

DOI: 10.34031/2618-7183-2020-3-4-5-12

*Саламанова М.Ш. \*, кандидат технических наук, доцент,  
Грозненский государственный нефтяной технический  
университет им. академика М.Д. Миллионщикова, Россия,  
Нахаев М.Р., кандидат технических наук, доцент,  
Чеченский государственный университет, Россия,  
Сарсенбаев Б.К., доктор технических наук, профессор,  
Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова, Казахстан*  
\*Ответственный автор E-mail: madina\_salamanova@mail.ru

## РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНЫХ РЕЦЕПТУР ВЯЖУЩИХ КОМПОЗИЦИЙ С УЛУЧШЕННЫМИ СВОЙСТВАМИ

**Аннотация:** экологическая безопасность земной цивилизации страдает от накопления огромных объемов промышленных отходов, природно-сырьевой потенциал сокращается, поэтому особое внимание уделяется разработке менее затратных и мало энергоемких технологий получения новых строительных материалов, реализация которых не требует высокотемпературной и дорогой технологической обработки, и позволяет использовать вторичные и некондиционные сырьевые материалы.

В работе приводятся результаты разработки специальных рецептур вяжущих композиций щелочной активации на основе отходов цементного производства в виде аспирационной и клинкерной пылей электрофильтров вращающихся печей и отхода металлургической промышленности – добавки ферросилиция в виде активного кремнезема, что позволит получать новые строительные материалы с улучшенными свойствами. В работе исследуются свойства щелочного цементного теста и цементного камня, раскрываются вопросы, связанные с геологическими основами формирования структуры и прочности искусственного камня на основе щелочного активатора. Результаты исследований, на наш взгляд, безусловно представляют практическую значимость для строительной отрасли, так как предлагаемые рецептуры бесклинкерных цементов способны частично заменить дорогой и энергоемкий портландцемент, позволяя создавать прочные и долговечные бетонные и железобетонные конструкции.

**Ключевые слова:** бесклинкерные вяжущие, аспирационная пыль, клинкерная пыль, щелочной активатор, микрокремнезем, нормальная плотность, минеральный порошок

### Введение

Существенный вклад в производство и внедрение в промышленной апробацией получили строительные бесклинкерные композиты щелочной активации (БКЩА) с сравнительно высокими строительно-техническими и эксплуатационными характеристиками, приобретенный, как в нашей стране, так и в таких развитых странах, как Германия, Польша, Чехия, Япония, Франция, Китай, США и др. Проведенными исследованиями установлено [1, 2, 4, 6-9, 11, 12], что продукт бесклинкерной технологии – шлакощелочные композиты успешно могут быть использованы в гидротехническом строительстве, в условиях высоких температур для получения жаростойких бетонов, при проведении срочных ремонтных работ, из-за коротких сроков схватывания, при производстве массивных изделий и конструкций, для работы в условиях отрицательных температур и агрессивных сред. Перспективность и актуальность развития данного бесклинкерного направления щелочных цементов доказана современными мировыми тенденциями увеличения доли исследований в этой области [3, 5-13].

В Научно-исследовательском центре коллективного пользования (НИЦКП) «Нанотехнологии и наноматериалы» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Грозненского нефтяного технического университета имени академика М.Д. Миллионщикова проводятся разработки строительных композитов по бесклинкерной технологии. Для получения вяжущих композиций щелочной активации с улучшенными свойствами были разработаны специальные составы с использованием достаточно распространенного модификатора техногенной природы – микрокремнезема (МК), состоящего из ультрадисперсных частичек аморфизированного стекла с содержанием  $\text{SiO}_2 = 98\%$  и размером 0,1-0,2 мкм, что в 50-100 раз превышает размер частиц портландцемента. Высокая удельная поверхность повышает растворимость и реакционную активность этого порошка, 150-300 мг по поглощению CaO из раствора [14].

Достоинства микрокремнезема безграничны, МК реагирует с гидроксидом кальция с образованием дополнительной порции низкоосновных гидросиликатов кальция [15, 16], благодаря своей чистоте и дисперсности высокоактивные микросферы, покрывая частицы составляющих композитной смеси, создают

пластифицирующий и уплотняющий эффекты, заполняя межзерновой пространство прочными новообразованиями, тем самым растет адгезия с наполнителем.

Установлено, что микрокремнезем имеет способность оказывать влияние на щелочность жидкой фазы в поровом пространстве цементного геля, связывая катионы щелочных металлов, уровень pH в порах бетонного камня снижается с 14 до 12,5 с добавлением 15% МК, а при дозировке 25% происходит практически нейтрализация своей свободной извести [17].

Добавка микрокремнезема содействует приросту прочности и увеличению циклов попеременного замораживания и оттаивания, обеспечивая стабильность свойств бетона, и повышая эти показатели на 20-25% значения тяжелых без добавочных бетонов [18]. Важным свойством микрокремнезема следует считать способность связывать щелочные оксиды, свободно мигрирующие на поверхности композитов и в результате карбонизации, образуя соли. Так вот добавка МК способна предотвращать процессы карбонизации, щелочной коррозии и высолообразования.

Если сравнивать МК с добавками вулканического туфа, барханного песка, содержащими высокую долю кремнеземистого вещества, то надо отметить полную противоположность характера свойств, так исследуемые ранее добавки состоят из 100% кристаллической структуры, а микрокремнезем на 98% аморфная фаза, при этом если минеральные порошки мы готовили длительным измельчением в помольном агрегате, то МК является изначально высокодисперсным материалом с удельной поверхностью более 1600 м<sup>2</sup>/кг (рис. 1).

### Методы и материалы

Исследование свойств вяжущих композиций с использованием высокоактивной добавки микрокремнезема как компонента, выполняющего роль модификатора и пластификатора, регулирующего свойства вяжущей связки «аспирационная пыль – клинкерная пыль» щелочного затворения позволит оценить ее влияние и эффективность. Для разработки специальных составов вяжущих композиций были использованы следующие составляющие: аспирационная и клинкерная пыли электрофильтров вращающихся печей, микрокремнезем Челябинского металлургического комбината. Химический состав исследуемых компонентов, % масс.:

- микрокремнезем, %: SiO<sub>2</sub> = 94,4 – 96,2; (Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O) = 1,7 – 2,1; CaO = 0,62 – 1,2; ппп = 0,48 – 3,28.
- клинкерная пыль, %: MgO = 1,49; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 4,11; SiO<sub>2</sub> = 16,89; K<sub>2</sub>O = 1,57; CaO = 71,64; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 4,30.
- аспирационная пыль, %: MgO = 0,97; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 4,68; SiO<sub>2</sub> = 20,31; K<sub>2</sub>O = 6,43; CaO = 64,15; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 3,47.

Удельная поверхность микрокремнезема исследованная на приборе ПСХ-12 достигала среднего значения 1620 м<sup>2</sup>/кг. В качестве наполнителей для получения достаточно высокой прочности было решено использовать качественный материал, средний песок Вольского месторождения.

### Результаты и обсуждения

Проведенные ранее исследования установили короткие сроки схватывания вяжущих связок на основе аспирационной пыли с S<sub>уд</sub> = 210 м<sup>2</sup>/кг при затворении водным раствором натриевого жидкого стекла плотность 1420 кг/м<sup>3</sup> и силикатным модулем 2,4, принимались различные рецептурно- технологические мероприятия для замедления этого показателя, поэтому в первую очередь необходимо изучить влияние МК на свойства цементного теста (табл. 1).

Таблица 1

#### Свойства вяжущих систем на промышленных отходах

Table 1

#### Properties of binders on industrial waste

Содержание МК, %	Аспирационная + клинкерная пыли + Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>		
	Нормальная густота, %	Сроки схватывания, час – минута	
		начало	конец
0	60,3	00 – 32	00 – 51
5	56,7	00 – 28	00 – 47
8	55,4	00 – 28	00 – 45
10	54,1	00 – 25	00 – 42
15	53,2	00 – 22	00 – 38

Как показали результаты исследования, микрокремнезем оказался эффективным по отношению к нормальной густоте щелочного теста, потребность в жидком натриевом стекле уменьшилась на 10,2-11,7% при введении добавки в пределах 5-15%, расход щелочного затворителя изменялся в пределах 80-100 л/м<sup>3</sup>. Микрокремнезем материал высокодисперсный и частички его имеют округлую форму микросфер (рис. 1), рельеф поверхности гладкий.

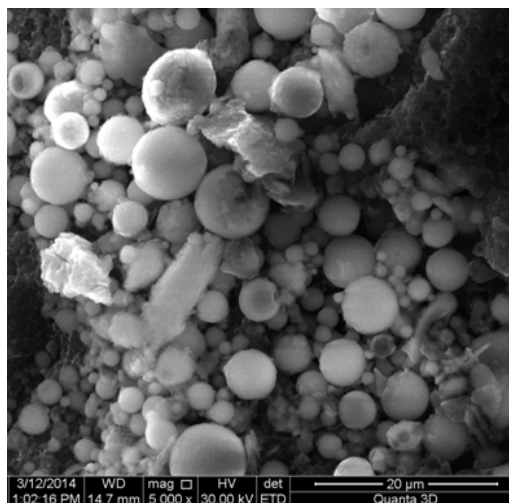


Рис. 1. Микрофотография частичек микрокремнезема  
Fig. 1. Micrograph of microsilica particles

Гладкие частицы микросфер уменьшают силы трения в твердой фазе, и не создают на поверхности зацеплений. Благодаря своей ультрадисперсности микросферы осаждаются на зернах реакционного компонента и выполняют роль в своем роде «смазки» в процессе физико-механического взаимодействия твердых частичек между собой, в результате происходит пластифицирование цементного щелочного теста, снижающее нормальную густоту.

Но введение высокодисперсной добавки придает цементному тесту большую связность, за счет чего сроки схватывания сокращаются на 7-14 минут начало и 9-14 минут конец схватывания. Получается все исследуемые добавки: аспирационная пыль, клинкерная пыль, микрокремнезем являются продуктами высокотемпературной обработки, собранными в пылеочистных системах и обладают химической активностью, поэтому и происходит ускоренное формирование первичной структуры цементного камня.

Далее исследовалось влияние содержания добавки МК на прочность цементного камня 28 суточного возраста в зависимости от условий выдерживания, часть образцов после предварительного выдерживания в течение 10 часов подвергалась тепловлажностной обработке по режиму 3+4+2 при температуре изотермической выдержки 80°C, часть твердела в нормально-влажностных условиях, на рис. 2 приведены результаты испытаний.

Введение добавки микрокремнезема по-разному отразилось на свойствах цементного камня на основе вяжущей связки из двух компонентов «аспираторная – клинкерная пыли», тепловлажностная обработка благоприятна для набора прочности, при содержании добавки МК 5% прочность увеличилась на 25,4% и составила 65,7 МПа; твердение в нормально-влажностных условиях немного по другому действует на прочность цементного камня, введение МК в дозировке 7% способствовало достижению максимальной прочности 62,2 МПа, что на 33,1% повысило прочность в сравнении с контрольным образцом. Добавка микрокремнезема обладает упрочняющим действием, при дозировке 5% в условия ТВО, и 7% при твердении в НВУ; после предварительной выдержки температура считается катализатором набора прочности.

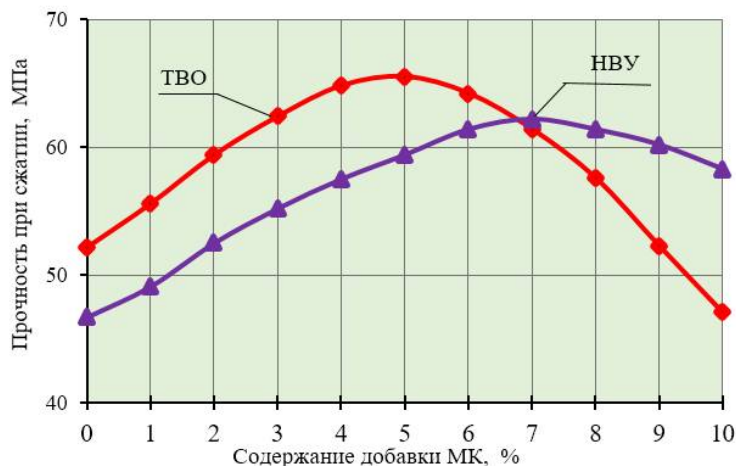
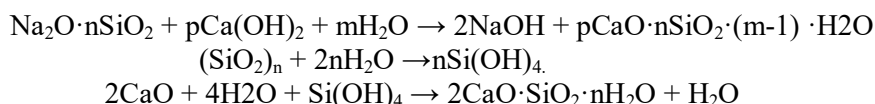


Рис. 2. Зависимость влияния содержания микрокремнезема на прочность цементного камня после ТВО и НВУ

Fig. 2. Dependence of the influence of the microsilica content on the strength of the cement stone after heat and moisture treatment (HMT) and normal humidity conditions (NHC)

Полученные результаты показали, что добавка МК – это активная минеральная добавка, обладающая пластифицирующим эффектом; высокая удельная поверхность частиц ферросилиция заполняет межзерновое пространство цементного камня, уплотняя его; связывает оксиды кальция и натрия с образованием трудно растворимых соединений типа гидросиликатов кальция и натрия; повышает растворимость аспирационной и клинкерной пылей.

Реакционная способность аспирационной пыли определяется как было установлено не только наличием стеклофазы и значением pH щелочной среды, но и присутствием активных минеральных добавок, вступающих во взаимодействие с продуктами растворения аспирационных минералов с образованием в результате кристаллического сростка цементного камня. Добавка микрокремнезема и относится к такому типу веществ, которая оказывает сильное воздействие на деструкцию алюмокремнекислородных цепочек и связывает их в результате  $2\text{Na}^+ \leftrightarrow \text{Ca}^{2+}$  катионного обмена, оказывая стимулирующее действие. Также аморфная модификация кремнезема способна диспергироваться в растворе NaOH с образованием  $\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$  силикатов натрия и сложных труднорастворимых соединений типа низкоосновных силикатов кальция:



Следовательно, повышение прочности в первые сроки твердения обусловлено именно физическим взаимодействием высокодисперсных частичек и их поверхностной энергии. На рисунке 3 приводятся результаты исследования влияния добавки микрокремнезема на свойства модифицированного цементного камня: водонасыщение и плотность.

Введение добавки МК в дозировке 5% снижает потребность в щелочном растворе, тем самым повышается плотность цементного камня после ТВО с 1,8 до 2,0 г/см<sup>3</sup>, водонасыщение уменьшается с 6,0 до 3,5%.

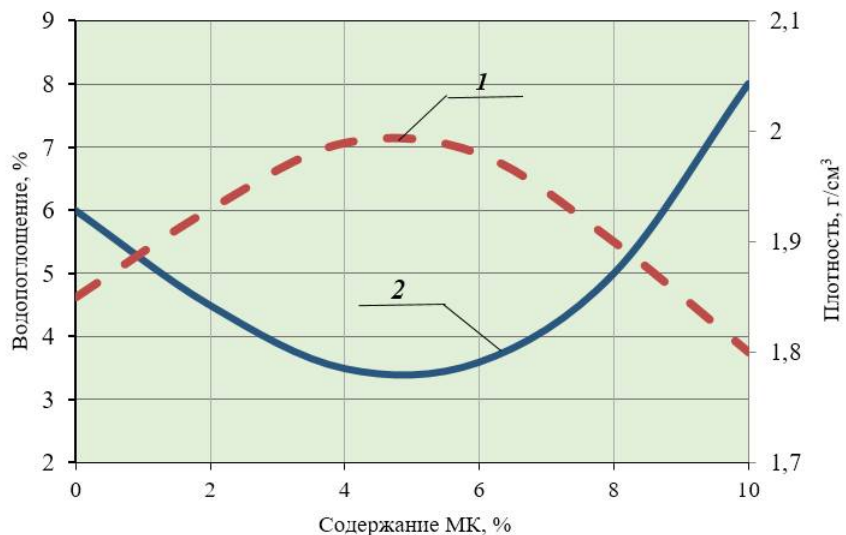


Рис. 3. Зависимости влияния МК на плотность (1) и водопоглощение (2) цементного камня после ТВО  
Fig. 3. Dependences of the effect of microsilica on the density (1) and water absorption (2) of cement stone after HMT

Полученные результаты показали, что именно добавка высокоактивного микрокремнезема способствует упрочнению жесткости цементного камня за счет образования дополнительного количества войлочных гидросиликатов и гидроалюмосиликатов кальция и натрия, электронно-зондовые анализы этому подтверждение (рис. 4, табл. 2).

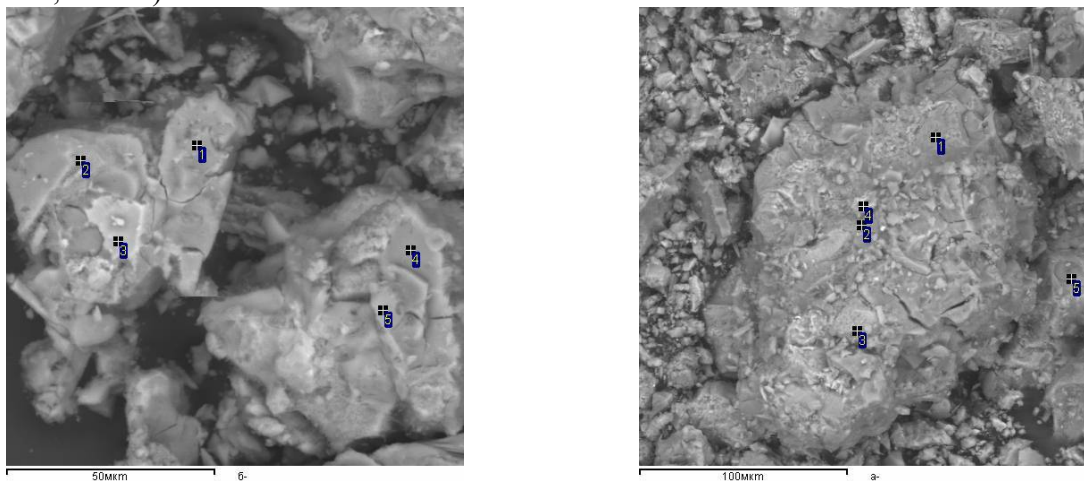


Рис. 4. Типичные агрегаты кристаллов кальциевых силикатов  
Fig. 4. Typical aggregates of calcium silicate crystals

**Результаты анализа агрегата кристаллов кальциевых силикатов  
(участки анализа указаны на рис. 4)**

Таблица 2

**Results of the analysis of the aggregate of crystals of calcium silicates  
(areas of analysis are shown in Fig. 4)**

Table 2

спектр	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	FeO	Итого
1	-	-	2.68	9.44	-	64.90	8.95	85.97
2	-	-	1.80	11.55	-	55.02	16.67	85.03
3	0.58	1.16	3.72	25.47	-	60.09	2.99	94.01
4	0.52	0.54	3.08	22.03	0.48	56.82	6.16	89.64
5	-	1.82	2.43	31.94	-	53.31	1.77	91.27

### Выводы

Таким образом, разработанные специальные рецептуры бесклинкерного вяжущего щелочной активации с использованием вяжущей связки «аспирационная – клинкерная пыли», затворенной щелочным раствором жидкого натриевого стекла, расходом 80-100 л/м<sup>3</sup> и введением пластифицирующей активной добавки микрокремнезема в дозировке 5-7% и в зависимости от условий твердения позволят получать показатели прочности в диапазоне 62,2-65,5 МПа. Доказана высокая эффективность добавки активного кремнезема (5-7%), являющейся пластификатором и участником процессов структурообразования, способствующей формированию дополнительного количества войлочных гидросиликатов и гидроалюмосиликатов кальция и натрия, именно добавка активного кремнезема создает благоприятные условия для получения прочного и долговечного искусственного камня.

### Благодарность

Результаты, представленные в настоящей статье, получены в рамках исследований по реализации научного проекта №05. 607.21.0320. "Разработка технологии новых строительных композитов на бесклинкерных вяжущих щелочной активации с использованием некондиционного природного и вторичного сырья" получившего поддержку Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы». Уникальный идентификатор соглашения RFMTFI60719X0320.

### Литература

1. Murtazayev S-A.Yu., Salamanova M.Sh., Alashanov A.Kh., Ismailova Z.KH. Features of Production of Fine Concretes Based on Clinkerless Binders of Alkaline Mixing // 14th International Congress for Applied Mineralogy (ICAM 2019) Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 23-27 September. Belgorod 2019. P. 385 – 388.
2. Hardjito D., Wallah S., Sumajouw D., Rangan B. On the development of fly ash-based geopolymer concrete // ACJ Materials Journal. 2004. Vol. 101. № 6. P. 467 – 472.
3. Ростовская Г.С., Чернобаев И.П. Сырьевая база шлакощелочных цементов // Цемент. 1985. № 11. С. 20.
4. Кривенко П.В. Эксплуатационные свойства бетона на шлакощелочном цементе // Строительные материалы и конструкции. Киев, 1980. № 4. С. 23.
5. Рахимова Н.Р. Состояние и перспективные направления развития исследований и производства композиционных шлакощелочных вяжущих, растворов и бетонов // Строительные материалы. 2008. № 9. С. 77 – 80.
6. Garcia-Luna A., Minard H., Prieto-Gomez C., Soare C., Viviani M. Microsilextm a new material to improve environmental performance of cement and concrete // Proceed. 3rd International Symposium "Non-traditional cement&concrete" (Bmo). P. 237 – 244.
7. Murtazayev S-A.Yu., Salamanova M.Sh., Mintshev M.Sh., 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. P. 500 – 503.
8. Bataev D.K-S., S-A.Yu. Murtazayev, Salamanova M.Sh., 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. P. 457 – 460.
9. Mag M. Efficiency Fuetors for Condensed Silica Fume in Concrete Proceedings of Canwet // ACJ Third International Conference. Fly ash, silica fume, slage and Natural Pozzolans in concrete (Trondheim). 1989. № 2. P. 783 – 798.
10. Davidovit J. Geopolymer. Chemistry and applications // Saint-Quentin: Institute Geopolymer. 2008. 592 p.
11. Davidovits J. Geopolymer Chemistiy and Properties // Proceed. 1st Europ. conf. on Soft Mineralurgy "Geopolymer 88". France 1988. P. 25 – 48.
12. 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.
13. Рахимова Н.Р., Рахимов Р.З. Влияние дисперсности и гранулометрического состава молотых шлаков на свойства шлакощелочных вяжущих // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века.

2008. вып. 11. С. 16 – 18.

14. 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.

15. Nesvetaev G., Koryanova Y., Zhilnikova T On effect of superplasticizers and mineral additives on shrinkage of hardened cement paste and concrete // MATEC Web of Conferences 27. Сер.: "27th R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27RSP), TFOCE 2018" 2018. P. 04018.

16. Stelmakh S.A., Nazhnev 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. P. 337.

17. 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. P. 05011.

18. Солдатов А.А., Сариев И.В., Жаров М.А., Абдураимова М.А. Строительные материалы на основе жидкого стекла // Актуальные проблемы строительства, транспорта, машиностроения и техносферной безопасности: Материалы IV-й ежегодной научно-практической конференции Северо-Кавказского федерального университета. Н.И. Стоянова. 2016. С. 192 – 195.

### References

1. Murtazayev S-A.Yu., Salamanova M.Sh., Alashanov A.Kh., Ismailova Z.KH. Features of Production of Fine Concretes Based on Clinkerless Binders of Alkaline Mixing. 14th International Congress for Applied Mineralogy (ICAM 2019) Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 23-27 September. Belgorod 2019. P. 385 – 388.

2. Hardjito D., Wallah S., Sumajouw D., Rangan B. On the development of fly ash-based geopolymer concrete. ACJ Materials Journal. 2004. 101 (6). P. 467 – 472.

3. Rostovskaya G.S., Chernobaev I.P. Syr'evaya baza shlakoshchelochnyh cementov. Cement. 1985. 1. P. 20. (rus.)

4. Krivenko P.V. Ekspluatatsionnye svoystva betona na shlakoshchelochnom cemente. Stroitel'nye materialy i konstrukcii. Kiev, 1980. 4. P. 23. (rus.)

5. Rahimova N.R. Sostoyanie i perspektivnye napravleniya razvitiya issledovaniy i proizvodstva kompozitsionnyh shlakoshchelochnyh vyazhushchih, rastvorov i betonov. Stroitel'nye materialy. 2008. 9. P. 77 – 80. (rus.)

6. Garcia-Luna A., Minard H., Prieto-Gomez C., Soare C., Viviani M. Microsilextm a new material to improve environmental performance of cement and concrete. Proceed. 3rd International Symposium "Non-traditional cement&concrete" (Bmo). P. 237 – 244.

7. Murtazayev S-A.Yu., Salamanova M.Sh., MintsaeV M.Sh., 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. Ibra-gimov (ISEES 2019). Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST). April 2019. 1. P. 500 – 503.

8. Bataev D.K-S., S-A.Yu. Murtazayev, Salamanova M.Sh., 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. 1. P. 457 – 460.

9. Mag M. Efficiency Fuetors for Condensed Silica Fume in Concrete Proceedings of Canwet. ACJ Third International Conference. Fly ash, silica fume, slage and Natural Pozzolans in concrete (Trondheim). 1989. 2. P. 783 – 798.

10. Davidovit J. Geopolymer. Chemistry and applications. Saint-Quentin: Institute Geopolymer. 2008. 592 p.

11. Davidovits J. Geopolymer Chemistiy and Properties. Proceed. 1st Europ. sonf. on Soft Mineralurgy "Geopolymer 88". France 1988. P. 25 – 48.

12. 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. 38 (1). P. 67 – 71.

13. Rahimova N.R., Rahimov R.Z. Vliyanie dispersnosti i granulometricheskogo sostava molotyh shlakov na svoystva shlakoshchelochnyh vyazhushchih. Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka. 2008. 11. S. 16 – 18. (rus.)

14. Udodov S.A., Chernyh V.F., Chernyj D.V. Primenenie poristogo zapolnitelya v otdelochnyh so-stavah dlya yacheistogo betona. Suhie stroitel'nye smesi. 2008. 3. P. 70. (rus.)

15. Nesvetaev G., Koryanova Y., Zhilnikova T 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" 2018. P. 04018.

16. Stelmakh S.A., Nazhnev 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. P. 337.

17. 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.

18. Soldatov A.A., Sariev I.V., ZHarov M.A., Abduraimova M.A. Stroitel'nye materialy na osnove zhidkogo stekla. Aktual'nye problemy stroitel'stva, transporta, mashinostroeniya i tekhnosfernoj bezopasnosti: Materialy IV-j ezhegodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta. N.I. Stoyanova. 2016. P. 192 – 195. (rus.)

*Salamanova M.Sh.,\* Candidate of Engineering Sciences, (Ph.D.), Associate Professor,  
Grozny State Oil Technical University named after acad. M.D. Millionshchikov, Russia,*

*Nakhaev M.R., Candidate of Engineering Sciences, (Ph.D.), Associate Professor,  
Chechen State University, Russia,*

*Sarsenbaev B.K., Doctor of Engineering Sciences (Advanced Doctor), Professor,  
M. Auezov South Kazakhstan University, Kazakhstan*

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

## DEVELOPMENT OF SPECIAL RECIPES OF BINDING COMPOSITIONS WITH IMPROVED PROPERTIES

**Abstract:** the ecological safety of earthly civilization suffers from the accumulation of huge volumes of industrial waste, the natural resource potential is decreasing, therefore, special attention is paid to the development of less costly and low energy-intensive technologies for obtaining new building materials, the implementation of which does not require high-temperature and expensive technological processing, and will allow the use of secondary and substandard raw materials.

The work presents the results of the development of special formulations of binder compositions of alkaline activation based on cement production wastes in the form of aspiration and clinker dust from electrostatic precipitators of rotary kilns and waste from the metallurgical industry - ferrosilicon additives in the form of active silica, which will allow obtaining new building materials with improved properties.

The paper investigates the properties of an alkaline cement paste and cement stone, reveals issues related to the theoretical foundations of the formation of the structure and strength of an artificial stone based on an alkaline activator. The research results, in our opinion, are certainly of practical importance for the construction industry, as the proposed formulations of clinker-free cements can partially replace expensive and energy-intensive Portland cement, making it possible to create strong and durable concrete and reinforced concrete structures.

**Keywords:** clinker-free binders, aspiration dust, clinker dust, alkaline activator, microsilica, normal density, mineral powder

**Для цитирования:** Саламанова М.Ш., Нахаев М.Р., Сарсенбаев Б.К. Разработка специальных рецептов вяжущих композиций с улучшенными свойствами // Строительные материалы и изделия. 2020. Том 3. № 4. С. 5 – 12. DOI: 10.34031/2618-7183-2020-3-4-5-12

**For citation:** Salamanova M.Sh., Nakhaev M.R., Sarsenbaev B.K. Development of special recipes of binding compositions with improved properties. Construction Materials and Products. 2020. 3 (4). P. 5-12. DOI:10.34031/2618-7183-2020-3-4-5-12

Поступила в редакцию 15 мая 2020 г.

Принята в доработанном виде 11 июня 2020 г.

Одобрена для публикации 23 июля 2020 г.

Received: May 15, 2020.

Revised: June 11, 2020.

Accepted: July 23, 2020.