

## УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научно-исследовательской  
работе и инновационной деятельности  
ФГБОУ ВО «Донской государственный  
технический университет»,

д-р. экон. наук, доцент



И.Н. Ефременко

2022г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Донской государственный технический университет»  
на диссертационную работу Саламановой Мадины Шахидовны  
на тему «Строительные композиты на основе бесклинкерных вяжущих  
щелочной активации», представленную на соискание учёной степени  
доктора технических наук  
по специальности 2.1.5 – «Строительные материалы и изделия»

На отзыв были представлены следующие материалы:

- текст диссертационной работы в объеме 506 страниц компьютерной верстки и 8 приложений;
- автореферат объемом 44 страницы;
- оттиски публикаций соискателя в количестве 186.

Диссертация состоит из введения, 9 глав, заключения, списка литературы, включающего 366 наименований и 8 приложений. Общий объем диссертации составляет 506 страниц машинописного текста. Работа содержит 217 рисунков и фотографий и 97 таблиц.

### **Актуальность темы выполненной диссертационной работы.**

Вопросы, связанные с поиском новых менее энерго- и материалоемких вяжущих, давно стоят на повестке многих мировых экологических форумов, так как карбонатная технология портландцемента влечет за собой загрязнение окружающей атмосферы и среды обитания, да и цена на этот продукт неоправданно растет. По мнению соискателя щелочные цементы могут внести свой вклад в снижение энергоемкости вяжущих, тем более что эта группа

вяжущих с многовековой историей в настоящее время широко используются в стройиндустрии Японии, Сингапура, Нидерландов, Италии, Германии и др. Производители щелочных вяжущих (цементов) преследуют цель минимизировать эмиссию парниковых газов, серы, диоксинов и пыли в атмосферу за счет отказа от высокотемпературного обжига. Шлакощелочные вяжущие и композиты на их основе отличаются высокой прочностью и химической стойкостью, сопротивлением проникновению хлоридов, короткими сроками схватывания, низкой экзотермией при гидратации, хорошими технологическими показателями строительных смесей.

Соискатель предлагает научно обоснованные и практически апробированные подходы, обеспечивающие получение и эффективных бесклинкерных вяжущих щелочной активации и строительных композитов на их основе с показателями, соответствующими требованиям строительных норм, что позволит вовлечь в народно-хозяйственный оборот промышленные отходы и местное природное сырье алюмосиликатной природы, что расширяет сырьевую базу строительства и повышает уровень экологической безопасности. Вышеизложенное определяет актуальность тематики диссертационной работы Саламановой М.Ш., поставленной в работе цели и решаемых задач.

**Цели и задачи исследования.** Целью диссертационного исследования является развитие теоретических и практических основ получения бесклинкерных вяжущих веществ щелочной активации и строительных композитов с улучшенными эксплуатационными и физико-механическими свойствами на их основе с использованием техногенного и местного природного сырья. В соответствии с поставленной целью соискатель сформулировал задачи, решение которых позволило получить новые научные результаты и обеспечило эффективность их практического применения.

Работа выполнена в рамках реализации масштабного научного проекта федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы». Результаты работы использовались при реализации разработанного Правительством Российской Федерации проекта стратегического развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года, в котором четко обозначена одна из тенденций развития строительной индустрии - выпуск новых типов композитных строительных материалов, более энергоэффективных, менее материалоемких, повышающих эксплуатационную надежность и долговечность зданий и сооружений, в результате чего автором получен значительный экономический эффект.

Автор на основе глубокого анализа рассматриваемых вопросов правильно обозначил цель и задачи исследований, выбрал пути их достижения и способы решения, уделил должное внимание многим деталям технологического плана для успешного внедрения полученных результатов. Разработки автора по

получению строительных композитов на основе бесклинкерных вяжущих щелочной активации безусловно обладают научной новизной и практической значимостью.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.**

**Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации** обеспечена использованием апробированных методов экспериментальных исследований, применением математических методов планирования эксперимента и поверенного оборудования, а также применением современного программного обеспечения при обработке экспериментальных данных, испытанием необходимого количества контрольных образцов, обеспечивающих достоверную вероятность 0,95 при коэффициенте вариации менее 10 %, подтверждением лабораторных данных результатами полупромышленных испытаний. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, построены на известных положениях теории гидратации и твердения минеральных вяжущих с участием тонкодисперсного активированного барханного песка, что согласуется с опубликованными данными ведущих научных школ в области современной строительной практики.

**Новизна исследований, полученных результатов, выводов и положений, сформулированных в диссертации,** заключается прежде всего в следующих представленных новых научных положениях:

- развитию теоретических основ получения бесклинкерных вяжущих путем щелочной активации природного и вторичного сырья алюмосиликатного происхождения установлено, что в результате деструкции алюмокремнекислородного каркаса и связанности оксидами щелочных металлов приводит к синтезу гидроалюмосиликатной цеолитовой фазы  $M^{n+}_{x/n}[(AlO_2)_x(SiO_2)_z] \cdot nH_2O$  переменного состава, способствующей созданию бетонных и растворных композитов с улучшенными физико-механическими и технико-экономическими показателями;

- системном анализе основных факторов, влияющих на процессы формирования структуры, совместимость компонентов и свойства строительных композитов из многокомпонентных систем «реакционный порошок + минеральный порошок + щелочной раствор» и полученных топологических моделях многокомпонентных наполненных композитов, обеспечивающих высокую контактную межфазовую адгезию в системах «минеральный порошок – щелочной раствор» и «реакционный порошок – щелочной раствор»;

- установленных закономерностях изменения свойств цементного теста и камня от вида и дисперсности минеральной составляющей, химического, минералогического составов, условий и продолжительности твердения, щелочного активатора, концентрации активных поверхностных центров и адсорбционной способности, характеристик формы и рельефа поверхности

минеральных порошков, позволивших получить бесклинкерные щелочные цементы марок по прочности М300 и М400, и на их основе строительные растворы марок до М150 при подвижности смесей П<sub>к2</sub>, бетоны классов В30–40, с маркой по морозостойкости до F<sub>1400</sub> и водонепроницаемости до W8;

- установленных особенностях формирования структуры многокомпонентных твердеющих систем, полученных щелочной активацией минеральных порошков, включающих реакцию составляющую с высокой степенью аморфности, микронаполнитель и щелочной затворитель, а именно в выявлении происходящих, в системах «реакционный порошок + минеральный порошок – щелочной раствор» физико-химических взаимодействиях, проявляющихся в образовании соединений каталитического воздействия катионов и связующей способности продуктов гидратации;

- разработанных эффективных составах вяжущих связок полидисперсной гранулометрии с использованием отходов клинкерного производства ( $S_{уд} = 210 - 280 \text{ м}^2/\text{кг}$ ) или термообработанного мергеля ( $S_{уд} = 526 \text{ м}^2/\text{кг}$ ) и минеральных порошков ( $S_{уд} = 350 - 480 \text{ м}^2/\text{кг}$ ) при регулировании скорости гидратационной активности путем варьирования концентрации вяжущей связки и создания плотной упаковки цементного камня с минимальной межзерновой пустотностью что подтверждает величина водопоглощения цементного камня не более 3,3%;

- доказанной эффективности многокомпонентной вяжущей связки «реакционный порошок + минеральный порошок – щелочной раствор» с использованием смешанного щелочного раствора на основе  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  и  $\text{NaOH}$  (80:20 %), гарантирующая более глубокое взаимодействие твердой и жидкой фазы, стабильность новообразований и улучшающая физико-механические характеристики строительных композитов;

- полученных зависимостях изменения продуктов гидратации и структурообразования цементного камня и свойств от химико-минералогического состава порошкообразной составляющей вяжущей связки; взаимосвязи степени деструкции реакционноспособных алюмосиликатных порошков, связанности щелочных металлов в составе образуемых труднорастворимых соединений, прочности, кинетики набора прочности, подтверждение этому результаты анализов электронной микроскопии, доказывающие присутствие в продуктах гидратации исследуемых наполненных систем типичных микрофаз переменного состава анальцима, филлипсита, жисмондита, гарронита, фошагита, парагонита, кальциевых силикатов, ларнита, кальцитов, кварца, альбита, мусковита, калиевого полевого шпата, слюды и др;

- полученных зависимостях влияния рецептурно-технологических факторов на кубиковую и призменную прочности, среднюю плотность, модуль упругости, поровую структуру, адгезию, водонепроницаемость и морозостойкость строительных композитов на основе бесклинкерного вяжущего щелочной активации из техногенного и местного природного сырья алюмосиликатного происхождения от вида реакционного порошка,

микронаполнителя, заполнителей и щелочного затворителя.

**Ценность работы для науки и практики** обусловлена следующим:

– расширена и дополнена теория гидратационного твердения Глуховского В.Д. о принципах структурообразования в щелочных системах как совокупности последовательно и параллельно протекающих физико-химических превращений за счет контактного взаимодействия тонкодисперсных отходов карбонатной технологии, природного сырья алюмосиликатного состава и щелочного активатора происходит образование диспергационно-коагуляционных гидрогелей с последующим развитием на их основе конденсационно-кристаллизационных структур гидратных новообразований;

– установлены закономерности влияния рецептурно-технологических факторов, природы и вида компонентов вяжущей связки на качественные показатели композитов, дополняющие методологические основы химии цементов и бетонов;

– получены рецептуры бесклинкерных вяжущих щелочной активации из связок «реакционный порошок + минеральный порошок 10% + щелочной затворитель», в зависимости от вида, концентрации и химико-минералогического состава компонентов цементной системы активность изменялась в широком диапазоне 37,1 – 46,3 МПа;

– разработаны составы строительных растворов на бесклинкерных вяжущих щелочной активации с использованием кварцевых и барханных, песков М75 – М150; подвижностью  $P_k$  1 – 2, сохраняемостью от 25 до 108 минут; плотностью 1970 – 2090 кг/м<sup>3</sup>; водопоглощением 2,5 – 7,9 %; максимальной адгезионной прочностью 0,73 МПа при отрыве от бетонного основания;

– разработаны рациональные составы бетона с кубиковой прочностью 47,5 МПа; маркой по морозостойкости F<sub>1</sub>200 – F<sub>1</sub>300; коэффициентом размягчения  $K_{разм}$  0,75 – 0,79 и водонепроницаемостью W4 – 6.

– получены составы бетонов с прочностью выше 60 МПа, классов не ниже В40 независимо от условий твердения, при модуле упругости более  $30 \cdot 10^3$  МПа, с маркой по морозостойкости F<sub>1</sub>400 и водонепроницаемости W8;

– теоретические положения работы и результаты экспериментальных исследований внедрены в учебный процесс Грозненского государственного нефтяного технического университета им. акад. М.Д. Миллионщикова при подготовке студентов направлений: бакалавриата 08.03.01 – «Строительство», магистратура 08.04.01 – «Строительство», специалитета 08.05.01 – «Строительство уникальных зданий и сооружений», подготовки кадров высшей квалификации 08.06.01 – «Техника и технологии строительства», а также при выполнении студенческих научно-исследовательских работ.

Новизна и ценность технических решений, предложенных Саламановой М.Ш. подтверждена 7 патентами на изобретение.

## **Оценка содержания диссертации, ее завершенность в целом.**

Во введении автором обоснована актуальность и степень разработанности темы исследования, излагается цель и задачи работы, сформулирована научная новизна, приведены теоретическая и практическая ценность, методология и методы исследования, положения, выносимые на защиту, степень достоверности полученных результатов исследований.

*Первая глава* содержит подробные сведения из литературных источников по изучаемой проблеме. Оценены состояние и перспективы производства бесклинкерных вяжущих щелочной активации и строительной продукции на их основе. Сделан анализ большого объема исследований в области оценки, прогнозирования и управления свойствами бесклинкерных щелочных цементов и композитов на их основе. На основании анализа и обобщения более 366 литературных источников автор намечает пути решения важнейших проблем строительного материаловедения – снижение ресурсо- и энергоемкости производства.

*Вторая глава* посвящена изучению научно-технической базы для производства бесклинкерных цементов щелочного затворения, выполнен системный анализ факторов влияния на структурообразование и набор свойств в композитах с использованием высокодисперсных порошков, активированных щелочным раствором, предложены топологические модели структур многокомпонентных наполненных систем с минеральными и активными минеральными порошками, что позволяет проектировать механизм структурообразования цементного камня, а варьируя рецептурно-технологическими факторами возможно получать заданные показатели качества композита. В результате сформулирована научная гипотеза и предложена концепция получения качественной строительной продукции, путем щелочной активации комплексных порошков алюмосиликатной природы из отходов промышленности и природного сырья, создания условий для направленного управления процессами гидратации и геохимических преобразований, фазовым составом и поровой структурой цементного камня, обеспечивая тем самым заданные физико-механические и эксплуатационные свойства.

*В третьей главе* установлены возможности совместимости составляющих цементной системы природного, техногенного происхождения и щелочного затворителя. Автором получены возможные способы оценки эффективности минеральных порошков в получении многокомпонентных систем по следующим параметрам, таким как количество брэнстедовских активных центров кристаллизации на поверхности, прочность бетонного композита и экономия цементной составляющей в системе.

*Четвертая глава* посвящена результатам исследования процессов структурообразования и набора свойств бесклинкерного щелочного цементного камня. Доказаны и развиты научные закономерности процесса формирования структуры многокомпонентной системы «реакционный компонент –

минеральный порошок – щелочной активатор». Достоверно, с использованием необходимого комплекса методов электронной микроскопии установлено во всех исследуемых наполненных системах присутствуют цеолитовые фазы переменного состава, кальциевых силикатов, соединения кальцита, кварца, альбита, калиевого полевого шпата, слюды, мусковита, сульфоалюминатов кальция, гидроалюминатов кальция, кальциевых силикатов, ларнита и др.

**В пятой главе** исследовано влияние химико-минералогического состава минеральных составляющих на состав новообразований и структуру бесклинкерного камня. Проведенные исследования на микроуровне подтвердили, что структурообразующий состав продуктов гидратации и геопреобразований камня БВЩА в большей мере зависит от природы твердой составляющей вяжущей системы. Главным положительным итогом работы можно считать доказанную возможность получения строительных композитов, путем щелочной активации комплексных порошков алюмосиликатной природы из отходов промышленности и природного сырья с заданным спектром свойств.

**В шестой главе** установлены зависимости потребности в щелочном растворе и сроков схватывания, свойств камня бесклинкерных вяжущих щелочного затворения от химико-минералогического состава, удельной поверхности минеральных порошков, активной концентрации, вида щелочного раствора, времени и условий твердения. Исследованы гранулометрический состав и природа минеральных порошков; разработана ускоренная методика определения рецептуры тяжелого бетона с использованием бесклинкерного вяжущего щелочной активации, позволяющая выявить взаимосвязь прочностных показателей бетона от расхода щелочного затворителя, отношения щелочной раствор к минеральному порошку и содержания минерального порошка. Изучено влияние концентрации компонентов «активный порошок – минеральный порошок – щелочной раствор» на свойства цементного камня щелочной активации. Проведен термодинамический расчет реакционной способности минеральных порошков в щелочной среде, подтверждающий эффективность данной технологии.

**В седьмой главе** приводятся результаты исследований по разработке эффективных составов бесклинкерных вяжущих щелочной активации и строительных композитов на их основе. Разработанные рецептуры бесклинкерных вяжущих щелочной активации из связок «реакционный порошок + минеральный порошок 10% + щелочной затворитель» соответствующие М400.

Разработаны составы строительных растворов на основе вяжущих связок «реакционный порошок + минеральный порошок 10% + щелочной затворитель» с использованием кварцевых и барханых песков в качестве заполнителя, установлено влияние компонентов бетонной смеси и технологических факторов на прочностные показатели бетона, определена зависимость относительных линейных деформаций от рецептурно-технологических факторов. Доказана высокая кислотостойкость вяжущих щелочной активации, исследованы случаи

появления высолообразования. Предложены специальные составы бетонов на основе вяжущей связки с использованием отходов промышленности.

**В восьмой главе** рассмотрены особенности структуры и методы получения промышленных щелочных растворов. Разработан водный раствор натриевого жидкого стекла из некондиционных местных стекольных песков и вулканической добавки по более упрощенной технологии, в составе которого формируются цеолитовые фазы, являющиеся затравками в процессе структурообразования бетонов. Изучено влияние натриевого жидкого стекла с использованием местных некондиционных стекольных песков и вулканических добавок на свойства бетонных композитов. Электронно-зондовые исследования процессов структурообразования цементного камня на синтезированном жидкостекольном связующем на стекольных кварцевых песках и вулканическом туфе характеризуются схожестью структур и присутствием агрегатов гидроалюмосиликатного «цеолитового» состава.

**В девятой главе** автором разработана нормативно-техническая документация: программа и методики исследовательских испытаний технологии получения экспериментальных образцов композитов (бетонов и растворов) на основе бесклинкерных вяжущих щелочной активации с использованием местного некондиционного природного и вторичного сырья; лабораторный технологический регламент на производство бесклинкерных вяжущих щелочной активации с использованием местного некондиционного природного и вторичного сырья; технические условия на производство строительных композитов с использованием бесклинкерных вяжущих щелочной активации на основе местного некондиционного природного и вторичного сырья. Приведена информация об апробации и внедрении результатов исследований, а также финансовой поддержке диссертационных исследований различными государственными фондами.

**Заключение** по диссертации сформулировано четко и не вызывает сомнений. Диссертационная работы содержит пункты научной новизны, которые отвечают решению научной проблемы, имеющей важное народнохозяйственное значение для развития производства строительных композитов на бесклинкерных вяжущих щелочной активации.

**Замечания** по диссертационной работе Саламановой М.Ш. следующие:

1. Целесообразно конкретизировать аспекты, лежащие в основе процессов формирования структуры цементного камня из бесклинкерных вяжущих щелочного затворения, и четко выделить положения, расширяющие и дополняющие теорию гидратационного твердения Глуховского В.Д. в щелочных системах.
2. Следовало бы дать четкое обоснование выбора температуры 700°C при тепловой обработке окремненного мергеля и обозначить возможный диапазон температуры для практических целей.



3. Следовало бы объяснить причину снижения средней плотности образцов строительного раствора на 2-3%, причем независимо от соотношения вяжущее:заполнитель с течением времени при практически отсутствии собственных деформаций.
4. В предлагаемых эффективных рецептурах бесклинкерных вяжущих щелочной активации в составе щелочного затворителя присутствует 20% едкого натра плотностью 1250 кг/м<sup>3</sup>. Следовало бы оговорить, как это отразится на долговечности строительных композитов?
5. В главе 7 диссертации представлены результаты испытаний образцов бесклинкерных вяжущих щелочной активации с использованием сульфаниловой кислоты в дозировке 0,5-1%. Чем объяснить выбор этого модификатора? Насколько его применение отразилось на свойствах бетона?

*Сделанные замечания и предложения* не снижают общей положительной оценки рецензируемой диссертационной работы.

Рассматриваемая работа выполнена с использованием современного сертифицированного оборудования. Основные научные результаты работы представлены в достаточном объеме (186 публикаций) и представительных изданиях, в том числе в 5 учебных пособиях, монографии, 36 статьях в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК, 23 статьях в изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science. Получено 7 патентов на изобретение. Это подтверждает личный вклад соискателя в разработку научной проблемы и его приоритет в получении вынесенных на защиту научных результатов.

Диссертация написана грамотно, аккуратно оформлена, снабжена достаточным количеством ссылок на литературу.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

**Общая оценка работы.** Диссертационная работа Саламановой М.Ш. «Строительные композиты на основе бесклинкерных вяжущих щелочной активации» по научному содержанию и по форме изложения представляет собой, в соответствии с п. 9 «ПОЛОЖЕНИЯ О ПРИСУЖДЕНИИ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ» с изменениями, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 20 марта 2021 г. № 426, научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны. Диссертация соответствует п.п. 4,5,7,9 Паспорта научной специальности 2.1.5. «Строительные материалы и изделия», а ее автор – Саламанова Мадина Шахидовна заслуживает присуждения ей ученой степени доктора технических наук по специальности 2.1.5 - Строительные материалы и изделия.


Диссертация, автореферат и отзыв на диссертацию Саламановой Мадины Шахидовны рассмотрены и одобрены на совместном заседании кафедры

«Строительные материалы» и кафедры «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (протокол №1 от 31.08.2022 г.).

Доктор технических наук по специальности 05.23.05 – «Строительные материалы и изделия», профессор, заведующий кафедрой «Строительные материалы» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»

  
В.Д. Котляр  
«31» августа 2022 г.

Кандидат технических наук по специальности 05.23.05 – «Строительные материалы и изделия», доцент, заведующий кафедрой «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии», ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»

  
А.В. Налимова  
«31» августа 2022 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет»

ФГБОУ ВО «ДГТУ»

344000, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1;

Телефон: 8 (473) 273-84-54.

Сайт: [www.donstu.ru](http://www.donstu.ru)

Электронная почта: [reception@donstu.ru](mailto:reception@donstu.ru)

