

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора химических наук, доцента

Проскуриной Виктории Евгеньевны

на диссертационную работу **Старченко Сергея Александровича**

на тему: «**Разработка и коллоидно-химические свойства суперпластифицирующей и структурообразующей комплексной добавки на основе флороглюцинфурфурольного олигомера и нано-SiO₂**», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.4.10. Коллоидная химия

Актуальность темы диссертационной работы

Проблема направленного регулирования реологических свойств и процессов структурообразования тиксотропных высококонцентрированных дисперсий занимает одно из центральных мест в области коллоидной химии и строительства с применением аддитивной технологии. Значительное число научных работ посвящено изучению комплексных добавок с наноразмерными частицами минеральных веществ для аддитивных технологий в области строительной печати, обеспечивающих высокую гибкость и индивидуализацию проектирования и строительства. Для активного внедрения аддитивных технологий (3D-печати) в строительстве необходимы фундаментальные знания и изучение особенностей, присущих полимерминеральным дисперсиям. В связи с этим, разработка коллоидно-химических принципов создания новой органоминеральной комплексной добавки на основе флороглюцинфурфурольного олигомера и наночастиц SiO₂ для получения высококонцентрированных дисперсий, управление их реологическими свойствами и процессами структурообразования для аддитивных технологий, несомненно, является *актуальным*.

Диссертация построена традиционным образом и состоит из введения, шести глав, заключения, списка условных обозначений, списка литературы из 186 наименований, 4 приложений. Работа изложена на 174 страницах машинописного текста, содержит 57 рисунков и 11 таблиц.

Во введении автор формулирует актуальность проводимых исследований, цель работы, научную новизну, теоретическую и практическую значи-

мость, рассматривает степень разработанности темы исследования и личный вклад автора, описывает методологию и методы исследования, отмечает положения, выносимые на защиту и достоверность полученных данных. В этом же разделе показана опытно-промышленная апробация результатов исследований.

В первой главе на основании обзора отечественных и зарубежных литературных источников отражено современное состояние развития коллоидно-химических закономерностей поверхностных явлений (регулирование агрегативной устойчивости и структурообразование), раскрыты подходы к регулированию реологических свойств высококонцентрированных суспензий. Автором приведены сведения об основных направлениях научных исследований в области проектирования составов строительных смесей в технологии 3D-печати. Показано, что существующие пластификаторы не обеспечивают одновременного повышения текучести и стабильности структуры, что предопределило выбор направления исследования и постановку цели и задач работы. Литературный обзор достаточно полно освещает выбранную диссертантом тему исследования и завершается выводами, которые выявляют ряд нерешенных проблем для аддитивных технологий в области строительной печати.

Во второй главе подробно описан выбор органической и неорганической части комплексной добавки. Приведена подробная информация о методах исследования: ИК- и УФ-спектроскопия, динамическое рассеяние света, лазерная дифракция, определение ζ -потенциала, вискозиметрия, рентгенофазовый анализ, электронная микроскопия. Такой подход обеспечил полноту характеристики систем и позволил количественно оценить коллоидно-химические параметры.

Третья глава посвящена усовершенствованию способа синтеза флороглюцинфурфуrolьного олигомера как индивидуальной добавки. Экспериментально продемонстрировано, что в щелочной среде фурфурол подвергается окислительно-восстановительным превращениям по реакции Канницца-

ро с образованием двух химически активных веществ: натриевой соли пирозлизовой кислоты и фурилового спирта, ухудшающих пластифицирующую способность добавки. Введено рациональное решение – капельное дозирование фурфурола, позволяющее снизить образование побочных соединений. Спроектировано, разработано и запрограммировано лабораторное устройство StarXum 2.0 для автоматического синтеза добавки на основе флороглюцинфурфурольного олигомера, обеспечивающее стабильность и воспроизводимость параметров синтеза.

В четвертой главе рассмотрено создание комплексной органоминеральной добавки на основе флороглюцинфурфурольного олигомера и наночастиц диоксида кремния. Сравнение кислотного и щелочного способов гидролиза жидкого стекла позволило установить оптимальный режим получения частиц менее 10 нм. Автор показал, что введение флороглюцинфурфурольного олигомера с оптимальной концентрацией 0,2 % увеличивает ζ -потенциал кремнезёма с -12 мВ до -48 мВ, что снижает вероятность коагуляции и повышает агрегативную устойчивость системы. Полученные изотермы адсорбции подтверждают мономолекулярный характер покрытия поверхности SiO₂. Дополнительно изучено влияние условий сушки: разработан эффективный способ обезвоживания органоминеральной комплексной добавки методом распыления при температуре 60 °С, позволяющий предотвратить агломерацию частиц и сохранить высокую дисперсность.

Пятая глава посвящена влиянию комплексной органоминеральной добавки на реологические и структурно-механические характеристики минеральных систем. Автор установил, что применение анализируемой добавки снижает предельное напряжение сдвига цементных суспензий почти на 88 %, уменьшает пластическую вязкость до 0,9 Па·с и одновременно увеличивает прочностные показатели цементного камня (на 29 % – ранняя, на 35 % – марочная прочность). Особый интерес представляют результаты по регулированию пластической прочности до уровня 0,07 МПа, что открывает возможности использования материала в аддитивных технологиях и 3D-печати.

В шестой главе обобщены результаты разработки технологии производства комплексной органоминеральной добавки. Описана технологическая схема, представлен материальный баланс процесса и предложены рекомендации по масштабированию. Важным представляется и заключение о том, что автором был запатентован состав (патент Российской Федерации № 2806395) и была изготовлена опытная партия добавки на предприятии ЗАО «Осколцемент».

В заключении представлены обобщенные выводы диссертационного исследования, рекомендации и перспективы дальнейших исследований.

Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы.

Научная новизна работы. Усовершенствован способ синтеза флороглюцинфурфурольного олигомера как индивидуальной добавки. Установлен механизм снижения эффективности флороглюцинфурфурольных олигомеров при синтезе пластифицирующей добавки, заключающийся в том, что параллельно основной реакции конденсации часть фурфурола подвергается окислительно-восстановительным превращениям с образованием побочных продуктов реакции (фурилового спирта и Na-соли пироглициновой кислоты). Отмечено, что капельное дозирование фурфурола позволяет повысить функциональную стабильность добавки. В работе впервые выявлено влияние флороглюцинфурфурольного олигомера на агрегативную устойчивость наночастиц SiO₂. Установлены закономерности влияния комплексной органоминеральной добавки на процессы структурообразования в минеральных высококонцентрированных суспензиях.

Теоретическая и практическая значимость. Диссертационная работа вносит вклад в развитие коллоидной химии и аддитивных технологий в области строительной печати. Установлены закономерности влияния комплексной органоминеральной добавки на основе флороглюцинфурфурольного олигомера и наночастиц SiO₂ на реологические свойства высококонцентрированных суспензий, что позволяет оптимизировать процессы формиро-

вания структуры бетона на разных стадиях строительной печати. Определены критические факторы (скорость введения фурфурола, содержание Натриевой пирогликолевой кислоты), снижающие эффективность олигомеров, минимизация которых в процессе синтеза обеспечила повышение стабильности добавки во времени. Разработан автоматизированный аппарат StarXum 2.0, предназначенный для синтеза олигомерных добавок. Устройство обеспечивает высокий уровень точности и повторяемости всех ключевых параметров процесса, что гарантирует стабильное качество получаемых продуктов на каждом этапе синтеза.

Достоверность и обоснованность результатов и выводов не вызывает сомнений, подтверждается большим экспериментальным материалом, полученным на современном сертифицированном оборудовании с использованием стандартных методов и аттестованных методик, комплексным подходом к анализу полученных данных, применением современных физико-химических методов исследования, проведением полупромышленных испытаний. Диссертационная работа прошла широкую **апробацию**: материалы диссертации изложены в 11 научных публикациях, в том числе 3 в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ; 2 в изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science. Получен 1 патент РФ на изобретение, 2 свидетельства о регистрации ноу-хау.

При ознакомлении с материалами диссертационной работы Старченко С.А. возникли следующие **вопросы и замечания**:

1. Почему при анализе синтеза индивидуальной добавки ограничились использованием метода ИК-спектроскопии? Для дополнительной оценки можно было применить методы ядерно-магнитного резонанса и элементного анализа (CHNS-анализ).

2. Автор утверждает, что стабилизация частиц SiO_2 обусловлена совместным действием электростатического и адсорбционно-сольватного факторов агрегативной устойчивости. Рассматривался ли вклад энтропийного и структурно-механического факторов стабилизации?

3. В главе, посвящённой адсорбции олигомеров, полезно было бы обсудить, как молекулярная масса и степень конденсации олигомера влияют на плотность и толщину адсорбционного слоя, а следовательно – на структуру и потенциал двойного электрического слоя.

4. При анализе устойчивости дисперсий целесообразно было бы оценить влияние концентрации электролита на изменение энергии электростатического отталкивания и высоту потенциального барьера, что позволило бы количественно подтвердить сделанные выводы по модели ДЛФО.

5. Проводилось ли сравнение эффективности разработанной добавки с промышленными суперпластификаторами (например, на основе нафталинсульфонатов или поликарбоксилатов)? С практической точки зрения сопоставление эффективностей разработанной добавки с известными суперпластификаторами позволило бы количественно оценить конкурентоспособность ОМКД.

Указанные замечания носят рекомендательный характер. Диссертация написана грамотным научным языком, материал изложен в логической последовательности и заслуживает высокой положительной оценки.

Диссертация **Старченко Сергея Александровича** является завершённой научно-квалификационной работой, в которой содержится **решение актуальной научной задачи**, заключающейся в установлении коллоидно-химических основ создания новой органоминеральной комплексной добавки на основе флороглюцинфурфурольного олигомера и наночастиц SiO_2 для получения тиксотропных высококонцентрированных минеральных дисперсий, управление их реологическими свойствами и процессами структурообразования для аддитивных технологий, имеющей значение для **развития соответствующей отрасли** коллоидной химии – технические науки.

Диссертационная работа Старченко Сергея Александровича «Разработка и коллоидно-химические свойства суперпластифицирующей и структурообразующей комплексной добавки на основе флороглюцинфурфурольного

олигомера и нано-SiO₂» по актуальности исследуемых проблем, научной новизне, теоретической и практической значимости, степени обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, числу публикаций полностью соответствует критериям (пп. 9-14) «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 в действующей редакции), предъявляемым к работам на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, **Старченко Сергей Александрович**, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.4.10. Коллоидная химия.

Официальный оппонент:

Доктор химических наук (специальность 02.00.11 – «Коллоидная химия»), доцент, профессор кафедры физической и коллоидной химии ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»



Проскурина Виктория Евгеньевна
«1» декабря 2025 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Адрес: 420015, Российская Федерация, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, 68

Телефон: +7 (843) 231-42-78

E-mail: v_proskurina@mail.ru



Проскурина ВЕ
удостоверяю.
Начальник отдела
кадрового делопроизводства
ФГБОУ ВО «КНИТУ»
И.А. Храмова
«01» 12 2025 г.