

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по научной работе  
и цифровизации НГАСУ,  
доктор технических наук  
О.Ю. Михальченко



« 04 » 2026 г.

### **ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Новосибирский государственный архитектурно-  
строительный университет (Сибстрин)»

на диссертационную работу

**Фёдорова Артёма Владимировича**

на тему: «**Легкий бетон на композиционном вяжущем  
с применением природного цеолита**»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 2.1.5.Строительные материалы и изделия

#### **Актуальность темы диссертации**

Актуальность рассматриваемой работы обусловлена реализацией стратегической программы по развитию Арктической зоны РФ и обеспечения национальной безопасности на территории Республики Саха (Якутия) по организации производства строительных материалов на базе действующих месторождений строительных материалов. В регионе активно используются природные цеолиты Хонгуриинского месторождения. На их основе получают пористый заполнитель — «пеноцеолит», который применяется в качестве крупного заполнителя. Однако традиционная технология производства легких бетонов характеризуется высоким расходом клинкерной составляющей и технологическими сложностями. Один из путей решения данной проблемы – использование композиционных вяжущих (КВ) с применением природного цеолита в составе легкобетонной смеси.

Решение задач, поставленных в диссертационной работе Фёдорова А.В., позволило установить зависимости, связывающие свойства легких бетонов, полученных с применением композиционного вяжущего (КВ), пеноцеолита, пенообразователя и золошлакового отхода. Выявленные закономерности обеспечивают снижение теплопроводности материала при одновременном повышении его прочности. В связи с вышеизложенным, диссертационная работа Фёдорова А.В. является весьма актуальной.

Работа выполнена в рамках гранта программы «УМНИК-2021» Фонда содействия инновациям (Договор №17895ГУ/2022 от 20.05.2022 г.), государственных контрактов № 8319, 7633 с Академией наук РС(Я) и программы деятельности НОЦ «Север» по направлению «Технологии хозяйственной деятельности в криолитозоне и новые материалы».

## **Структура и содержание диссертации**

Диссертационная работа включает введение, пять глав, заключение, список литературы и приложения. Диссертация изложена на 217 страницах машинописного текста, включающего 60 таблиц, 66 рисунков, список литературы из 278 источников, 4 приложений.

Диссертационная работа логически построена, в ней четко сформулированы цель и задачи, которые успешно решены, результаты экспериментальных исследований изложены в соответствующих главах.

Опираясь на результаты анализа литературы отечественных и зарубежных авторов, сформулирована рабочая гипотеза, теоретически обосновано и экспериментально подтверждено технологическое решение, обеспечивающее повышение эффективности технологии получения легкого бетона на пористом заполнителе – пеноцеолите.

Установлен характер влияния цеолита как активного компонента КВ на процессы гидратации и свойства цементного камня с его использованием. Предложен механизм формирования рациональной структуры легкого бетона, обеспечивающей снижение теплопроводности при повышении прочности, при совместном использовании ТМЦ-85, пеноцеолита и комплекса добавок для обеспечения рациональной плотности растворной части – пенообразователя и золошлакового отхода. Установлен рациональный состав композиционного вяжущего с применением природного цеолита месторождения Хонгуруу в качестве активного компонента – ТМЦ-85. Установлен рациональный уровень концентрации пористого заполнителя в составе бетонной смеси для достижения максимальной прочности легкого бетона при заданной плотности. Разработаны составы и технология получения конструкционно-теплоизоляционного легкого бетона – пеноцеолитбетона, на основе пористого заполнителя, КВ ТМЦ-85, золошлакового наполнителя с использованием пенообразователя Rospena.

## **Степень достоверности и обоснованности научных положений, выводов**

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечены глубоким анализом значительного объема научной информации по изучаемому вопросу, проведением комплексных экспериментов на высоком технологическом уровне с учетом нормативных документов и с использованием современного сертифицированного и поверенного оборудования.

Научные положения и выводы основаны на применение современных научно обоснованных и признанных методов, а также сопровождаются иллюстрациями в виде фотографий, таблиц, рисунков, графиков и расчетов. Полученные результаты обладают высокой воспроизводимостью и согласованностью и не противоречат общепринятым данным и исследованиям других ученых.

## Научная новизна

Научная новизна выводов и положений, сформулированных в диссертации, заключается в следующем:

1. Обосновано и экспериментально подтверждено технологическое решение, обеспечивающее повышение эффективности технологии получения легкого бетона на пористом заполнителе – пеноцеолите, заключающееся в: замене цемента композиционным вяжущим с использованием природного цеолита (ТМЦ-85); поризации цементной матрицы введением пенообразователя; снижении плотности бетона за счет использования в качестве микрозаполнителя золошлакового отхода. Формирование рациональной плотности растворной части легкого бетона в сочетании с КВ обеспечивают снижение теплопроводности при повышении прочности и марки морозостойкости пеноцеолитбетона.

2. Установлен характер влияния цеолита как активного компонента КВ на процессы гидратации и свойства цементного камня с его использованием. За счет пуццолановой активности цеолита в составе КВ: происходит более полное протекание процессов структуро- и фазообразования, способствующих повышению содержания идиоморфных кристаллов новообразованных гидросиликатов различной основности и уплотнению микроструктуры цементного камня; сохраняется значение коэффициента торможения при твердении композиционного вяжущего на уровне значения соответствующего исходному портландцементу; повышается прочность цементного камня на 8,5 % при сокращении клинкерной составляющей на 15 %. Факторами качества природного цеолита, определяющими эффективность его использования как кремнеземного компонента КВ, высокую активность по отношению к СаО и коэффициент качества ( $K_K=1,16$ ), являются: полиминеральный состав; высокая пористость; высокая размолоспособность и полифракционный состав получаемого порошка; способность обеспечивать процесс гидратации цементного камня даже после циклов замораживания и оттаивания.

3. Предложен механизм формирования рациональной структуры легкого бетона, обеспечивающей снижение теплопроводности при повышении прочности, при совместном использовании ТМЦ-85, пеноцеолита и комплекса добавок для обеспечения рациональной плотности растворной части – пенообразователя и золошлакового отхода. За счет разного уровня дисперсности пор, обеспечиваемого высокой концентрацией пеноцеолита, поризацией цементной матрицы пенообразователем и наличием золошлакового отхода, создается объемная плотноупакованная пористая структура бетона. Развитая морфология поверхности пуццоланово-активных заполнителей (пеноцеолита и ЗШО) служит подложкой для кристаллизации продуктов гидратации. Рациональная плотность растворной части в совокупности с прочной контактной зоной цементного камня с заполнителями, способствуют повышению прочности пеноцеолитбетона.

## **Значимость полученных автором результатов для развития науки и производства**

Дополнены теоретические представления о процессах структурообразования легкого бетона на пористом заполнителе с использованием природного цеолита и комплекса добавок – пенообразователя и золошлаковых отходов для обеспечения рациональной плотности растворной части пеноцеолитбетона. Установлены закономерности влияния состава бетонной смеси легкого бетона на физико-механические свойства.

Установлен рациональный состав композиционного вяжущего с применением природного цеолита месторождения Хонгуруу в качестве активного компонента – ТМЦ-85, характеризующегося  $S_{уд} \sim 520 \text{ м}^2/\text{кг}$  и активностью 37,9 МПа.

Установлен рациональный уровень концентрации пористого заполнителя ( $\varphi = 0,59$ ) в составе бетонной смеси для достижения максимальной прочности легкого бетона ( $R_{сж} = 6,5 \text{ МПа}$ ) при заданной плотности (D900).

Разработаны составы и технология получения конструкционно-теплоизоляционного легкого бетона – пеноцеолитбетона, на основе пористого заполнителя, КВ ТМЦ-85, золошлакового наполнителя с использованием пенообразователя Rospena, позволяющие получить изделия с маркой по плотности D900, классом по прочности до B5,0 и маркой по морозостойкости F100.

### **Апробация результатов работы**

Промышленная апробация производства и применения разработанных составов легких бетонов проводилась на базе ООО «Сунтарцеолит» (с. Сунтар). С целью внедрения результатов исследований разработаны: СТО 02066339-080-2024 «Легкий бетон на композиционном вяжущем с применением природного цеолита»; технологический регламент на производство блоков из легкого бетона напористом заполнителе с применением природного цеолита.

Апробация технологии получения конструкционно-теплоизоляционных легких бетонов на пористом заполнителе с применением природного цеолита месторождения Хонгуруу в промышленных условиях осуществлялась на производственной линии предприятия ООО «Сунтарцеолит» Республики Саха (Якутия).

Теоретические положения, результаты научно-исследовательской работы и промышленного внедрения используется в учебном процессе ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова» при подготовке бакалавров по направлению 08.03.01 Строительство, профиль «Производство и применение строительных материалов, изделий и конструкций»; магистров по направлению 08.04.01 Строительство, профиль «Строительные материалы и технологии в условиях криолитозоны», что отражено в рабочих программах дисциплин «Вяжущие вещества», «Технология

бетона, строительных изделий и конструкций» и «Проблемы строительного материаловедения».

Основные положения диссертационной работы были представлены на международных и всероссийских (национальных) конференциях и форумах: «Эрэл-2021» (Якутск, 2021); «Полимерные и композиционные материалы в условиях Севера» (Якутск, 2021); «Научные достижения 2022: естественные, точные и технические науки» (Москва, 2022); XXIII Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых, аспирантов и студентов (Якутск, 2023); XI Евразийский симпозиум по проблемам прочности и ресурса в условиях климатически низких температур «EURASTRENCOLD-2023» (Якутск, 2023); X Международная конф. по математическому моделированию, посвященная 30-летию академии наук Республики Саха (Якутия) (Якутск, 2023); «Актуальные вопросы теплофизики, энергетики и гидрогазодинамики в арктических и субарктических территориях (ТЭГУА-2023)» (Якутск, 2023), «Строительное материаловедение: настоящее и будущее» (Москва, 2023) и др.

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации**

Результаты, полученные в рамках диссертационной работы Фёдорова А.В., могут быть **рекомендованы** для внедрения на предприятиях по производству легких бетонов на пористых заполнителях в регионах Крайнего Севера и Арктики.

Кроме того, полученные данные могут быть использованы в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Строительство».

### **Замечания по диссертационной работе**

При ознакомлении с материалами диссертации Фёдорова А.В. возникли следующие **вопросы и замечания**:

1. Автор работы предлагает использовать в разработанных составах местное сырье Сунтарского района Республики Саха (Якутия). Будет ли экономически выгодно транспортирование механоактивированного вяжущего в другие районы Якутии, например по таблице 1.1 стр.15, в самый дальний район от месторождения природных цеолитов Хонгуриноского месторождения – Нижнеколымский улус, расстояние между которыми составляет 2061 км?

2. По ходу диссертации происходит упоминание «золошлаковые отходы», а также «золошлаковые смеси». В чем разница между ними?

3. В характеристике цемента указано, что используется цемент класса 42,5, однако при испытаниях прочность его составляет 40,95 МПа. В чем причина несоответствия требованиям ГОСТ заявленного класса цемента?

4. Соискателем на стр. 117 указано, что «...содержание карбоната кальция в ЗШС, равное 22,5 % свидетельствует о не достижении температуры его полного плавления, которое находится в диапазоне 600 до

1000□.». Следовательно возникает вопрос, какая температура в топке у котлов длительного горения? В работе этого не указано. Может стоило рассмотреть введение золошлаковых отходов высокотемпературного обжига в качестве пуццолановой добавки?

5. На стр. 128 соискатель обосновывает выбор гравитационного бетоносмесителя как наиболее предпочтительного оборудования для реализации предлагаемой технологии. В связи с этим возникает вопрос: учитывалось ли при обосновании влияние угла наклона барабана смесителя на качество получаемой смеси?

В работе имеются опечатки и замечания редакционного характера: рисунки 3.18, 3.19, 3.21 имеют плохо читаемые поясняющие надписи. На рисунке 3.24 непонятен масштаб изображений.

Несмотря на указанные замечания, работа в целом производит положительные впечатления и соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

### **Соответствие диссертации научной специальности**

Диссертационные исследования Фёдорова А.В. соответствуют паспорту научной специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия (технические науки) в части:

– п. 5. Разработка и внедрение способов активации компонентов строительных смесей путем использования физических, химических, механических и биологических методов, способствующих получению строительных материалов с улучшенными показателями структуры и свойств;

– п. 9. Разработка составов и совершенствование технологий изготовления эффективных строительных материалов и изделий с использованием местного сырья и отходов промышленности, в том числе повторного использования материалов от разборки зданий и сооружений.

### **Заключение по диссертационной работе**

Диссертация Фёдорова Артёма Владимировича на тему «Легкий бетон на композиционном вяжущем с применением природного цеолита» является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложено научно обоснованное технологическое решения, обеспечивающее получение конструкционно-теплоизоляционного легкого бетона на пористом заполнителе и композиционном вяжущем с применением природного цеолита.

По актуальности затронутых вопросов, научной новизне, теоретической и практической значимости, числу публикаций диссертация соответствует критериям, установленным в п. 9–11, 13, 14 Положения о порядке присуждения ученых степеней (Постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842 в действующей редакции с дополнениями и изменениями), предъявляемым к работам на соискание ученой степени кандидата технических

