

**Для цитирования:** М.Ш. Саламанова, С.-А.Ю. Муртазаев, Д.К.-С. Батаев, А.Х. Аласханов. Теоретические основы совместимости многокомпонентных наполненных вяжущих систем. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2020;47(1):165-173. DOI:10.21822/2073-6185-2020-47-1-165-173  
**For citation:** M.Sh. Salamanova, S.-A.Yu. Murtazaev, D.K.-S. Bataev, A.Kh. Alaskhanov. Theoretical basis of compatibility of completely-filled multicomponent binding systems. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2020; 47(1):165-173. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2020-47-1-165-173

## СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 691.335/ 691.542

DOI: 10.21822/2073-6185-2020-47-1-165-173

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОВМЕСТИМОСТИ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ НАПОЛНЕННЫХ ВЯЖУЩИХ СИСТЕМ

М.Ш. Саламанова<sup>1,2</sup>, С.-А.Ю. Муртазаев<sup>1,2</sup>, Д.К.-С. Батаев<sup>2</sup>, Аласханов А.Х.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Грозненский государственный нефтяной технический университет  
имени академика М.Д. Миллионщикова,

<sup>1</sup>364051, г. Грозный, пр.им. Х.А. Исаева, 100, Россия,

<sup>2</sup>Комплексный научно-исследовательский институт имени Х.И. Ибрагимова  
Российской академии наук,

<sup>2</sup>364021, г. Грозный, Старопромысловское шоссе, 21а, Россия

**Резюме. Цель.** Развитие современного бетоноведения направлено на разработку многокомпонентных систем с использованием минеральных порошков-наполнителей в тонкодисперсном состоянии для создания прочных и долговечных строительных композитов. Одним из самых важных факторов, влияющих на свойства многокомпонентных систем, является совместимость ее компонентов. Разработка современных эффективных композитов на основе бесклинкерных вяжущих щелочной активации безусловно является актуальной проблемой. **Методы.** В основу исследований совместимости многокомпонентных вяжущих систем положен современный технологический прием, способствующий получению прочного и долговечного цементного камня, без применения традиционного портландцемента. **Результаты.** Электронно-зондовые исследования и рентгенофазовый качественный анализ цементного камня бесклинкерного вяжущего щелочной активации показал, что в исследуемой многокомпонентной наполненной системе присутствует гидроалюмосиликатная цеолитовая фаза переменного состава, установлено присутствие кальцита, кварца, близкого к альбиту полевого шпата, слюд, цеолитов; в составе заполнителя присутствует калиевый полевой шпат. **Вывод.** Результаты проведенных исследований подтверждают совместимость всех компонентов многокомпонентной системы «минеральный порошок – щелочной затворитель – ПАВ», а предлагаемый технологический прием позволит получать прочные и долговечные строительные композиты по бесклинкерной технологии, без применения дорого и энергоемкого портландцемента.

\*Работа выполнена 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.

**Ключевые слова:** многокомпонентные системы, портландцемент, щелочной раствор, затворитель, кремний, органическая жидкость, совместимость, окремненный мергель, метасиликат натрия

BUILDING AND ARCHITECTURE

THEORETICAL BASIS OF COMPATIBILITY OF COMPLETELY-FILLED  
MULTICOMPONENT BINDING SYSTEMS

*M.Sh. Salamanova*<sup>1,2</sup>, *S.-A.Yu. Murtazaev*<sup>1,2</sup>, *D.K.-S. Bataev*<sup>2</sup>, *A.Kh. Alaskhanov*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*M.D. Millionshchikov Grozny State Oil Technical University,*

<sup>1</sup>*100 H.A. Isaeva Ave., Grozny 364051, Russia,*

<sup>2</sup>*Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences (CI RAS),*

<sup>2</sup>*21a Staropromyslovskoe highway, Grozny 364021, Russia*

**Abstract. Aim.** An important direction in contemporary concrete science is aimed at the development of multicomponent systems using mineral powder fillers in a finely dispersed state to create strong and durable building composites. One of the most significant factors affecting the properties of multicomponent systems is the compatibility of its components. Efforts on the part of leading scientific institutes are aimed at replacing expensive and energy-intensive Portland cement with composite concrete products produced using mixed binders. In this context, the development of modern effective composites based on clinkerless alkaline binders becomes an urgent problem. **Methods.** Studies into the compatibility of multicomponent cementing systems are based on a contemporary technological approach that contributes to the production of strong and durable cement stone, without the use of traditional Portland cement. **Results.** Electron probe studies and X-ray phase analysis of concrete produced using a clinker-free alkaline activation binder showed that the studied multicomponent system contains a hydro-aluminosilicate zeolite phase of variable composition, as well as indicating the presence of calcite, quartz, albite feldspar, mica, zeolites and potassium feldspar. **Conclusion.** The results of the studies confirm the compatibility of all components of the multicomponent system comprised of mineral powder, alkaline coater and surfactant. The proposed technological method can be used to produce strong and durable building composites with clinker-free technology avoiding the use of expensive and energy-intensive Portland cement.

**Acknowledgments.** The work was performed as part of research on the implementation of scientific project No. 05.607.21.0320. "Development of technology for new building composites on clinker-free alkaline binders using substandard natural and secondary raw materials" which received support from the federal target program "Research and Development in Priority Directions for the Development of the Russian Science and Technology Complex for 2014-2020." Unique identifier for the agreement RFMT-FI60719X0320.

**Keywords:** multicomponent systems, Portland cement, alkaline solution, hardener, silicon, organic liquid, compatibility, silicified marl, sodium metasilicate

**Введение.** Эволюция появления и развития, такого сложного и одновременно простого, искусственного камня, как бетон, является примером поиска совместимых материалов, имеющих максимальный эффект от такого сочетания в системе и технологии. Разработка новых научных и методологических подходов в такой многофункциональной синтезированной системе «состав – процесс – структура – свойство» позволит на выходе получить недостижимые ранее показатели строительных композитов. И, безусловно, одним из самых важных факторов, влияющих на свойства многокомпонентных систем, является совместимость их компонентов.

Известны достаточно успешные технологические решения задач обеспечения совместимости или снижения несовместимости компонентов бетона: цементы, эффективные в условиях термообработки; компоненты пуццоланового действия для нейтрализации реакции заполнитель–щелочь; специальные добавки, предотвращающие усадку, коррозию арматуры, высолообразование и др. [1,3,5,7].

**Постановка задачи.** В настоящее время тенденция развития бетоноведения направлена на разработку мультикомпонентных систем с использованием бинарных порошков-

наполнителей в тонкодисперсном состоянии, двух- или трехфракционированных крупных и мелких заполнителей. Использование бетонов на чистом портландцементе утрачивает значимость, мы стремимся получать композиты на смешанных вяжущих с использованием минеральных добавок различного происхождения и высокоэффективных ПАВ [2,4,6,8].

Многокомпонентность системы – это способность комплексного применения гетерогенных дисперсных систем, с целью их единого взаимодействия, с учетом таких факторов, как строение, морфология, состав, свойства, условия твердения, образования структуры и формирования свойств. Следовательно, каждый компонент системы должен быть полифункциональным. А такой аспект, как функция, предусматривает исходное назначение компонентов с учетом дальнейших изменений, происходящих в результате взаимодействия.

Совместимость многокомпонентной системы «портландцемент – химическая добавка» считается наиболее часто встречающейся в настоящее время, так как современное бетоноведение осваивает новейшие суперпластификаторы на основе эфиров поликарбоксилатов и акрилатов. Многочисленные работы в этой области [8,9,11-15] установили факт, что совместимость нужно рассматривать, исследуя реологию смесей с добавками, по показателю сохраняемости достаточно подвижных смесей. Если жизнеспособность бетонной смеси не изменяется через 2-3 часа добавку можно считать совместимой.

Также изучено влияние минералогического и химического составов портландцементного клинкера, удельной поверхности, негативных окислов и др. факторов на реологическую совместимость, которая основывается на электростатическом и/или стерическом механизмах взаимного отталкивания частиц портландцемента, из-за адсорбированных на их поверхности молекулах ПАВ [16-20].

Вопросы совместимости компонентов многокомпонентных систем зачастую являются противоречивыми, и могут проявляться неуправляемые эффекты, такого плана, как замедленное нарастание прочностных показателей в начальные сроки схватывания, высокое воздуховлечение и прочее. Многокомпонентные системы «портландцемент – ПАВ» носят весьма сложный характер [21-25], и совместимость можно охарактеризовать, как способность частиц ПАВ при взаимодействии с компонентами цементной системы определять заданные технологические свойства формовочных смесей и бетонов в течение определенного времени. Исследуя совместимость «портландцемент – ПАВ» с термокинетической точки зрения [8,17,18] акцент уделяется содержанию в составе клинкера алюминатов кальция, так как именно оно влияет на степень функционирования ПАВ в системе. Также отмечается влияние сульфатов в комплексе с алюминатами на совместимость с добавками.

В США действует нормативный документ C1679–08 на определение кинетики процессов гидратации гидравлических вяжущих систем [10] на оценку совместимости минеральных и химических компонентов с цементами. В дальнейшем будем надеяться, что вопросы исследования совместимости многокомпонентных систем найдут развитие этого направления, тем самым повысится технологическая эффективность.

**Методы исследования.** Рассмотренные выше подходы трактовали вопросы совместимости многокомпонентных систем «портландцемент – ПАВ», но еще одной достаточно важной и малоизученной является система «минеральный порошок – щелочной раствор – ПАВ». Для изучения вопросов совместимости наполненных многокомпонентных систем были разработаны рецептуры бесклинкерных вяжущих щелочной активации. В качестве минерального порошка использовали окремненный мергель Веденского месторождения Чеченской Республики. Окремненный мергель, или опока, состоит из опала с примесями глинистых минералов, минеральных зерен и скелетов микроорганизмов, химический состав в %:  $\text{CO}_2 = 31,49$ ;  $\text{MgO} = 0,41$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 2,20$ ;  $\text{SiO}_2 = 28,53$ ;  $\text{K}_2\text{O} = 0,58$ ;  $\text{CaO} = 35,92$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,86$ .

Окремненный мергель характеризуется сбалансированным составом. Одновременное присутствие кальцита и кремнезема благоприятно скажется на свойствах многокомпонентной системы, но термическая обработка при температуре  $700^\circ\text{C}$  способствует получению фаз пере-

менного состава, схожих с природным минералом ларнитом  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ , что увеличит пуццолановую активность данной минеральной добавки, при взаимодействии с щелочным раствором и водой.

Изучение частиц термоактивированного при температуре  $700^\circ\text{C}$  кремненного мергеля методом электронно-зондовой микроскопии (рис. 1), показало, что структура частиц пластинчатая (размер частиц менее 1-5 мкм), что на много меньше частичек портландцемента.

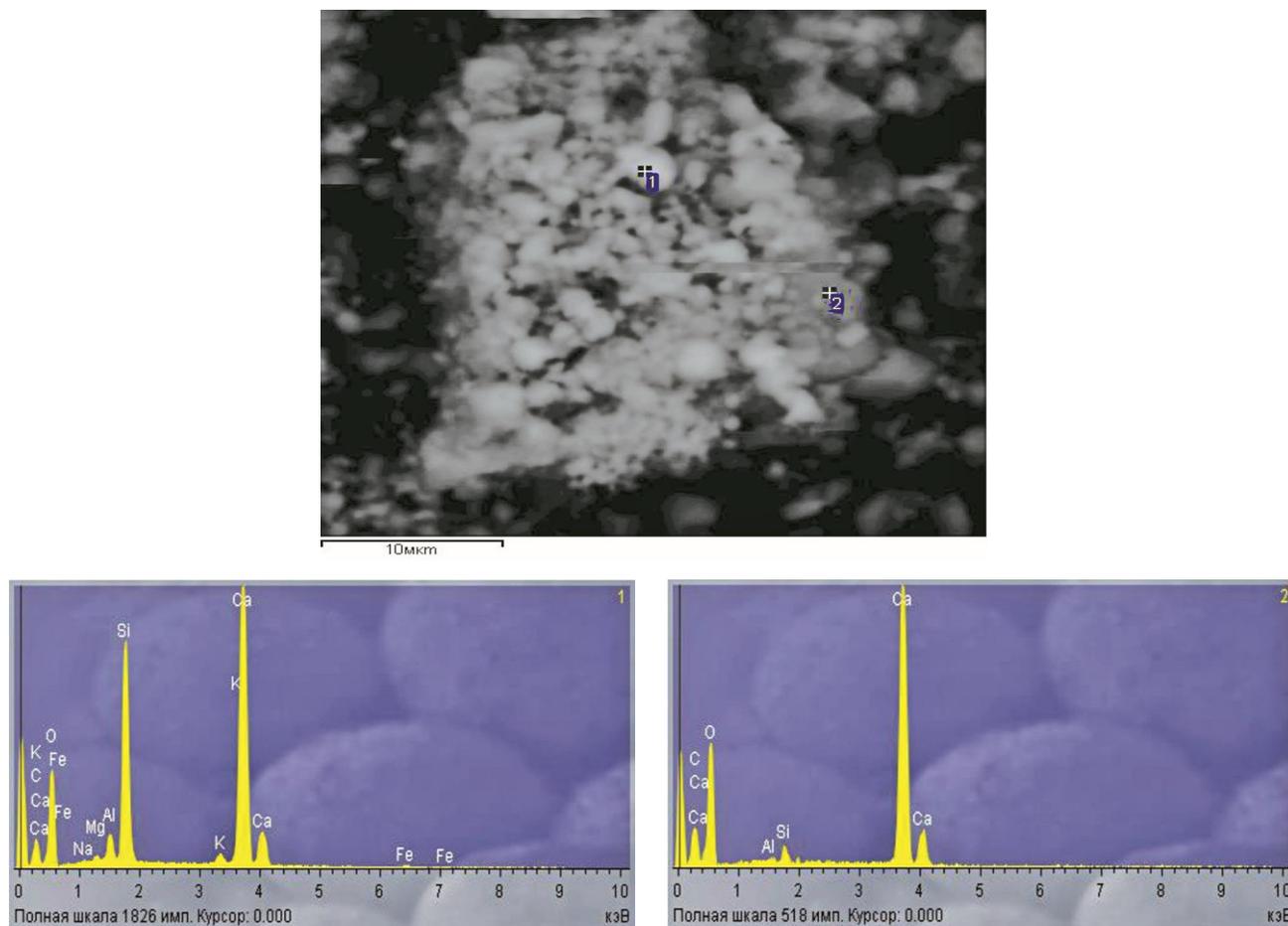


Рис. 1. Микрофотография и энергодисперсионный микроанализ кремненного мергеля  $700^\circ\text{C}$   
Fig. 1. Microphotography and energy dispersive microanalysis of silicified marl  $700^\circ\text{C}$

Для приготовления многокомпонентной системы «термоактивированный мергель  $700^\circ\text{C}$  – ГКЖ-11 – щелочной активатор», были использованы тонкодисперсный порошок термоактивированного мергеля при  $700^\circ\text{C}$ , активированный метасиликатом натрия, также была использована кремнийорганическая жидкость – метилсиликонат натрия (ГКЖ-11) для улучшения свойств вяжущей композиции.

Исследуемый образец цементного камня бесклнкерного вяжущего щелочной активации (БВЩА) характеризуется однородной тонкокристаллической равномерно-кристаллической структурой (рис. 2 в). Присутствуют округлые замкнутые поры диаметром до 0.5-0.6 мм (рис. 2 а, б). Срастание частиц заполнителя с цементной массой тесное или с развитием микротрещин по границам частиц.

**Обсуждение результатов.** По результатам рентгенофазового анализа в цементном камне БВЩА с использованием термоактивированного мергеля при  $700^\circ\text{C}$  и метилсиликоната натрия, установлено присутствие кварца, близкого к альбиту полевого шпата, слюд, кальцита, цеолитов (рис. 3); в составе заполнителя присутствует также калиевый полевой шпат. Слюды соответствуют мусковиту.

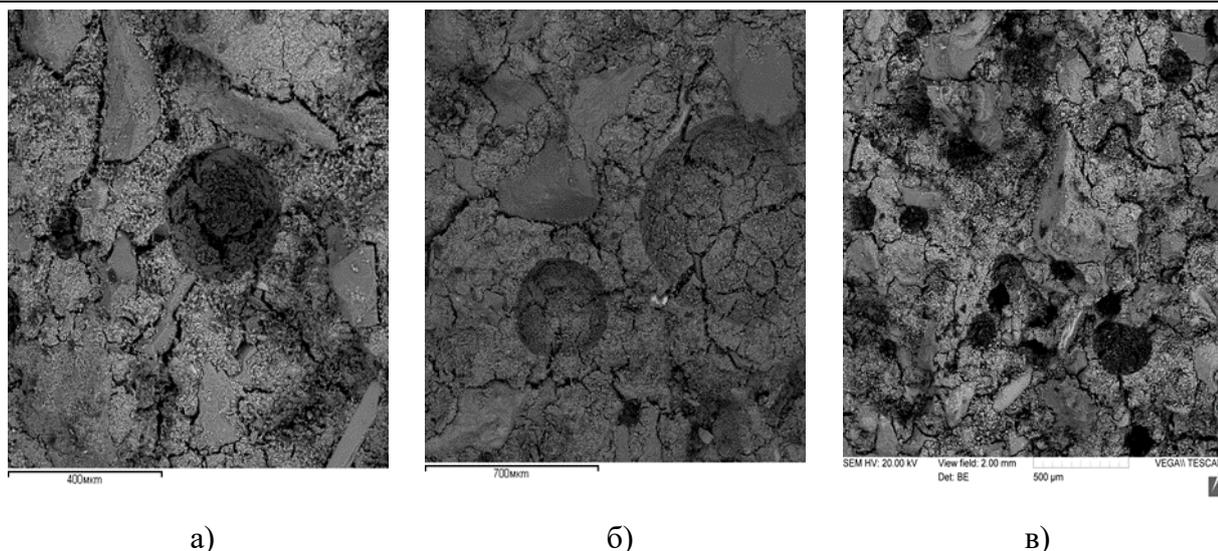


Рис. 2. Микростроение композиции на основе термоактивированного мергеля  
 Fig. 2. The microstructure of the composition based on thermally activated marl

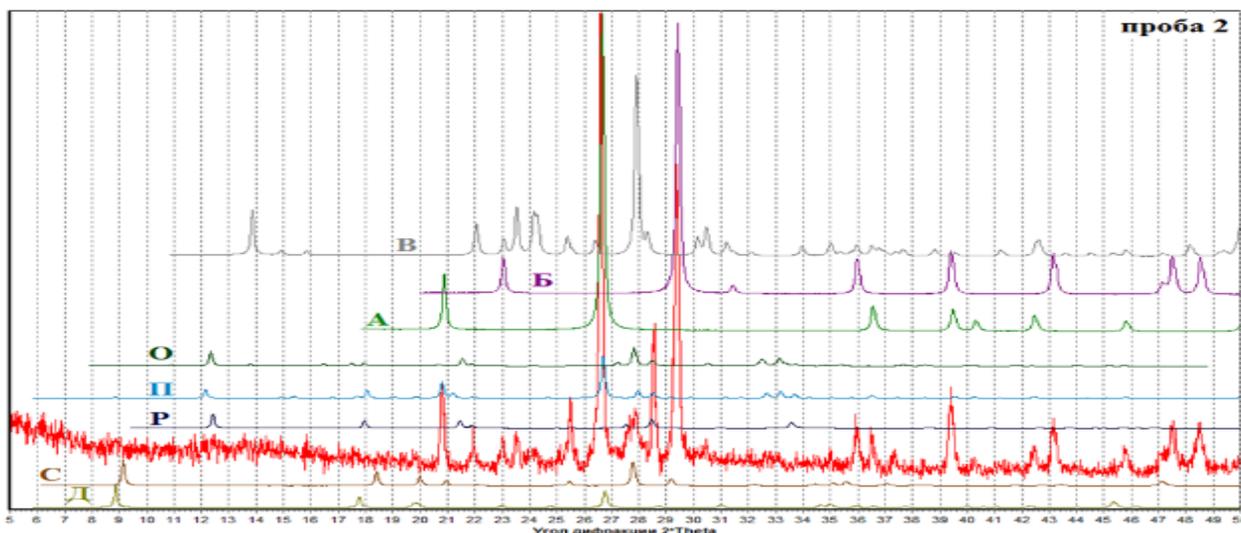


Рис. 3. Дифрактограмма образца цементного камня БВЩА с использованием термоактивированного мергеля при 700 °С и ГКЖ-11 в сопоставлении с данными базы PDF-2. Приведенные фазы сравнения: А – кварц, Б – кальцит, В – альбит, Д – мусковит, О – филлипсит, П – жисмондит, Р – гарронит, С - парагонит.

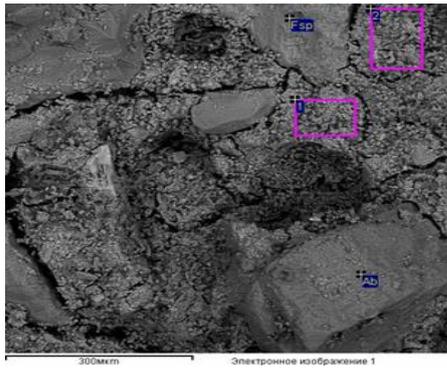
Fig. 3. Diffraction pattern of a BVShA cement stone sample using thermally activated marl at 700 °C and GKZh-11 in comparison with the data from the PDF-2 database. The comparison phases are as follows: A - quartz, B - calcite, B - albite, D - muscovite, O - phillipsite, P - jismondite, P - garronite, C - paragonite.

Цеолиты, рефлексы которых на дифрактограмме слабо проявлены в интервале  $2\theta - 12-13^\circ$ , слабо окристаллизованы (что подтверждается и результатами электронной микроскопии), по рентгеноструктурным параметрам близки к филлипситу или гаррониту.

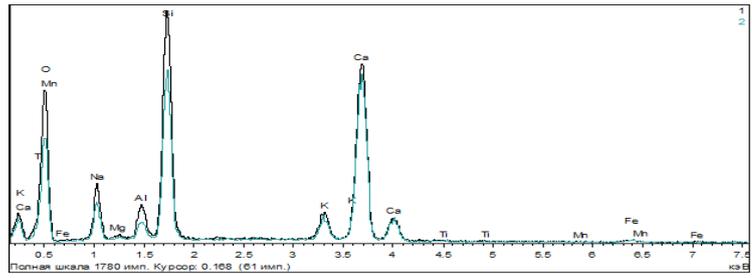
Структура и состав цементного камня БВЩА с использованием термоактивированного мергеля при 700 °С и метилсиликоната натрия, однородные (рис. 4, табл. 1).

Таблица 1. Состав участков цементного камня, в вес. %  
 Table 1. The composition of the sites of cement stone, in weight. %

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	TiO <sub>2</sub>	MnO	FeO	Итого
1	7.31	0.28	3.40	26.55	2.51	24.18	0.09	0.06	0.75	65.13
2	6.56	0.37	2.30	25.28	2.64	28.53	0.21		0.84	66.73



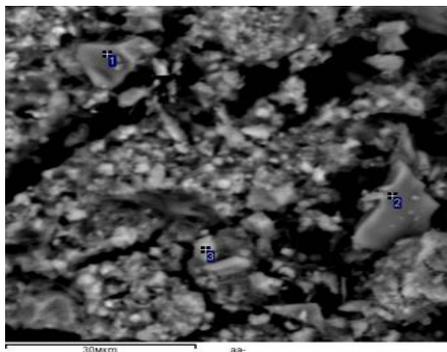
Спектр EDX



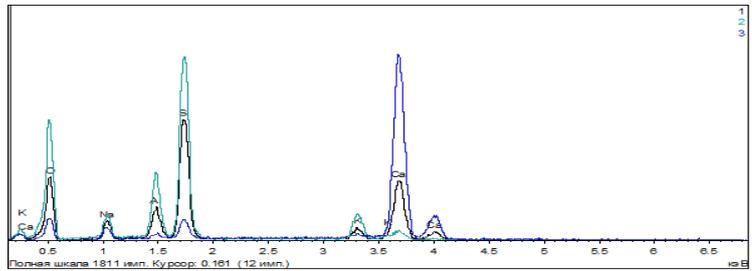
**Рис. 4. Структура и участки анализа цементного камня (Ab – альбит, Fsp – калиевый полевой шпат)**

**Fig. 4. Structure and sites of analysis of cement stone (Ab - albite, Fsp - potassium feldspar)**

Главными структурообразующими фазами (рис. 5) выступают гидраты натриевых алюмосиликатов кальция (табл. 2, анализ 1), близкие по составу к цеолитам фазы (табл. 2, анализ 2), карбонаты, вероятно, также  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .



Спектр EDX



**Рис. 5. Фазы основной массы**

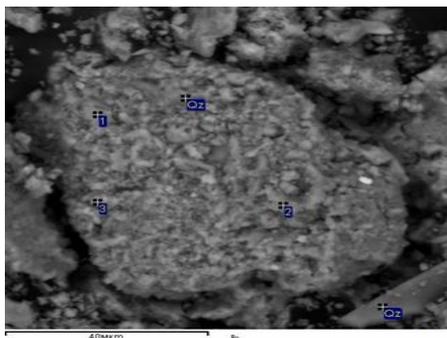
**Fig. 5. The phases of the bulk**

**Таблица 2. Состав основных фаз, в вес. % (места анализа указаны на рис. 5)**

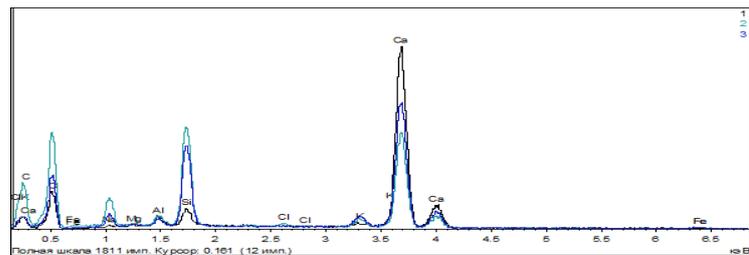
**Table 2. The composition of the main phases, in weight. % (places of analysis are shown in Fig. 5)**

Спектр	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{CaO}$	Итого
1	6.88	9.10	45.66	3.08	24.86	89.57
2	5.55	16.09	58.30	5.14	2.92	87.01
3	2.90	0.92	2.44	0.33	38.90	45.49

Местами развиты агрегаты гидратированных высококальциевых силикатов (рис. 6, 7, табл. 3), вероятно, исходно ларнитовые.



Спектры EDX



**Рис. 6. Спектры EDX фаз основной массы Qz - кварц**  
**Fig. 6. Spectra of the EDX phases of the bulk Qz - quartz**

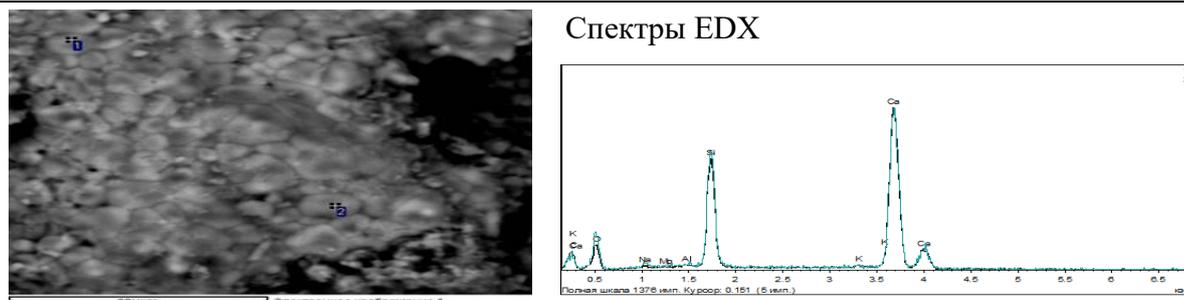


Рис. 7. Фазы высококальциевых гидратированных силикатов

Fig. 7. Phases of high calcium hydrated silicates

Таблица 3. Состав высококальциевых фаз, в вес. % (места анализа указаны на рис. 7)

Table 3. Composition of high calcium phases, by weight. % (places of analysis are shown in Fig. 7)

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	Итого
1	0.84	0.15	0.49	33.46	0.46	59.73	95.12
2	1.30	-	0.61	34.44	0.24	57.91	94.51

**Вывод.** По результатам рентгенофазового анализа в цементном камне БВЩА с использованием термоактивированного мергеля при 700 °С и метилсиликоната натрия, обнаружено присутствие кварца, близкого к альбиту полевого шпата, слюд, кальцита, цеолитов, по рентгеноструктурным параметрам близких к филлипситу или гаррониту.

В составе заполнителя присутствует также калиевый полевой шпат. Слюды соответствуют мусковиту. Результаты проведенных исследований подтверждают совместимость всех компонентов многокомпонентной системы «минеральный порошок – щелочной затворитель – ПАВ», а предлагаемый технологический прием позволит получать прочные и долговечные строительные композиты по бесклнкерной технологии, без применения дорого и энергоемкого портландцемента.

#### Библиографический список:

1. Соломатов В.И. Цементные композиции с бинарным наполнителем / В.И. Соломатов // Известия ВУЗов. Строительство. - 1995. - №9. - С.32-37.
2. 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.
3. 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. -B.2. pp.707-714.
4. Baert, G. Mechanical and thermal behaviour of alkali -activated high volume fly ash concrete / G. Baert, N. De Belie, J. Kratky, A. Ivens, I. Van Driess-che, G. De Schutter // Non-Traditional Cement & Concrete III. Proceedings of the International Symposium(Brno) - 2008. pp.57-66.
5. Palomo A. Alkali activated fly ashes. A cement for the future / A. Palomo, M.W. Grutzeck, M.T. Blanco // Cement and Concrete Research. - 1999. -№29.pp.1323-1329.
6. Shi C. Early microstructure development of activated lime-fly ash paste / C. Shi // Cement and Concrete Research. - 1996. - №26(9). pp.1351-1359.
7. Bakharev T. Geopolimeric materials prepared using Class F fly ash and elevated temperature curing / T. Baldiarev // Cement and Concrete Research. — 2005.-№35. pp.1224-1232.
8. Ушеров-Маршак А.В., Першина Л.А. Циак М. Совместимость цементов с химическими и минеральными добавками. Ч. I / А.В. Ушеров-Маршак, Л.А. Першина, М. Циак // Цемент. 2002. № 6. С. 6–9; ч. II. Количественная оценка // Цемент. 2003. № 1. С. 38–40.
9. Kerton F. Perspectives of market slag cements in Europa / F. Kerton // Cement. - 2006. - №5. pp. 12-17.
10. ASTM C1679–08. Standard practice for measuring hydration kinetics of hydraulic cementitious mixtures using isothermal calorimetry.
11. 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.
12. 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. P. 04018.
13. Stelmakh S.A., Nazhuev M.P., Shcherban E.M., Yanovskaya A.V., Cherpakov A.V. Selection of the composition for centri-

- fuged 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.
14. 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.
  15. 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.
  16. Муртазаев С-А.Ю., Саламанова М.Ш., Сайдумов М.С., Аласханов А.Х. Исследование свойств бетонов на бесклинкерных вяжущих // Перспективы развития топливно-энергетического 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.
  17. 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.
  18. 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. -B.2. pp.707-714.
  19. Муртазаев С-А.Ю., Саламанова М.Ш. Перспективы использования термоактивированного сырья алюмосиликатной природы // Приволжский научный журнал. – 2018. – №2 (Т.46). – С. 65 –70.
  20. Никифоров Е.А., Логанина В.И., Симонов Е.Е. Влияние щелочной активации на структуру и свойства диатомита / Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. – № 2. – С.30-32.
  21. Murtazaev S-A.Y., Mintsaev M.Sh., Aliev S.A., Saydumov M.S. "Strength and Strain Properties of Concrete, Comprising Filler, Produced by Screening of Waste Crushed Concrete", Published by Canadian Center of Science and Education. Received, Vol. 9, № 4, pp.32-44, 2015.
  22. Murtazaev S-A.Y., Zaurbekov Sh.Sh., Alaskhanov A.Kh., Saydumov M.S. "Impact of Technogenic Raw Materials on the Properties of High-Quality Concrete Composites", International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" (ISEES 2018). Advances in Engineering Research, Vol.177, pp.275-279, 2018.

#### References:

1. Solomatov V.I. Tsementnyye kompozitsii s binarnym napolnitelem / V.I. Solomatov // Iz-vestiya VUZov. Stroitel'stvo. - 1995. - №9. - S.32-37. [Solomatov V.I. Binary filler cement compositions / V.I. Solomatov // Proceedings of universities. Construction. - 1995. No. 9. pp. 32-37. ( In Russ.)]
2. 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.
3. 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. -B.2. pp.707-714.
4. Baert, G. Mechanical and thermal behaviour of alkali -activated high volume fly ash concrete / G. Baert, N. De Belie, J. Kratky, A. Ivens, I. Van Driessche, G. De Schutter // Non-Traditional Cement & Concrete III. Proceedings of the International Symposium(Brno) - 2008. pp.57-66.
5. Palomo A. Alkali activated fly ashes. A cement for the future / A. Palomo, M.W. Grutzeck, M.T. Blanco // Cement and Concrete Research. - 1999. -№29. pp.1323-1329.
6. Shi C. Early microstructure development of activated lime-fly ash paste / C. Shi // Cement and Concrete Research. - 1996. - №26(9). - pp.1351-1359.
7. Bakharev T. Geopolimeric materials prepared using Class F fly ash and elevated temperature curing / T. Baldiarev // Cement and Concrete Research. — 2005.-№35. pp.1224-1232.
8. Usherov-Marshak A.V., Pershina L.A. Tsiak M. Sovmestimost' tsementov s khimicheskimi i mine-ral'nymi dobavkami. CH. I / A.V. Usherov-Marshak, L.A. Pershina, M. Tsiak // Tsement. 2002. № 6. S. 6–9; ch. II. Kolichestvennaya otsenka // Tsement. 2003. № 1. S. 38–40. [Usherov-Marshak A.V., Pershina L.A. Tsiak M. Compatibility of cements with chemical and mineral additives. Part I / A.V. Usherov-Marshak, L.A. Pershina, M. Tsiak // Cement. 2002. No 6. S. 6–9; part II. Quantitative assessment // Cement. 2003. No 1. pp. 38–40. (In Russ.)]
9. Kerton F. Perspectives of market slag cements in Europa / F. Kerton // Cement. - 2006. - №5. pp. 12-17.
10. ASTM C1679–08. Standard practice for measuring hydration kinetics of hydraulic cementitious mixtures using isothermal calorimetry.
11. Udodov S.A., Chernykh V.F., Cherny D.V. Primeneniye poristogo zapolnitelya v otdelochnykh so-stavakh dlya yacheistogo betona // Sukhiye stroitel'nyye smesi. – 2008. – № 3. – S.70. [Udodov S.A., Chernykh V.F., Cherny D.V. The use of porous aggregate in finishing compositions for aerated concrete // Dry building mixtures. 2008. No. 3. p.70. ( In Russ.)]
12. 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. P. 04018.
13. 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.
14. 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.
  15. Soldatov A.A., Sariyev I.V., Zharov M.A., Abduraimova M.A. Stroitel'nyye materialy na osno-ve 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., Sariyev 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. 192-195.16. ( In Russ.)]
  16. Murtazayev S-A.YU., Salamanova M.SH., Saydumov M.S., Alaskhanov A.KH. Issledovaniye svoystv betonov na besklinkernykh vyazhushchikh // Perspektivy razvitiya toplivno-energicheskogo kompleksa i sovremennoye sostoyaniye neftegazovogo inzhenernogo obrazovaniya v Rossii, posvyashchennaya 105-letiyu M. D. Milli-onshchikova: materialy Vserossiyskoy nauchno – prakticheskoy konferentsii 11-12 iyunya 2018 g. – Groznyy: FGBOU VO «GGNTU», 2018. – S.392 – 399. [Murtazayev S.-A.U., Salamanova M.Sh., Saidumov M.S., Alaskhanov A.Kh. A study of the properties of concrete with clinker-free 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. IN "GSTU", 2018. pp.392 - 399. ( In Russ.)]
  17. 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.
  18. 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. -B.2. pp.707-714.
  19. Murtazayev S-A.YU., Salamanova M.SH. Perspektivy ispol'zovaniya termoaktivirovannogo syr'ya alyumosilikatnoy prirody // Privolzhskiy nauchnyy zhurnal. – 2018. – №2 (Т.46). – S. 65 –70. [Murtazayev S.-A.U., Salamanova M.Sh. Prospects for the use of thermally activated raw materials of aluminosilicate nature // Volga Scientific Journal. 2018. No. 2 (Т.46) . pp. 65 –70. ( In Russ.)]
  20. Nikiforov Ye.A., Loganina V.I., Simonov Ye.Ye. Vliyaniye shchelochnoy aktivatsii na strukturu i svoystva diatomita / Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova. 2011. – № 2. – S.30-32. [Nikiforov E.A., Loganina V.I., Simonov E.E. The effect of alkaline activation on the structure and properties of diatomite / Bulletin of BSTU. V.G. Shukhov. 2011. - No. 2. - pp.30-32. ( In Russ.)]
  21. Murtazayev S-A.Y., Mintsayev M.Sh., Aliev S.A., Saydumov M.S. "Strength and Strain Properties of Concrete, Comprising Filler, Produced by Screening of Waste Crushed Concrete", Published by Canadian Center of Science and Education. Received, Vol. 9, № 4, pp.32-44, 2015.
  22. Murtazayev S-A.Y., Zaurbekov Sh.Sh., Alaskhanov A.Kh., Saydumov M.S. "Impact of Technogenic Raw Materials on the Properties of High-Quality Concrete Composites", International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" (ISEES 2018). Advances in Engineering Research, Vol.177, pp.275-279, 2018.

#### **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

Батаев Дена Карим-Султанович, доктор технических наук, профессор, директор; e-mail: kniiran@mail.ru

Аласханов Арби Хамидович, кандидат технических наук, доцент, кафедра технологии строительного производства, e-mail: alaskhanov@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

Dena K-S. Bataev, Dr. Sci. (Technical). Prof., Director e-mail: kniiran@mail.ru

Arbi Kh. Alaskhanov, Cand. Sci. (Technical). Assoc. Prof., Department of Construction Technology; e-mail: alaskhanov@mail.ru

#### **Конфликт интересов.**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Поступила в редакцию** 07.12.2019.

**Принята в печать** 29.12.2019.

#### **Conflict of interest.**

The authors declare no conflict of interest.

**Received** 07.12.2019.

**Accepted for publication** 29.12.2019.