

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 65.011.56:330.35

ИННОВАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ КРЕАТИВНОЙ ЭКОНОМИКИ: МОДЕЛИ И ПРОБЛЕМЫ ТРАНСФЕРА, ПЕРЕРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ¹*Е.С. Косоногова, ²Д.Л. Ефименко, ³П.О. Яковлев*¹ Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, email: ekaterina.koc@mail.ru² Сервисно-производственное объединение «САНПРИНТ», Санкт-Петербург, email: defimenko@yandex.ru³ ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», Санкт-Петербург

Аннотация. Актуальность исследования определяется необходимостью формирования устойчивых материальных потоков между лесопромышленным комплексом (ЛПК) и технологической инфраструктурой креативных индустрий, нуждающихся в инновационных материалах, обладающих высокими эстетическими, функциональными и экологическими характеристиками. Цель работы заключается в теоретическом обосновании и моделировании движения инновационных материалов ЛПК в межотраслевых цепочках, включая процессы переработки, согласования технологических параметров и интеграции в платформенные системы. В исследовании представлены структурные особенности материальных потоков, выявлены ключевые барьеры и разработана платформенная модель управления движением материалов с включением цифровых протоколов, пилотных линий, моделей замкнутого цикла и межотраслевого согласования. Полученные результаты формируют теоретико-методологические основания для развития высокотехнологичной инфраструктуры креативных индустрий и могут использоваться при проектировании производственных платформ, формировании стандартов материаловедения и создании моделей межотраслевой интеграции.

Ключевые слова: инновационные материалы ЛПК; креативные индустрии; материальные потоки; межотраслевая интеграция; платформенная модель; переработка и каскадное использование; дизайнерские материалы; полиграфические и аддитивные технологии; технологическая инфраструктура, текстильные материалы.

INNOVATIVE FOREST-BASED MATERIALS FOR THE CREATIVE ECONOMY: MODELS AND CHALLENGES OF TRANSFER, RECYCLING, AND APPLICATION¹*E.S. Kosonogova, ²D.L. Efimenko, ³P.O. Yakovlev*¹ St. Petersburg State Forestry Engineering University named after S.M. Kirov, St. Petersburg, email: ekaterina.koc@mail.ru² SANPRINT Service and Production Association, Saint Petersburg, email: defimenko@yandex.ru³ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design", Saint Petersburg

Abstract. The relevance of this study is driven by the need to establish sustainable material flows between the forest-based industries and the technological infrastructure of the creative economy, which increasingly depends on innovative materials with advanced aesthetic, functional, and environmental properties. The aim of the research is to theoretically justify and model the movement of innovative LPK materials across intersectoral value chains, including processes of recycling, technological compatibility, and integration into platform-based systems. The study identifies structural characteristics of material flows, examines key constraints, and develops a platform model for managing material movement incorporating digital protocols, pilot lines, closed-loop systems, and mechanisms of cross-sectoral alignment. The findings provide a theoretical and methodological foundation for the development of high-tech infrastructure within the creative industries and can be applied to the design of production platforms, materials standards, and intersectoral integration models.

Keywords: innovative LPK materials; creative industries; material flow; intersectoral integration; platform model; recycling and cascading; nanocellulose; designer substrates; printing and additive technologies; technological infrastructure.

Дата поступления статьи в редакцию: 20.11.2025

Дата принятия статьи в печать: 26.12.2025

Введение

Развитие креативной экономики в России сопровождается ростом спроса на инновационные материалы, обладающие высокой эстетической, функциональной и экологической ценностью. Материальное ядро креативных индустрий формируется преимущественно за счёт ресурсов лесопромышленного комплекса, целлюлозно-бумажных производств и смежных с ними технологических направлений. Инновационные материалы становятся ключевыми элементами цепочек создания ценности в полиграфии, аддитивных технологиях, арт-производствах, музейно-выставочных практиках, бренд- и медиа-коммуникациях. Однако их движение в межотраслевой системе остаётся фрагментированным, что ограничивает технологическое развитие креативного сектора. Наблюдаемая проблематика связана с недостаточной согласованностью материаловедения ЛПК с технологическими режимами полиграфических и аддитивных комплексов, разрывами в параметризации материалов, отсутствием унифицированных стандартов и национальных аналогов художественных и функциональных субстратов. По данным отраслевых аналитических центров, до 72–85% премиальных бумажных носителей и специализированных покрытий в период до 2022 года поставлялись из-за рубежа, что формировало устойчивую зависимость креативных индустрий от внешних производственных контуров и усложняло интеграцию инновационных материалов в технологическую инфраструктуру. Одновременно с этим наблюдается ограниченная включённость ЛПК в модели замкнутых циклов, слабая регенерация материалов и недостаток данных для проведения анализа потоков, что снижает эффективность межотраслевой координации. Межотраслевые взаимодействия требуют создания теоретической модели, способной объяснить движение, трансформацию, переработку и применение материалов в динамичной технологической среде креативных индустрий.

Цель исследования

Цель исследования заключается в теоретико-методологическом обосновании трансфера инновационных материалов лесопромышленного комплекса в технологическую инфраструктуру креативных индустрий, включая моделирование потоков, выявление ограничений.

Объект исследования – материальные потоки инновационных материалов ЛПК в межотраслевой системе «ЛПК – полиграфические и аддитивные технологические комплексы – креативные индустрии».

Предмет исследования – модели движения, согласования, переработки и применения инновационных материалов в технологической инфраструктуре креативной экономики, а также механизмы их межотраслевой интеграции.

Материалы исследования включают статистические данные ЛПК и полиграфической промышленности, аналитические отчёты по рынкам дизайнерских материалов, сведения о свойствах инновационных материалов, данные исследовательских центров, технические паспорта материалов и результаты апробации пилотных технологических процессов.

Методологическая база исследования опирается на межотраслевой аналитический подход, методы системного анализа, сравнительный анализ технологических процессов, а также платформенный подход к моделированию межотраслевых взаимодействий.

Результаты исследования

А. Инновационные материалы ЛПК как ресурсная база технологической инфраструктуры креативных индустрий

Современная креативная экономика предъявляет принципиально новые требования к материальному обеспечению производства культурных, художественных и дизайнерских объектов. Возрастает спрос на материалы повышенной технологичности, эстетической дифференцированности, долговечности и адаптируемости к сложным цифровым и пост-печатным процессам. Лесопромышленный комплекс, включая целлюлозно-бумажную отрасль, лесохимию и направления биополимерных и композиционных материалов, становится ключевым поставщиком такого рода сырья и инновационных формообразующих материалов. Его технологический потенциал позволяет создавать широкий спектр материалов, ориентированных на высокохудожественные приложения, премиальную печать, музейную репродукцию, прототипирование, аддитивные технологии и масштабируемые формы арт-производств.



Исследовательская значимость состоит в обосновании роли ЛПК как источника инновационных материалов для технологической инфраструктуры креативных индустрий, оценке их свойств и функциональной применимости, а также в выявлении специфики материальных потоков, связывающих сырьевую, технологическую и творческую стадии производства. Качественное описание этих материалов необходимо для моделирования потоков, выбора оптимальных производственных стратегий и формирования систем переработки и регенерации в условиях экономики цикла.

Инновационные материалы ЛПК формируются на основе глубоких технологических трансформаций древесного сырья и целлюлозных полуфабрикатов, включая многостадийную переработку, химическую модификацию, биоинженерные подходы и композитные соединения. Эти материалы обладают особыми структурными, оптическими, механическими и эстетическими характеристиками, что делает их применимыми в высокоточных процессах художественной печати, создании арт-объектов, предметного дизайна, архитектурных макетов и гибридных проектов.

Особое значение приобретают материалы с высокой степенью контролируемости структуры: нанокристаллическая и микрофибриллярная целлюлоза, биополимеры на основе лигнина, целлюлозные плёнки, гибридные композиты. Они обеспечивают расширение инструментальных возможностей художников, дизайнеров, полиграфических технологов и специалистов по аддитивному производству. Многослойные художественные бумаги, архивные подложки и текстурированные материалы создают новый уровень визуально-тактильной выразительности и устойчивости, что особенно важно для арт-книг, музейных экспозиций и премиальных серий.

Включение этих материалов в межотраслевой контур «ЛПК – Полиграфия – Аддитивные технологии – Креативные индустрии» позволяет повышать технологическую адаптивность инфраструктуры, обеспечивать высокую степень кастомизации продукта и формировать расширенный спектр художественных решений.

Инновационные материалы ЛПК формируют устойчивую межотраслевую ресурсную основу для креативной экономики, обеспечивая высокий уровень технологической гибкости, эстетической вариативности и долговечности художественных и дизайнерских продуктов. Их свойства определяют возможность интеграции с современными полиграфическими, цифровыми и аддитивными технологиями, что позволяет создавать продукцию принципиально нового уровня сложности и культурной значимости [2]. Формируется расширенное поле применения материалов – от премиальной печати и музейной репродукции до экспериментального медиа-арта и высокотехнологичного прототипирования.

Наблюдается трансформация роли ЛПК: от поставщика базового сырья он становится источником инновационных, функционально насыщенных материалов, вписывающихся в экономику цикла и ориентированных на устойчивое развитие. Это подтверждает необходимость межотраслевой интеграции и формирования новых моделей управления материальными потоками, в которых креативные индустрии становятся не только потребителем, но и драйвером технологических инноваций.

Б. Проблемы и ограничения движения инновационных материалов ЛПК в технологической инфраструктуре креативных индустрий

Несмотря на значительный потенциал межотраслевой интеграции ЛПК и креативной экономики, движение инновационных материалов – от сырьевых сегментов ЛПК к полиграфическим, аддитивным и гибридным технологическим комплексам – сталкивается с рядом системных барьеров. Эти ограничения проявляются на уровне технологических режимов, регуляторных норм, производственных возможностей, логистики, квалификационных требований и аксиологических ожиданий конечных потребителей.

Сложность проблемы усиливается тем, что инновационные материалы ЛПК (наноцеллюлоза, функциональные покрытия, биоразлагаемые композиты, высокопрочные бумажные субстраты, ориентированные и модифицированные волокна) требуют строгой согласованности параметров обработки, наличия «тонких» производственных режимов, а также высокой точности допусков в печати, резке, спекании, ламинации и послойном нанесении. В условиях отсутствия единой платформенной инфраструктуры креативные индустрии не всегда могут интегрировать новые материалы в собственные технологические цепочки. Кроме того, статистика отраслей ЛПК и полиграфии демонстрирует выраженную зависимость от импортных материалов премиального уровня: по данным профильных ассоциаций, до 72–85% дизайнерских бумаг и художественных подложек в России формировались за счёт зарубежных поставщиков (до 2022 г.) [3,4]. Аналогичная зависимость наблюдалась по фотополимерам, УФ-отверждаемым лакам, инновационным чернилам и композиционным материалам для аддитивных процессов. После 2022 года дефицит вырос, что усилило разрыв между запросами креативной индустрии и производственными возможностями ЛПК. На этом фоне становится необходимым выявить конкретные проблемные зоны, препятствующие устойчивому движению материалов в межотраслевой системе [2].

Таблица 1

Иновационные материалы ЛПК и их технологические характеристики в применении к креативным индустриям

Категория инновационного материала	Технологические свойства и параметры	Применение в креативных индустриях
Многослойные дизайнерские бумаги (Premium Art Paper, Multilayer Substrates)	Многокомпонентная структура до нескольких слоёв, плотность в диапазоне 120–450 г/м ² , высокая стабильность геометрических параметров при печати с деформацией не более 0,1%, выраженная способность к рассеиванию света, обеспечивающая насыщенность тонов, наличие бархатных, перламутровых, soft-touch и минерализованных покрытий, а также архивная устойчивость, соответствующая международным стандартам долговечности	Применяются для производства премиальных арт-книг, музейных репродукций, коллекционных альбомов, художественной графики, luxury-упаковок, сложных иммерсивных изданий, выставочных материалов, арт-сувениров и лимитированных серий, где необходимы высокие визуальные и тактильные характеристики
Нанокристаллическая целлюлоза (NCC/CNC)	Материал наноразмерной структуры, достигающим значений сверхтвёрдых материалов, высокой прозрачности, способностью формировать оптические эффекты структурного цвета, пригодностью для создания тонких плёнок и композитов, а также совместимостью с биополимерными и оптическими технологиями	Используется для создания оптических арт-объектов, декоративных плёнок с изменяющимися характеристиками отражения, микро-оптических элементов для световых инсталляций, экспериментальных дизайнерских поверхностей, модифицированных арт-материалов, гибридных объектов и высокотехнологичных декоративных вставок в предметном дизайне
Микро-фибрилярная целлюлоза (MFC/NFC)	Волокнистая структура микрометрического масштаба, позволяющая формировать гелеобразные среды, создавать гибкие композитные материалы, обеспечивать высокую адгезию к красителям и покрытиям, а также обеспечивать совместимость с ультрафиолетовой печатью и биополимерными чернилами	Применяется в производстве биочернил для художественной 3D-печати, изготовлении гибких подложек для печати и прототипирования, создании органически структурированных арт-объектов, рельефных форм, дизайнерских поверхностей и образцовательных музейных материалов, требующих экологичности и высокой степени инертности
Лигниновые материалы	Характеризуются термостабильностью в диапазоне средних температур, высоким модулем упругости, природной биоразлагаемостью, возможностью модификации электропроводящими компонентами, устойчивостью к ультрафиолетовому излучению и способностью формировать прочные биопластичные структуры	Используются для создания экологичных декоративных объектов, художественных поверхностей, скульптурных форм, премиальной биоразлагаемой упаковки, гибридных цифровых материалов и интерактивных объектов, применяемых в современном искусстве и бренд-коммуникациях
Композиционные материалы на основе древесных частиц (WPC)	Материалы с высокой долей древесной фракции, отличающиеся формой-стойкостью, возможностью получения сложных геометрических форм, влагостойкостью, устойчивостью к деформациям, пригодностью для лазерной резки и гравировки, а также вариативностью текстурирования	Применяются для производства архитектурных макетов, музейных реконструкций, декоративных панелей, сценографических элементов, крупноформатных арт-объектов, дизайнерских предметов интерьера, прототипов и сувенирных изделий, где важна прочность, текстурная насыщенность
Целлюлозные биоплёнки	Высокая прозрачность, значительная прочность при растяжении, способность удерживать проводящие слои, антистатические свойства, огнестойкие модификации и полная биоразлагаемость в естественных условиях	Используются для создания световых инсталляций, арт-панелей, полупрозрачных декоративных поверхностей, декоративных слоёв, гибких основ для графики и фотографии, экологичных упаковок решений и интерактивных арт-проектов, требующих пластичности и светопрозрачности
Ультратонкие материалы	Предельно малая толщина, низкая пористость и высокая гладкость обеспечивают возможность получения предельной детализации изображения; материал совместим с пигментными чернилами и пригоден для реставрационных и музейных технологий	Используются в высокоточной художественной печати, реставрации графики и фотографии, создании коллекционных серий, оформлении музейных экспозиций, производстве авторских миниатюрных арт-объектов и премиальных изданий
Текстурированные бумаги нового поколения	Микро-рельефная структура, тактильная выраженность, устойчивость фактуры при пост-печатных операциях, способность к глубокому тиснению и стабильность структуры при многостадийной печати	Применяются в премиальной бренд-упаковке, арт-книгах, оформлении сертификатов, разработке айдентики, создании дизайнерских каталогов, буклетных сериях и материалах с интеллектуальной фактурой
Биосмеси и биочернила на основе целлюлозы	Регулируемая вязкость, совместимость с технологиями струйной печати, 3D-печати, низкая усадка, способность удерживать пигменты и пластификаторы, применимость для создания сложных биополимерных структур	Используются для создания органических скульптур, объектов биоарта, формируемых непосредственно в экспозиционном пространстве, экспериментальных материалов для образования, арт-объектов в технике биопечати и уникальных элементов дизайнерской среды
Наноструктурированные лигноцеллюлозные гибриды	Специализированная наноструктура, лёгкость, оптические эффекты структурного цвета, высокая прочность и гибкость применения в декоративных покрытиях	Применяются в создании высокотехнологичных декоративных элементов, оптических арт-объектов, интерактивных инсталляций, медиа-поверхностей, архитектурных декоративных решений и экспериментальных художественных практик
Архивные художественные бумаги (Museum Grade)	Хлопковая безлигнинная основа, нейтральная кислотность, светостойкость, долговечность, устойчивость к старению и высокая совместимость с пигментными чернилами	Используются в музейной графике, реставрации документов, создании коллекционных изданий Fine Art, репродукций произведений искусства, художественной фотографии и подарочных изданий
Крафтовые и усиленные художественные бумаги	Высокая плотность, формоустойчивость, возможность лазерной обработки, использующие природные пигменты структуры и текстуры	Применяются в создании крупных художественных инсталляций, сценографических объектов, макетов, дизайнерских интерьерных элементов, бумаж-ных скульптур и декоративных панелей

Таблица 2

Основные проблемы и ограничения трансфера инновационных материалов ЛПК в систему технологической инфраструктуры креативных индустрий

Группа проблем	Содержание несогласованности и проявления разрывов
Технологические разрывы между ЛПК, полиграфией и последующими технологическими циклами креативных индустрий	Несовместимость параметров материалов с режимами печати и постобработки; различие в стандартных допусках по плотности, впитываемости, стабильности под нагрузкой, температурным режимам; отсутствие адаптированных рецептур под цифровую печать высокой точности; невозможность работы с нестабильными структурами (наноцеллюлоза, био-композиты) на стандартных линиях
Отсутствие согласованных стандартов и нормативов для инновационных материалов	Недостаточность ГОСТов и технических регламентов для новых материалов; невозможность сертификации небольших партий; отсутствие классификаторов для дизайнерских и функциональных носителей; невозможность присвоения параметров кислотности, стойкости к свету и влаге и других; барьеры для включения инновационных материалов в проектную документацию
Слабая интеграция научно-исследовательских и экспериментальных модулей в производственный контур	Ограниченность пилотных линий ЦБП и полиграфии; отсутствие исследовательских контуров «материал–печать–финишная обработка»; невозможность быстрой адаптации новых волокон и покрытий под художественные задачи; разрыв между академическим материаловедением и технологическими процессами креативной индустрии
Низкая доступность высококачественных материалов из-за импортозависимости, политических, санкционных и логистических ограничений	Рост себестоимости премиальных сортов бумаги (в 1,7–2,3 раза после 2022 г.) [1]; дефицит специальных субстратов (хлопковых, текстурированных, архивных, акварельных), ограниченная доступность УФ-совместимых покрытий; отсутствие отечественных аналогов высокохудожественных материалов
Недостаточная разработанность моделей замкнутого цикла и регенерации материалов	Ограниченные возможности по переработке дизайнерских и многослойных материалов; сложность вторичного использования подложек с металлизированными, лаковыми и полимерными слоями; отсутствие каскадных стратегий для художественных подложек; высокие экологические потери при утилизации
Дефицит культурных и кадровых компетенций для работы с инновационными материалами и гибридными технологиями	Недостаток специалистов по управлению цветом, профилированию, работе с наноцеллюлозой, био-композитами, структурными подложками; дефицит технологов по коротким тиражам; отсутствие межотраслевых учебных программ «материал–технология–креативный продукт»
Цифровые разрывы и недостаточность данных для моделирования межотраслевых потоков	Отсутствие баз свойств материалов; недостаток цифровых двойников; невозможность построения моделей MFA для малотиражной продукции; ограниченная аналитика по движению материалов в художественных сегментах

Анализ выявил комплексную систему ограничений, в рамках которой движение инновационных материалов ЛПК в сторону полиграфии, аддитивных технологий и конечных сегментов креативной индустрии оказывается затруднённым. Главными источниками разрывов выступают технологическая несогласованность материалов и режимов обработки, отсутствие унифицированных нормативов, ограниченность экспериментальной инфраструктуры, дефицит высококачественных материалов и слабая институционализация моделей замкнутого цикла. Эти барьеры препятствуют формированию устойчивых материальных потоков и снижают способность креативной экономики к инновационному развитию.

Выводы

Проведённый анализ проблем и ограничений движения инновационных материалов лесопромышленного комплекса в технологическую инфраструктуру креативных индустрий показывает, что межотраслевая система «ЛПК – полиграфические и аддитивные комплексы – креативная экономика» функционирует в условиях выраженной технологической, нормативной и организационной несогласованности. Структурные разрывы возникают на уровне параметров материалов, их совместимости с технологическими режимами печати и постобработки, отсутствия нормативов и пилотных линий. Импортозависимость, дефицит кадровых компетенций и отсутствие цифровых данных усиливают фрагментацию системы и затрудняют реализацию моделей замкнутого цикла. Всё это снижает инновационную ёмкость креативных индустрий и ограничивает масштабирование отечественных высокотехнологичных материалов, формируя необходимость разработки платформенных механизмов межотраслевого движения и согласования потоков.

Научные результаты исследования:

1. Установлены ключевые группы проблем, препятствующие трансферу инновационных материалов от ЛПК к полиграфическим и аддитивным технологическим комплексам, включая технологическую несовместимость, нормативные разрывы и отсутствие инфраструктуры экспериментальной адаптации материалов.

2. Определены параметры импортозависимости и дефицита премиальных дизайнерских и функциональных подложек, влияющие на устойчивость креативных индустрий и ограничивающие возможности для внедрения новых материалов ЛПК.

3. Показано, что отсутствие моделей переработки, каскадного использования и регенерации дизайнерских материалов снижает экологическую устойчивость межотраслевой системы и препятствует реализации принципов экономики замкнутого цикла.

4. Выявлены дефициты кадровых и цифровых компетенций, определяющие необходимость формирования межотраслевых образовательных программ, цифровых баз свойств материалов и инструментов моделирования потоков.

Область применения результатов исследования

Полученные результаты могут быть использованы при проектировании межотраслевых платформ управления движением инновационных материалов; при разработке национальных и региональных программ поддержки ЛПК и креативной экономики.

Литература

1. Каштелян Т.В., Полянская О.А. Продвижение устойчивых цепочек добавленной стоимости (ЦДС) в инновационной экономике // Цифровизация: экономика и управление производством: Материалы 89-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 03–18 февраля 2025 года. Минск: Белорусский государственный технологический университет, 2025. С. 79-82. EDN PBNAQS.

2. Исаян З.Р. Инновационные тенденции в области полиграфии // Проблемы и тенденции научных преобразований в условиях трансформации общества: сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции, Волгоград, 28 апреля 2020 года. Стерлитамак: ООО «Агентство международных исследований», 2020. С. 78-84. EDN: WYKSAU.

3. Черная Н.В., Дубоделова Е.В., Деревяго И.П. Состояние современного рынка бумажной и картонной продукции // Новейшие достижения в области инновационного развития целлюлозно-бумажной промышленности: технология, оборудование, химия: материалы докладов Международной научно-технической конференции технической конференции, Минск, 04-06 апреля 2017 года. Минск: БГТУ, 2017. С. 33-39. EDN: AXBFYR.

4. Косоногова Е.С., Яковлев П.О., Сливинский Д.В. Инновации в межотраслевой цепочке поставок: исследовательские тренды биоэкономики замкнутого цикла // International Agricultural Journal. 2021. Т. 64, № 6. DOI: 10.24412/2588-0209-2021-10446 EDN: ICPIJL.

5. Andrew F. Fieldsend, Evelien Cronin, Eszter Varga, Szabolcs Bir, Elke Rogge, Organisational Innovation Systems for multi-actor co-innovation in European agriculture, forestry and related sectors: Diversity and common attributes // NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences. 2020. Vol. 92. 100335. ISSN 1573-5214. DOI: 10.1016/j.njas.2020.100335.

