhnosti na reaktsionnuyu sposobnost' mine-ral'nykh dobavok / S.-A.YU. Murtazayev, M.SH. Salamanova, M.S. Saydumov, Z.KH. Ismailova // Nauch-nyy zhurnal «Sovremennaya nauka i innovatsii» (Stavropol' – Pyatigorsk). – 2017. - №2 (18). -S.168-175. [Murtazaev S.-A. Yu. The effect of active surface centers on the reactivity of mineral additives / S.-A. Yu. Murtazaev, M.Sh. Salamanova, M.S. Saidumov, Z.Kh. Ismailova // Scientific journal "Modern Science and Innovation" (Stavropol - Pyatigorsk). 2017. No. 2 (18). pp.168-175. (In Russ)]

17. S.-A.YU. Murtazayev, M.SH. Salamanova Perspektivy ispol'zovaniya termoaktivirovannogo syr'ya alyumosilikatnoy prirody // Privolzhskiy nauchnyy zhurnal. – 2018. – №2 (T.46).– S. 65 –70. [S.-A.Y. Murtazaev, M.Sh. Salamanova Prospects for the use of thermally activated raw materials of aluminosilicate nature // Volga Scientific Journal. 2018. No. 2 (T.46) pp. 65 –70. (In Russ)]

18. Martschuk V. Untersuchungen zurn Frost-Tausalz-Widerstaud von Mochleistungsbetonen / V. Martschuk, T. Stark // Thesis: Wiss. Z.Bauhaus -Univ. Weirnar. 1998. V.44. No1-2. pp. 92-103.

19. Larbi, J.A. Effect of water-cement ratio, quantity and fineness of sand on the evolution of lime in set port-land cement systems / J.A. Larbi, J.M. Bijen // Cem. and concr. Res. - 1990. Vol.20. No. 5. pp. 783-794.

20. Kozhuhova N.I., Zhernovskiy I.V., Osadchaya M.S., Strokova V.V., Tchizhov R.V. Revisiting a selection of natural and technogenic raw materials for geopolym

Сведения об авторах:

Саламанова Мадина Шахидовна, кандидат технических наук, доцент, кафедра технологии строительного производства; e-mail: **madina_salamanova@mail.ru**

Муртазаев Сайд-Альви Юсупович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии строительного производства; e-mail: **s.murtazaev@mail.ru**

Исмаилова Зулихан Хасановна, кандидат технических наук, доцент, кафедра технологии строительного производства; e-mail: **z-h-ismailova @mail.ru**

Бисултанов Рамазан Гиханович, кандидат технических наук, доцент, кафедра строительных конструкций; e-mail: **ramazan_bisultanov@mail.ru**

Information about the authors:

Madina Sh. Salamanova, Cand. Sci. (Technical). Assoc. Prof., Department of Construction Technology; e-mail: **madina_salamanova@mail.ru**

Said-Alvi Yu. Murtazaev, Dr. Sci. (Technical). Prof. ,Head of the Department of Construction Technology; e-mail: **s.murtazaev@mail.ru**

Zulikhan H. Ismailova, Cand. Sci. (Technical). Assoc. Prof., Department of Construction Technology. e-mail: **ismailova-z-h@mail.ru**

Ramazan G. Bisultanov, Cand. Sci. (Technical). Assoc. Prof., Department of Building Structures; e-mail: e-mail: **ramazan_bisultanov@mail.ru**

Конфликт интересов
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest.
The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию 22.06.2019.
Принята в печать 21.09.2019.

Received 22.06.2019.
Accepted for publication 21.09.2019.