

**КРАШЕНИЕ ПИГМЕНТНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ КАК МЕТОД
ГИДРОФОБИЗАЦИИ ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА ДЛЯ АРМИРУЮЩИХ
НАПОЛНИТЕЛЕЙ БИОКОМПОЗИТОВ**
**DYEING WITH PIGMENT DYES AS A METHOD OF
HYDROPHOBIZATION OF FLAX FIBER FOR REINFORCING FILLERS
OF BIOCOMPOSITES**

Ленько К.А., Иванова В.В., Скобова Н.В., Ясинская Н.Н.
Lenko K.A., Ivanova V.V., Skobova N.V., Yasinskaya N.N.

Витебский государственный технологический университет, Витебск
Vitebsk State Technological University, Vitebsk
(e-mail: kotya240497@mail.ru)

Аннотация: В работе представлены результаты экспериментальных исследований модификации отходов льнопрядения с целью придания им гидрофобных свойств для использования в качестве армирующего наполнителя биокomпозитов. Экспериментально подтверждена возможность совмещения крашения пигментными красителями и пропитки маловязким связующим при формировании биокomпозитов для придания колористических свойств и снижения водопоглощения.

Abstract: The paper presents the results of experimental studies on the modification of flax spinning waste to impart hydrophobic properties for their use as a reinforcing filler in biocomposites. The possibility of combining dyeing with pigment dyes and impregnation with a low-viscosity binder during the formation of biocomposites to impart coloristic properties and reduce water absorption has been experimentally confirmed."

Ключевые слова: отходы льнопрядения, сорбционные свойства, капиллярность, водопоглощение, ферментная обработка, целлюлаза, пектиназа, пигментные красители, биокomпозиты, армирующий наполнитель.

Keywords: flax spinning waste, sorption properties, capillarity, water absorption, enzymatic treatment, cellulase, pectinase, pigment dyes, biocomposites, reinforcing filler.

Анализ научно-технической литературы свидетельствует о неуклонно возрастающем интересе исследователей к расширению перспектив усовершенствования биополимерных композитных материалов, армированных натуральными волокнистыми наполнителями [1-3]. Большинство исследований доказывают перспективность использования льняных волокон для армирования полимерных композитов [4-5]. Особый интерес представляет использование отходов льнопроизводства в качестве армирующего наполнителя биокomпозитов.

Однако, при использовании льняных волокон в качестве армирующего наполнителя полимерных композитов возникают некоторые сложности. Во-первых, неравномерная пропитка и низкая адгезия полимерного связующего из-за различия в гидрофильно-гидрофобных свойствах натурального волокна и синтетического связующего приводит к пористости композитов, что негативно влияет на их механические свойства. Во-вторых, наличие в

натуральном волокне внутренней развитой капиллярно-пористой системы, обуславливает высокое водопоглощение биокomпозитов, что снижает эксплуатационные характеристики изделий из них.

Известны различные способы гидрофобизации льняного волокна. Обработка щелочью для удаления гидрофильных спутников целлюлозы [6], добавление синтетических волокон к льняному наполнителю [7], биохимическая модификация льняного волокна, позволяющая реализовать пространственно локализованную деструкцию полимерных спутников льняной целлюлозы без ее повреждения.

Авторами работ [2-4] предложено для уменьшения водопоглощения натуральных волокон и пористости композитов использовать двухстадийные способы формования с использованием разных типов связующего. Предварительное проведение пропитки жидкой смолой с низкой вязкостью обеспечивает заполнение межволоконных пустот и микропоровых пространств натурального волокна, а также фиксацию слоев наполнителя перед обработкой связующим [8,9].

В некоторых областях применения полимерных композитов, например детали интерьера, строительство, автомобилестроение и других, помимо требований эксплуатационных и технологических характеристик, большое внимание уделяется эстетическим свойствам. В качестве добавок, позволяющих регулировать колористические свойства полимерного связующего, чаще всего используются пигменты. Однако недостатком введения пигмента в полимерное связующее является негативное влияние на механические свойства композита.

Цель данного исследования состояла в выявлении возможности совмещения крашения и пропитки маловязким связующим при формировании биокomпозитов для придания колористических свойств и снижения водопоглощения.

В качестве объекта исследования использовали вытряску, образующуюся на линии котонизации РУПП «Оршанский льнокомбинат», обработанную на комплексе оборудования для отделения льноволокна от костры и пыли при переработке (очистке) короткого льноволокна. Преобладающим компонентом в составе вытряски является волокнистая масса (53,2 %) с высоким содержанием сорных примесей (46,8 %) [10].

Для удаления гидрофильных примесей льняного волокна и увеличения доступного для полимерного связующего мезопорового пространства проведена предварительная обработка волокна полиферментными композициями [2].

Подготовку льняной вытряски к дальнейшей модификации проводили согласно технологической схеме, представленной на рисунке 1 [11,12]. Для отварки льняного волокна применяли технологию биохимической модификации с использованием полиферментных композиций производства ООО «Фермент» (Республика Беларусь) Фекорд 2015-Б и Фекорд МП. Фекорд МП представляет собой композицию ксиланазы, β -глюканызы, β -манназы и

пектиназы. Фекорд 2015-Б имеет в составе целлюлазу, ксиланазу, β -глюканазу, глюкоамилазу, β -манназу.

Крашение пигментным красителем проводили по схеме, представленной на рисунке 1. Для крашения использовали пигментный черный краситель «Принтекс черный К», в качестве связующего стирол-акриловую дисперсию (ООО «Хонза», Россия).

Равномерное введение частиц пигмента в структуру льняного волокна осуществлялось пропиткой красильной композицией, содержащей: пигмент, диспергированный в водной среде с добавлением ПАВ вместе со связующим. В процессе сушки и термофиксации связующее образует тонкую сплошную полимерную пленку на поверхности волокна, которая физически удерживает частицы пигмента. Пленка создает гидрофобный барьер, перекрывая доступ воды к гидрофильным группам целлюлозного волокна.

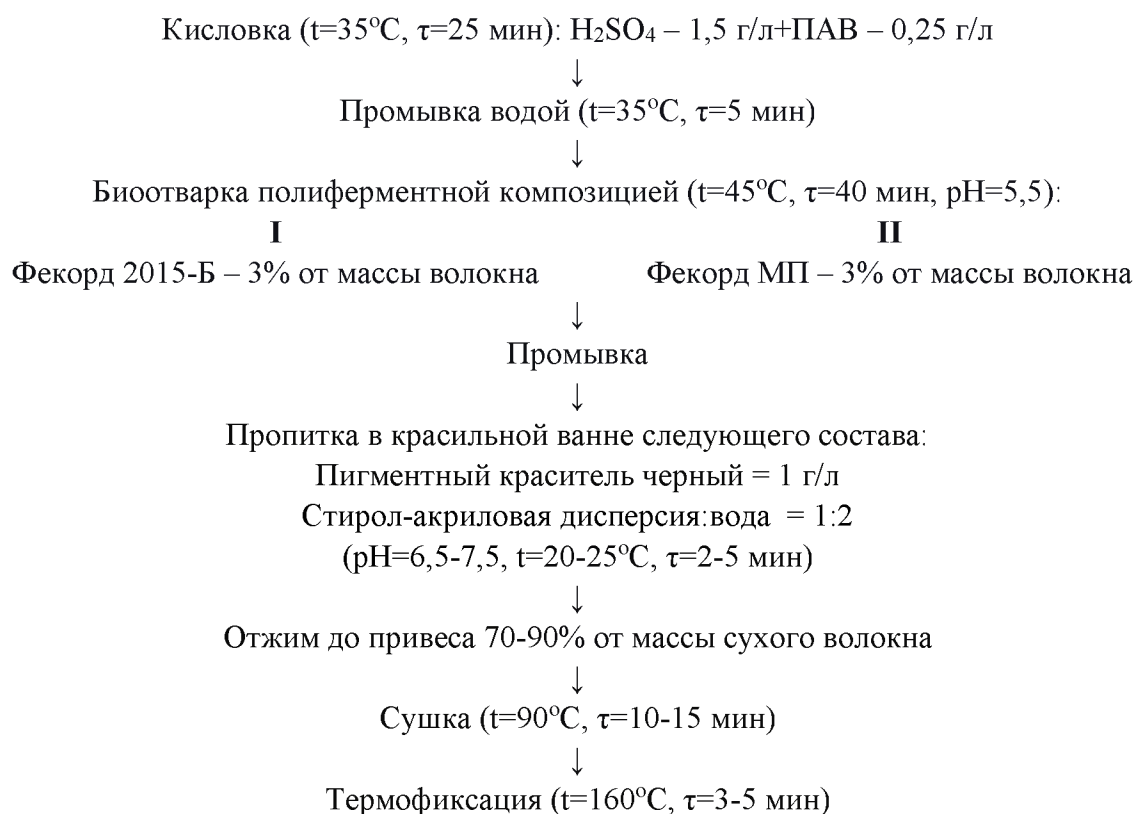


Рисунок 1. Технологическая схема подготовки льняного наполнителя

Исследуемые свойства капиллярность и водопоглощение по массе проводились согласно ГОСТ 5556-2022 «Вата медицинская гигроскопическая» с использованием весового седиментометра СВ-1. Результаты исследования представлены на рисунках 2-3. В качестве образцов для сравнения водопоглощающих свойств использовали льняной наполнитель без обработки, после обработки ферментной композицией с последующей пропиткой связующим и после пигментного крашения.

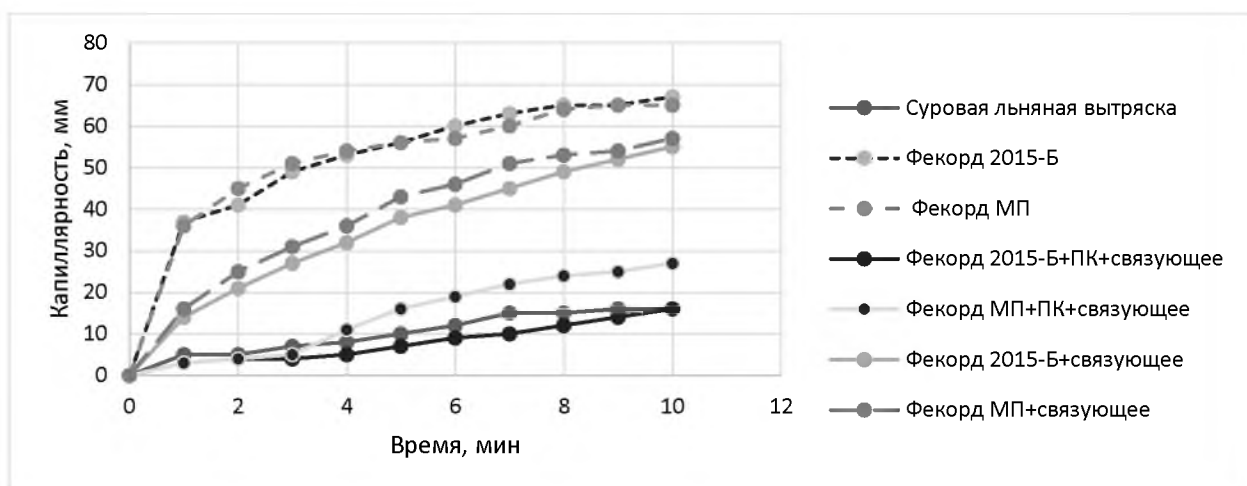


Рисунок 2. Капиллярность льняного наполнителя

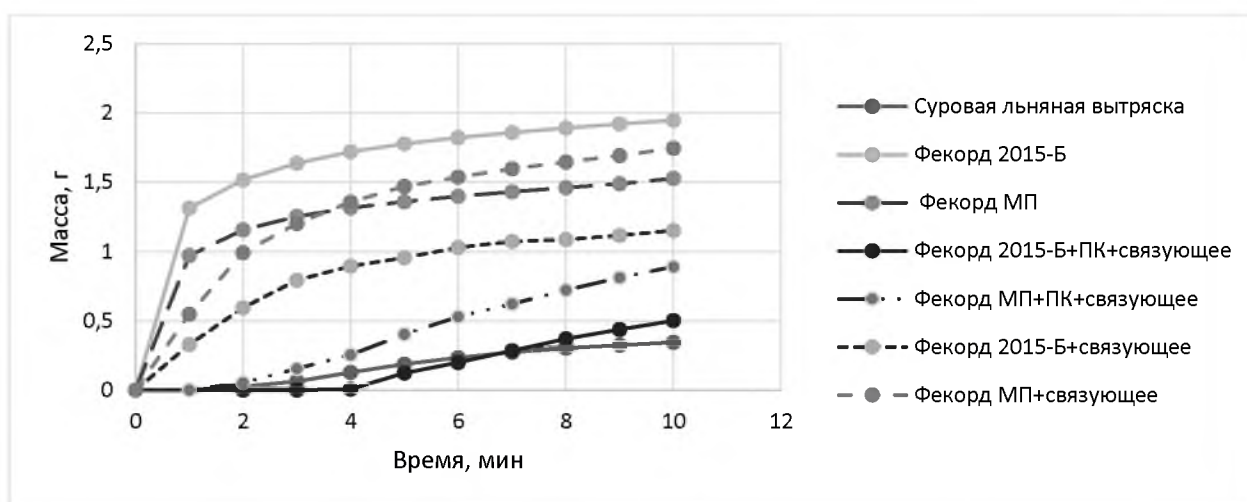


Рисунок 3. Кинетика водопоглощения льняного наполнителя

В результате ферментной обработки льняного волокна увеличивается его капиллярность и водопоглощение, что объясняется увеличением порового пространства волокна и доступности гидроксильных групп целлюлозы. Как видно (рис. 2), качественный состав ферментных композиций практически не влияет на капиллярность, однако водопоглощение волокна, обработанного Фекорд 2015-Б значительно выше.

Последующая обработка связующим позволяет снизить сорбционные свойства. В образце, обработанном ферментным препаратом, содержащим целлюлазный компонент, связующее заполняет не только межволоконное пространство, но и микротрещины, и поверхностные дефекты, что приводит к блокировке капиллярных каналов. Однако, значительное снижение капиллярности и водопоглощения льняного наполнителя происходит после пигментного крашения.

Таким образом, экспериментально подтверждена возможность совмещения крашения и пропитки маловязким связующим при формировании биокomпозитов для придания колористических свойств и снижения водопоглощения.

Список литературы

1. Роговина С.З., Прут Э.В., Берлин А.А. Композиционные материалы на основе синтетических полимеров, армированных волокнами природного происхождения // Высокомолекулярные соединения. Сер. А. 2019. Т. 61. № 4. С. 291–315.
2. Калинин Е.Н., Ершов С.В., Кокшаров С.А., Лепилова О.В. Биомодификация льноволокнистого наполнителя для пропитки жидким связующим // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2023. № 2(404). С. 165–175. doi: 10.47367/0021-3497_2023_2_165.
3. Кокшаров С.А., Алеева С.В., Калинин Е.Н. Повышение прочности льняной основы биокomпозитов путем биохимической трансформации полиуглеводов и лигнина // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2022. № 3(399). С. 261–269. doi: 10.47367/0021-3497_2022_3_261.
4. Алеева С.В., Лепилова О.В., Кокшаров С.А. Химические превращения лигнина льняной костры под действием продуктов ферментации полисахаридов // Журнал прикладной спектроскопии. 2021. Т. 88. № 4. С. 603–610.
5. Akil H.M., Omar M.F., Mazuki A.A. et al. Kenaf fiber reinforced composites: A review // Mater. Des. 2011. V. 32. № 8–9. P. 4107–4121. doi: 10.1016/j.matdes.2011.04.008.
6. Нумонов А., Адхамов А. Полимерные композиты, армированные природными волокнами // Химическая технология. 2021. № 1. С. 1–7.
7. Hong C.K., Hwang I., Kim N. et al. Mechanical properties of silanized jute–polypropylene composites // J. Ind. Eng. Chem. 2008. V. 14. P. 71–76. doi: 10.1016/j.jiec.2007.07.002.
8. Nam G., Wu N., Okubo K. et al. Effect of natural fiber reinforced polypropylene composite using resin impregnation // Agricultural Sci. 2014. V. 5. № 13. P. 1338–1343. doi: 10.4236/as.2014.513143.
9. Roy A. Fabrication of chemically modified jute fabric and nonwoven wet-laid glass fiber reinforced polycaprolactone composite // JTSFT. 2020. V. 5. № 1. 602. doi: 10.33552/JTSFT.2020.05.000602.
10. Иванова В.В., Скобова Н.В., Ясинская Н.Н. Биокomпозиты на основе отходов льнопрядильного производства // Инновационные направления развития науки о полимерных волокнистых и композиционных материалах: тезисы докладов VI Международной научной конференции. СПб.: Санкт-Петербургский гос. ун-т пром. техн. и дизайна, 2025. С. 55–56.
11. Лисовский Д.Л., Ясинская Н.Н., Кузнецов А.А. Биохимическая технология получения котонизированного льняного волокна с использованием ферментных композиций на основе пектиназ // Вестник ВГТУ. 2023. № 1.
12. Алеева С.В., Лепилова О.В. и др. Ферментативная умягчающая обработка льняных изделий: воздействие целлюлаз в структуре набухшего волокна // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 5. С. 126–134. doi: 10.47367/0021-3497_2022_5_126.