

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Степиной Ирины Васильевны
«Физико-химические основы модифицирования лигноцеллюлозных строительных
материалов элементоорганическими соединениями»,
представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по
специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия

Диссертационная работа Степиной И.В. посвящена решению проблемы низкой биостойкости, горючести и гидрофильности лигноцеллюлозных строительных материалов (ЛЦСМ). В условиях глобального тренда на устойчивое развитие, декарбонизацию и использование возобновляемых ресурсов, повышение эксплуатационных характеристик «зеленых» материалов на основе растительного сырья является исключительно актуальной задачей. Автор предлагает оригинальный и научно обоснованный подход к решению этой проблемы, базирующийся на применении модификаторов на основе элементоорганических соединений (ЭОС) – фосфор- (ФОС), кремнийорганических (КОС) и боразотных соединений (БАС), способных формировать на поверхности и в структуре ЛЦСМ устойчивый полифункциональный барьерный слой.

Научная новизна и значимость работы

Степиной И.В. впервые разработана и всесторонне обоснована концепция комплексного управления процессами модифицирования ЛЦСМ ЭОС, включающая пять принципов (направленного химического взаимодействия, гидролитической устойчивости, функциональности, управления полярностью, экологичности и технологичности). Эта концепция носит фундаментальный характер и задает новые ориентиры для проектирования защитных систем для материалов растительного происхождения.

Особого внимания заслуживают следующие научные результаты:

1. Установление закономерностей кинетики и механизмов взаимодействия ФОС и КОС с компонентами ЛЦСМ. Автором доказано, что предварительное фосфорилирование создает реакционноспособный «мостик», снижающий энергию активации последующего силилирования в 1,5–10 раз и увеличивающий степень модифицирования в 1,8 раза. Это открывает возможности для эффективного управления процессом при умеренных температурах. Выявлен полихронный характер кинетики силилирования ЛЦСМ, обоснована дифференциация кинетической и диффузионной областей для разных систем модификаторов – результат, имеющий прямое технологическое значение.

2. Обоснование и экспериментальная верификация двухстадийного метода модифицирования (ФОС + КОС) как эффективного способа комплексной защиты. Показано, что такая последовательная обработка обеспечивает гидролитически устойчивые связи модификатора с подложкой, что подтверждено отсутствием вымывания Р и Si после климатических испытаний. Комбинации ДМФ+ПЭГС и ДМФ+ПМСН дают синергетический эффект, выражающийся в росте термостойкости (E_a возрастает почти вдвое – до 363 кДж/моль), полной грибостойкости и долговременной гидрофобности.

3. Установление механизма интеркристаллитного модифицирования целлюлозы БАС. Впервые показано, что БАС химически связываются преимущественно с первичными ОН-группами (C^6) целлюлозы, увеличивая степень кристалличности (с 47,65 % до 51,12 %) без нарушения макроструктуры. Этот «мягкий» характер модифицирования является важным достижением, поскольку позволяет сохранить уникальные природные свойства древесины, одновременно повышая ее защищенность.

4. Разработка физико-химических основ создания «зеленых» композитов на основе инвазивного недревесного сырья (борщевика Сосновского). Получены теплоизоляционные материалы с $\lambda = 0,055 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°С)}$, прочностью при сжатии до 0,40 МПа, высокой биостойкостью (0 баллов) и повышенной термостойкостью (+65 °С). Это не только решает проблему утилизации инвазивного растения, но и создает экономически эффективный и экологичный продукт.

Теоретическая и практическая значимость

Теоретическая значимость работы заключается в создании фундаментальных основ направленного синтеза защитных систем для ЛЦСМ, установлении кинетических моделей процессов модифицирования, объяснении механизмов действия ЭОС на молекулярном и надмолекулярном уровнях. Разработанная феноменологическая модель деградации древесины во времени углубляет понимание процессов старения и позволяет прогнозировать долговечность конструкций.

Практическая ценность работы подтверждена разработкой и внедрением серии защитных составов («Фоскос», «Ксилостат», «АФБ» и др.), обеспечивающих II группу огнезащиты и 0 баллов по грибостойкости. Получены патенты РФ и технические условия. Технологии прошли успешную апробацию при реставрации памятников архитектуры и защите современных строительных конструкций в различных регионах страны. Расчеты по уравнению Журкова показывают увеличение срока службы модифицированной древесины в 1,4 раза, что имеет прямой экономический эффект.

Достоверность и обоснованность результатов

Высокая степень достоверности обеспечена использованием комплекса взаимодополняющих физико-химических методов (ИК-, РФЭС-, ЯМР-спектроскопия, РСА, РЭМ, ТГА-ДСК), метрологически аттестованного оборудования, большим объемом экспериментальных данных (более 20 лет исследований), а также положительными результатами внедрения. Автореферат написан четким, логичным языком, хорошо структурирован, содержит обширный фактический материал и наглядные иллюстрации.

Вопросы по работе

1. В работе исследуется преимущественно древесина сосны и стебли борщевика Сосновского. Остается открытым вопрос о применимости разработанных принципов и составов к другим распространенным породам древесины (ель, лиственница, твердолиственные породы) и видам недревесного сырья, что могло бы расширить область применения.

2. При обсуждении механизма действия БАС указано на «интеркристаллитное модифицирование», однако в автореферате не раскрыто, каким образом увеличение степени кристалличности влияет на макроскопические свойства модифицированной древесины.

Указанные замечания не снижают общей высокой оценки работы и носят скорее характер рекомендаций для дальнейших исследований.

Заключение

Диссертационная работа Степиной Ирины Васильевны представляет собой завершенное фундаментальное научное исследование, выполненное на высоком методическом уровне. Автором решена крупная научная проблема – созданы физико-химические основы модифицирования лигноцеллюлозных строительных материалов элементоорганическими соединениями, что имеет важное значение для развития строительного материаловедения и внедрения «зеленых» технологий в

индустрию. Результаты работы обладают несомненной новизной, теоретической и практической значимостью, подтверждены патентами и актами внедрения.

Содержание автореферата полностью отражает основные положения диссертации, соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ, а ее автор, Степина Ирина Васильевна, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия.

Доктор технических наук по
специальности 01.04.07 – физика
конденсированного состояния, профессор,
и.о. ректора
«ФГБОУ ВО "Томский государственный
архитектурно-строительный
университет"»

Волокитин
Олег Геннадьевич

«19» 08 2026 г.

Я, Волокитин Олег Геннадьевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Степиной Ирины Васильевны, и их дальнейшую обработку.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Томский государственный архитектурно-строительный университет".

Адрес организации: 634003, Томская область, г. Томск, пл. Соляная, д. 2

Телефон: +7 (3822) 65-39-30

Адрес электронной почты: rector@tsuab.ru

Личную подпись Волокитина О.Г. заверяю

Проректор по научной работе, д.р. техн. наук

Ромашкина В.З.

