

Ижевский государственный технический университет имени М. Т.
Калашникова»

Заведующий кафедрой «Строительные материалы, механизация и
геотехника»

Доктор технических наук, профессор
ЯКОВЛЕВ ГРИГОРИЙ ИВАНОВИЧ

426054, г. Ижевск, ул. Студенческая, д. 48

тел. +7 (912)856-66-88

e-mail: gyakov@istu.ru

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Аникановой Любовь Александровны

**на тему «Композиционные строительные материалы
на основе активированного фторангидритового сырья»**

**представленную на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 2.1.5 «Строительные материалы и изделия»**

На отзыв представлена диссертационная работа и автореферат.

Диссертация изложена на 303 страницах машинописного текста, состоит из оглавления, введения, шести глав, основных выводов по работе и списка литературы из 272 наименований. В работе приведены 15 приложений.

Общая характеристика работы

Диссертационная работа Аникановой Л.А. посвящена разработке научно обоснованных технологических решений, обеспечивающих единые подходы, позволяющие классифицировать фторангидритовое сырье (ФТС), осуществлять оценку его потенциальной пригодности на стадии выбора, использовать обоснованные способы энергетических воздействий для модифицирования ФТС при производстве строительных материалов и изделий с наперед заданными свойствами.

Актуальность темы

Ключевой научной проблемой, сдерживающей применение ФТС для производства композиционных строительных материалов, является отсутствие методов выбора технологических приемов активации ФТС, способов управления процессами структурообразования вяжущих и композиционных материалов, технологической эффективности используемых критериев, с целью формирования требуемых эксплуатационных характеристик строительных композитов. Решение данной проблемы позволило бы эффективно использовать потенциал вторичного сырья, обеспечить экологическую безопасность и экономическую целесообразность производства строительных материалов с требуемыми свойствами, что внесет вклад в научно-технологическое развитие России и

этим обосновывается актуальность исследований, представленных в диссертационной работе Аникановой Л.А.

Целью диссертационной работы является разработка научных и методологических закономерностей производства композиционных строительных материалов с требуемыми свойствами с использованием активированного фторангидритового сырья различного фазового и гранулометрического состава.

В диссертационной работе автором поставлены, а затем решены **задачи исследования** эффективных энергетических воздействий на ФТС, для его комплексного использования в производстве композиционных строительных материалов, Поставлена задача разработки теоретических и методологических принципов повышения эффективности фторангидритовых вяжущих с использованием метода объемных фазовых характеристик, математического моделирования процессов нейтрализации кислого ФТС и структурообразования вяжущего. На основе предложенных составов фторангидритовых композиций автор предполагает разработать технологические принципы получения материалов плотной и пористой структуры с обоснованием технологических приемов изготовления композиционных строительных материалов с регулируемой структурой и свойствами с апробацией научных результатов и практических рекомендаций в производстве стеновых и отделочных материалов.

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

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные автором в диссертации, обоснованы и основаны на установленных автором в ходе исследований закономерностях, сопоставлении результатов, с данными полученными российскими и зарубежными учеными, оценке экспериментальных и теоретических исследований с учетом физико-химического подхода, на публикации основных научных результатов диссертации в открытой печати: рецензируемых изданиях, сборниках международных конференций, их докладах и обсуждении в ходе проведения научных мероприятий, конференциях, семинарах, как в России, так и за рубежом, внедрением результатов исследований в учебный процесс и промышленное производство.

Достоверность и новизна полученных автором результатов подтверждается основными положениями, принятыми в строительной химии, строительной физике, экспериментальными исследованиями с использованием общепринятых методов, аттестованного испытательного оборудования и поверенных средств измерений, стандартных образцов из разработанных составов и свойств материалов; воспроизводимостью экспериментальных данных с результатами их статистической обработки; сходимостью результатов, полученных в результате расчетов с результатами натурных исследований, положительными результатами промышленной апробации разработанных материалов и изделий.

Научная новизна полученных автором результатов

Автором получены новые данные, показывающие возможность решения научной проблемы производства композиционных строительных материалов с требуемыми свойствами посредством активации ФТС, с учетом его вещественного и гранулометрического состава, установления физико-химических закономерностей получения фторангидритовых вяжущих с химическими и минеральными добавками на нано-, микро-, и мезоуровнях, а также принципов управления составом, структурой и свойствами композиционных строительных материалов.

Впервые автором установлено влияние сульфатных, сульфитных и сульфидных добавок на свойства фторангидритовых композиций, заключающееся в том, что ионы добавок вступают во взаимодействие с ионами фторангидритового сырья с образованием промежуточных соединений в виде двойной соли – глауберита, сульфита кальция и сульфида кальция и инициируют образование центров адсорбции и кристаллизации вяжущего, что обеспечивает повышение его прочности на 80–100 %.

Установлены закономерности процессов структурообразования фторангидритовых вяжущих систем за счет регулирования твердой, жидкой и газообразных фаз в различные сроки твердения, что позволило автору эффективно управлять свойствами твердеющей системы. Обеспечено развитие процессов гидратации и твердения с уменьшением свободного порового пространства и уплотнением структуры вяжущего. Степень гидратации фторангидритового вяжущего с предложенными химическими добавками доведена до 60 %.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов

Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов состоит в развитии научных и теоретических представлений о принципах формирования структуры фторангидритовых композиционных строительных материалов с использованием активированного фторангидритового сырья. Разработанные теоретические положения использованы в процессах управления производством эффективных композиционных строительных материалов, что расширяет сырьевую базу для производства строительных материалов и позволяет решать экологические проблемы. Предложены способы модифицирования ФТС при изготовлении строительных материалов, включая стадию получения вяжущего, что позволяет повысить эффективность технологических процессов и успешно решать экологические вопросы.

Разработаны составы стеновых материалов и сухих строительных смесей на основе фторангидритовых вяжущих с требуемыми строительно-техническими характеристиками. Подготовлена нормативная и технологическая документация для реализации теоретических и экспериментальных исследований в промышленное производство и учебный процесс. Получены стеновые материалы со средней плотностью –

510–1900 кг/м³, прочностью на сжатие – 2,9–15 МПа, теплопроводностью – 0,13–0,44 Вт/м·°С. Разработаны составы сухих строительных смесей с показателями прочности на сжатие 2–12 МПа, коэффициентом паропроницаемости 0,07–0,1 мг/м·ч·Па, адгезионной прочностью 0,3–0,65 МПа.

Во **введении** соискателем обоснована актуальность выбранной темы исследования, сформулирована цель и задачи исследования. Приведены сведения о практической значимости выбранного направления исследования; научной новизне исследования; методологии и методах исследования; положениях, выносимых на защиту и о достоверности результатов исследования.

В **первой главе** приводится аналитический обзор работ ученых отечественных и зарубежных научных школ, описаны современные научные представления и показаны способы решения проблем, связанных с разработкой композиционных вяжущих и строительных материалов различного функционального назначения, выявлены причины, ограничивающие производство вяжущих и композиционных строительных материалов с использованием ФТС. Показано, что в настоящее время отсутствуют единые научно методологические подходы в подготовке ФТС и технологии производства из него эффективных строительных материалов. Была проведена оценка влияния вида и способа получения ФТС и предложена концепция управления процессами структурообразования вяжущих и материалов на основе активированного ФТС. В обзоре приводятся данные по характеристикам побочных продуктов химических предприятий городов Ачинск, Северск, Полевской, Пермь, Томск, Кирово-Чепецк.

Сформулированы методологические принципы и научная концепция диссертации, проанализированы процессы формирования структуры, способы управления данными процессами. Процессы регулирования структурообразования фторангидритовых вяжущих и свойств композиционных строительных материалов с различными наполнителями и заполнителями обоснованными энергетическими воздействиями приняты в качестве основных способов управления структурообразованием, что подтверждает актуальность проведенных исследований.

Во **второй главе** представлены теоретические основы исследования вяжущих и композиционных строительных материалов, с учетом влияния характеристик ФТС на процессы структурообразования, представлена характеристика сырьевых материалов, методология исследований, основные способы управления процессом структурообразования фторангидритовых композиций методом объемных фазовых характеристик, вопросы влияния основных энергетических воздействий на процессы структурообразования вяжущих.

Научно-обоснованный выбор способа переработки и рационального использования ФТС, модифицированного в условиях предприятия АО

«ГалоПолимер Пермь», базируется на знаниях химического состава, способа нейтрализации, условий образования и изменений свойств ФТС при хранении в отвалах, умении прогнозировать изменение свойств в ходе переработки для получения стеновых материалов с требуемыми свойствами.

При проведении исследований композиционных строительных материалов автором в качестве вяжущих использовались карбамидо-формальдегидная смола, КФМТ-15 (ТР ЕАЭС 041/2017), гипсовое вяжущее, марки Г-5АII (ГОСТ 125- 2018), разработанные фторангидритовые вяжущие, древесный наполнитель (отходы лесопиления Томской области) фракции 2,5–5 мм и 5–10 мм с влажностью 2 %, керамзитовый гравий, наполнители в виде отвального ФТС, кирпичной пыли, кислой золы ГРЭС и основной золы (ВСК) Барнаульской ТЭЦ.

С целью производства вяжущих и строительных материалов соискателем разработана методология тестирования и диагностики ФТС, позволяющая систематизировать научные данные о его составе, свойствах с целью эффективного использования в производстве композиционных материалов. Для повышения степени достоверности проводимых исследований и оптимизации составов в работе разработана и применена в исследованиях модель управления процессами производства материалов из ФТС, в которой установлена связь исходного состава сырья со свойствами получаемых строительных материалов.

Исследование структуры и свойств материалов проводилось с использованием методов дифференциально-термического анализа, микроструктурного и рентгенофазового анализов и также других современных методов физико-химического анализа разрабатываемых композиций.

В третьей главе представлены результаты исследований энергетических воздействий на систему ФТС - вода с различным фазовым и гранулометрическим составом, обоснованы и реализованы способы энергетических воздействий для получения вяжущего на основе нейтрализованного в условиях предприятия ФТС. Изменение фазового состава твердеющего фторангидритового вяжущего автор объясняет наличием сульфатных добавок – активаторов гидратации, которые влияют на процессы растворения сульфатов кальция растворимого ангидрита, и кристаллических затравок, увеличивающих количество центров кристаллизации при выделении новых фаз из пересыщенных растворов и, как следствие, повышение прочностных характеристик вяжущего.

Автором приведены результаты исследований влияния наполнителей (кирпичная пыль, зола ГРЭС, зола ВСК) на структуру фторангидритовых вяжущих, физико-химическая активность которых оптимизирует микроструктуру и формирование полиминерального цементирующего вещества рационального состава. Отмечается, что в диапазоне тонкости помола частиц микроразмерного уровня они играют роль зародышей кристаллизации новых фаз, обеспечивают повышенные прочностные свойства. Одновременно микронаполнители являются минеральными

модификаторами, способствующими образованию в структуре твердеющего вяжущего экранирующих соединений в виде низко основных тоберморитоподобных гидросиликатов и гидроалюминатов кальция, что способствует зарастанию мезопор новообразованиями с получением плотной и прочной структуры и повышению водостойкости фторангидритового материала до 0,85.

В **четвертой главе** сформулированы методология проектирования и разработки композиционных строительных материалов на основе предложенных композиций из нейтрализованного ФТС и приведены их основные эксплуатационные характеристики. В частности, Аникановой Л. А. получен керамзитобетон классов В5–В7,5 после тепловой обработки образцов при температуре 60 °С с достаточно высокими показателями: маркой по морозостойкости F25–F35, коэффициентом теплопроводности 0,35–0,4 Вт/м·°С. Автор предлагает использовать их для ограждающих и самонесущих конструкций в малоэтажном строительстве. Экспериментально подобраны и апробированы ремонтные и штукатурные сухие строительные смеси соответствующие требованиям ГОСТ Р 58279–2018.

В **пятой главе** представлены результаты исследований процесса нейтрализации ФТС, реализации способов активации, для производства поризованных стеновых и других строительных материалов на основе кислого ФТС.

Для прогнозирования процесса нейтрализации кислого ФТС впервые использовалась проприетарная система компьютерной алгебры, используемая для научных и математических расчетов, в том числе для операционной системы Windows – Wolfram Mathematica. Для реализации программы по прогнозированию процессов структурообразования ангидритовых вяжущих из вторичного сырья автором использован кислый ФТС, с содержанием остаточной серной кислоты в количестве 3 % от массы ФТС, содержанием растворимого ангидрита – 40 %. По результатам математического планирования установлено, что процесс нейтрализации остаточной серной кислоты зависит от вида и количества нейтрализующего компонента, скорости растворения и содержания остаточной серной кислоты.

Предложена и исследована возможность модифицирования ФТС с целью получения фторангидритового продукта готового к применению непосредственно на предприятии или поставкой в виде полуфабриката на строительный рынок. С использованием активированного кислого ФТС исследованы технологические процессы изготовления поризованных строительных материалов, полимерминеральных, керамических и силикатных стеновых материалов. Установлена возможность утилизации кислого ФТС при синтезе известково-кремнеземистого вяжущего вещества, используемого для получения силикатного кирпича при автоклавной обработке

В **шестой главе** приведены технологические решения изготовления конструкционных, конструкционно-теплоизоляционных, теплоизоляционных стеновых блоков и сухих строительных смесей на основе фторангидритовых

вяжущих, а также их технико-экономической эффективности. Научно обоснованы и разработаны технологические схемы производства ФВ, ФГ, КФВ, сухих строительных смесей и стеновых блоков на их основе с использованием нейтрализованного ФТС.

Результаты исследований и практические рекомендации подтверждены лабораторными испытаниями в условиях предприятия и опытно промышленными испытаниями. Разработанные технические условия и технологические регламенты производства фторангидритовых вяжущих, стеновых блоков и сухих строительных смесей различного функционального назначения обеспечивают внедрение на предприятиях г. Томска и региона.

Инженерные решения, разработанные на основе научных результатов, защищены 6 патентами РФ. Результаты работы включены в планы развития базы строительной индустрии Томской области.

Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации

Достоинства диссертационного исследования: проделана большая работа по изучению влияния активаторов и микронаполнителей на эксплуатационные свойства фторангидритовых композитов с использованием современных методов физико-химического анализа, математического аппарата, что позволило соискателю прогнозировать поведение материалов в зависимости от воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды и ограничить деструкцию конструкций при эксплуатации в условиях водной агрессии.

Замечания

1. В обзоре отсутствует информация об использовании в качестве активатора гидратации и твердения фосфата натрия, обеспечивающего повышенные показатели физико-механических свойств фторангидритовых композиций.
2. Использование сульфатных солей натрия активирует гидратацию фторангидрита, но не изменяет структуру кристаллов двуводного гипса, оставляя ее неупорядоченной в виде призматических и таблитчатых кристаллов двуводного гипса со значительной поверхностью и, соответственно, легко доступной водным растворам.
3. Применение в качестве активатора сульфита натрия более эффективно в сравнении с сульфатом натрия, но технологически неприемлемо, так как происходит интенсивное выделение сернистого газа, провоцирующего образование паров серной кислоты при перемешивании композиции.
4. В тексте диссертации приводятся понятия об аморфных структурах, что не подтверждено рентгенограммами (на спектрах отсутствуют «галло»).
5. В работе приведена информация об использовании фторангидрита из Кирово-Чепецка в котором на выходе из реакторов выходит отход жидкой консистенции. Каким образом был применен этот отход в исследованиях?
6. В 5 главе подробно описана прогрессивная технология производства автоклавного силикатного кирпича утилизацией кислого ФТС при синтезе

известково-кремнеземистого вяжущего вещества, однако в автореферате практически отсутствует информация об этом.

Сделанные замечания не влияют на основные теоретические и практические результаты диссертационного исследования.

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации и основные результаты исследования.

Диссертация и автореферат полностью соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления. – М.: Стандартинформ. – 2012».

Заключение

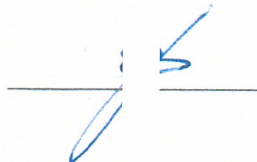
Диссертация и автореферат Аникановой Любовь Александровны полностью соответствуют критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (ред. от 16.10.2024 г., действует с 25.01.2024 г.) по п. 10, п. 11 и п. 14.

Диссертация Аникановой Любовь Александровны на соискание ученой степени доктора технических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены научно-обоснованные технические и технологические решения и разработки по обеспечению эксплуатационных свойств ограждающих конструкций зданий, изготовленных из композиционных материалов на основе активированного фторангидритового сырья, в условиях воздействия солей, микроорганизмов и влаги, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны, а ее автор – Аниканова Любовь Александровна – заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по научной специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия (технические науки).

Официальный оппонент,
Яковлев Григорий Иванович,
доктор технических наук,
05.23.05. Строительные материалы и изделия
(технические науки), профессор,
426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск,
ул. Студенческая, 7.
Тел. +79128566688, e-mail: gyakov@istu.ru.

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Ижевский государственный технический университет
имени М.Т. Калашникова» (Министерство науки и
высшего образования),

Заведующий кафедрой «Строительные материалы,
механизация и геотехника»



Г.И. Яковлев

10.09.2026 г.

Я, Яковлев Григорий Иванович, даю согласие на включение своих персональных данных, содержащихся в настоящем отзыве, в документы, связанные с защитой диссертации Аникановой Любовь Александровной, и их дальнейшую обработку.

10.09.2026 г.



Г.И. Яковлев

Подпись Яковлева Г.И. удостоверяю:

ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА
УПРАВЛЕНИЯ ПРАВОВОГО И
КАДРОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ПО КАДРОВЫМ ВОПРОСАМ
РЕГИОНА ИЮ



10 » сентября 2026 г.