

В. В. Иванова, Н. В. Скобова, Н. Н. Ясинская, К. А. Ленко
Витебский государственный технологический университет
fomchenko31v@mail.ru, skobova-nv@mail.ru,
yasinskaynn@rambler.ru, kotya240497@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ ОБРАБОТКИ КОРОТКОГО ЛЬНОВОЛОКНА НА СТЕПЕНЬ УДАЛЕНИЯ ПЕКТИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ

В работе проведены исследования по выбору ферментной композиции из отечественных (белорусских) препаратов для обработки короткого льняного волокна (вытряски), содержащего большой процент костры, позволившей эффективно удалить пектиновые вещества из волокна. Данные волокна используются в качестве армирующего слоя при формировании биокмпозитов.

Ключевые слова: продукты льнопереработки; пектиновые вещества; ферментативная обработка; межфазный слой; структурная модификация.

V. V. Ivanova, N. V. Skobova, N. N. Yasinskaya, K. A. Lenko
Vitebsk State Technological University

EFFECT OF PECTIN SUBSTANCES ON THE STRUCTURE OF FLAX FIBER FOR USE IN BIOCOMPOSITES

The study examined the selection of an enzyme composition from domestic (Belarusian) preparations for treating short flax fiber (shives) containing a high percentage of shives, effectively removing pectin substances from the fiber. These fibers are used as a reinforcing layer in the formation of biocomposites.

Keywords: flax processing products; pectin substances; enzymatic treatment; interfacial layer; structural modification.

Вовлечение невостробованных отходов льнопереработки в технологический цикл производства позволяет не только расширить сырьевую базу, но и реализовать потенциал вторичных ресурсов, ранее не находивших эффективного применения. В частности, вытряска № 7а, образующаяся на линии котонизации РУПТП «Оршанский льнокомбинат», представляет интерес в качестве ресурса для производства биокмпозитов. Она характеризуется практически равным процентным соотношением компонентов: 53 % короткого волокна и 47 % костры.

Короткое льняное волокно, по данным [1], в основном состоит из целлюлозы (51...75 %), лигнина (2...4 %) и пектиновых веществ (3...5 %). Пектины локализованы преимущественно в межволоконных прослойках и выполняют функцию связующего, склеивающего элементарные волокна в комплексы. Их наличие обеспечивает целостность волокнистой структуры, но одновременно создает гидрофильный барьер на границе раздела с полимерными матрицами.

Костра, составляющая почти половину массы вытряски, имеет несколько отличный состав [2]: целлюлоза – 30,7 %, лигнин – 33,1 %, пентозаны (гемицеллюлоза) – 28 %. По другим источникам, в составе костры отмечается также незначительное содержание пектиновых веществ (до 2 %) [1]. Высокое содержание лигнина придает костре жесткость и гидрофобность, однако частицы ко-

стры характеризуются низкой совместимостью с гидрофобными полимерными матрицами без предварительной модификации.

Для удаления посторонних примесей, снижения жесткости, достижения однородности структуры и улучшения адгезионных свойств при формировании композита, волокна подвергают модификации.

Классические подходы подготовки льняного волокна для композитов базируются на щелочной отварке, обеспечивающей практически полное удаление пектинов. Однако для высокозакостренной вытряски такой способ обработки имеет некоторые существенные ограничения. Во-первых, при отварке растворяется не только пектин, но и гемицеллюлозы, снижая выход целевого продукта. Во-вторых, агрессивная среда разрушает морфологическую целостность короткого волокна, превращая его в высокофибриллированную массу, не обладающую армирующей способностью [3].

Альтернативой выступает ферментативная обработка волокна с применением пектиназных комплексов, позволяющая селективно удалять пектины, сохраняя целлюлозу и не затрагивая лигниновый каркас.

При проведении исследований для биомодификации отходов котонизации использованы препараты белорусского производства – Фекорд 2015-Б и Фекорд МП. Согласно технической документации, они представляют собой мультиэнзимные композиции, содержащие пектиназу, ксиланазу, β -глюканазу и β -маннаназу. Данный состав, изначально разработанный для гидролиза некрахмалистых полисахаридов в кормопроизводстве, представляет значительный интерес для химической переработки льна [4, 5].

Фундаментальные основы химической структуры пектинов льна заложены в трудах С. В. Алеевой, С. А. Кокшарова и других исследователей [6, 7] и направлены на решение задач по модификации структуры текстильных материалов.

Процесс отварки вытряски № 7а проводился тремя способами:

- щелочная обработка;
- ферментативная обработка индивидуальным препаратом Фекорд 2015-Б при температуре 45 °С при pH = 5, в течение 40 мин;
- ферментативная обработка композицией из двух препаратов Фекорд 2015-Б и Фекорд МП при температуре 45 °С при pH = 5, в течение 40 мин.

Проведены исследования содержания пектиновых веществ в структуре волокна после отварки (рис.), путем извлечения 1 %-ным раствором лимоннокислого аммония с последующим спектрофотометрическим измерением.

Анализ данных показывает, что вытряска характеризуется исходным содержанием пектиновых веществ на уровне 4,5 %, что коррелирует с данными других исследователей. Традиционная щелочная отварка обеспечивает максимальную глубину удаления пектинов – до остаточного содержания 0,98 %, однако высокая степень очистки сопровождается интенсивной фибрилляцией и снижением структурной целостности короткого волокна [8]. Применение препаратов Фекорд 2015-Б и Фекорд МП позволяет осуществить селективный гидролиз пектиновых веществ в мягких условиях. Остаточное содержание пектинов после обработки композицией из двух препаратов (Фекорд 2015-Б + Фекорд МП) составило 3,63 %. Применение индивидуально Фекорда 2015-Б позволило снизить содержание пектинов до 2,8 %.

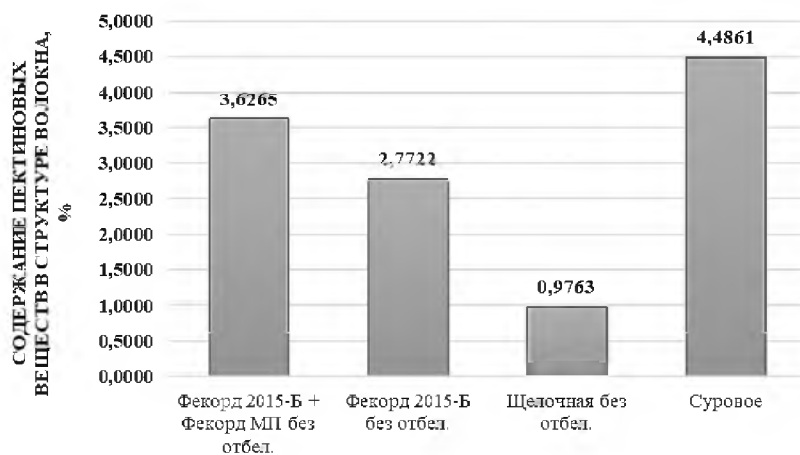


Рис. Содержание пектиновых веществ в волокне после отварки

Предположительно, такой эффект обусловлен возникновением стерических препятствий при совместной работе препаратов. Ферменты, входящие в состав Фекорд 2015-Б, обладают более высокой адсорбционной способностью по отношению к поверхности волокна, первыми связываются с субстратом и гидролизуют доступные нецеллюлозные полисахариды. В результате образуются пространственные препятствия, ограничивающие доступ высокоспецифичных пектиназ препарата Фекорд МП к пектину, локализованному в глубине клеточной стенки. Таким образом, конкурентная адсорбция и стерическое блокирование целевых связей являются наиболее вероятной причиной наблюдаемого снижения эффективности двухкомпонентной композиции.

Для биоконкомпозитов нужно стремиться к оптимальному остаточному содержанию пектинов в структуре льняного волокна. В отличие от текстильного производства, где регламентирован уровень остаточных пектинов 0,4...1,0 % [7], для композитных материалов целесообразен диапазон 2...3 %. Избыточное удаление пектинов из вторичной стенки волокна ведет к падению его армирующей способности [9, 10].

Образец, обработанный препаратом Фекорд 2015-Б, является предпочтительным для мягкой регулируемой модификации, так как он обеспечивает сохранение баланса компонентов и позволяет удерживать остаточное содержание пектинов в целевом интервале.

Дальнейшие исследования будут направлены на оптимизацию технологических параметров и изучение эффективности двухступенчатой схемы ферментативной обработки вытряски, предполагающей последовательное воздействие препаратами Фекорд 2015-Б и Фекорд МП.

Список источников

1. Якутина Н. В. Исследование свойств модифицированных льняных тканей, обеспечивающих улучшение гигиенических и экологических показателей : дис. ... канд. техн. наук: 05.19.01. М., 2015. С. 30–31.
2. Каретникова Н. В., Чендылова Л. В., Пен Р. З. Делигнификация льняной костры // Химия растительного сырья. 2017. № 1. С. 155–162.
3. Лисовский Д. Л., Ясинская Н. Н., Кузнецов А. А. Биохимическая технология получения ктонизированного льняного волокна с использованием ферментных композиций на основе пектиназ // Вестник ВГТУ. 2023. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/biohimicheskaya-tehnologiya-polucheniya-kotonizirovannogo-lyanogo-volokna-s-ispolzovaniem-fermentnyh-kompozitsiy-na-osnove> (дата обращения: 11.02.2026).

4. Фекод 2015-Б. URL: https://fermentpark.com/about/technopark/hypermarket/livestock/pig/fekord-2015-b/?sphrase_id=36105 (дата обращения: 11.02.2026).
5. Фекод МП URL: https://fermentpark.com/about/technopark/hypermarket/livestock/poultry/fekord-mp/?sphrase_id=36106 (дата обращения: 11.02.2026).
6. Кокшаров С. А., Алеева С. В. Биохимическая модификация полисахаридов в процессах текстильного производства // Научные основы химической технологии углеводов : коллективная монография. М. : Институт химии растворов им. Г. А. Крестова РАН, 2008. С. 401–523.
7. Кокшаров С. А., Алеева С. В., Лепилова О. В. Влияние строения пектиновых веществ льняных кормовых добавок на абсорбционное связывание азетероциклических микотоксинов // Российский химический журнал. 2021. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-stroeniya-pektinovyh-veschestv-lynyanyh-kormovyh-dobavok-na-absorbtsionnoe-svyazyvanie-azageterotsiklicheskih-mikotoksinov> (дата обращения: 12.02.2026).
8. Морыганов П. А., Галашина В. Н., Кузнецов О. Ю. Изучение влияния биодеструкторов на целлюлозу и природные примеси льноволокна // Химия растительного сырья. 2015. № 2. С. 225–237.
9. Role of polysaccharides on mechanical and adhesion properties of flax fibres in flax/PLA biocomposite / G. Raj, E. Balnois, Ch. Baley, Y. Grohens // International journal of polymer science. 2011. № 1. URL: <https://doi.org/10.1155/2011/503940> (дата обращения: 12.02.2026).
10. Effect of enzymatic treatment of flax on fineness of fibers and mechanical performance of composites / De J. Prez [et al.] // Composites Part A: Applied science and manufacturing. 2019. URL: <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2019.05.007> (дата обращения: 12.02.2026).

УДК 666.29

Дана А. Иванова

Казанский национальный исследовательский технологический университет

dana_ivanova_2026@mail.ru

Научный руководитель: ассист. А. Ю. Пацукова

СЕКРЕТЫ БЛЕСКА: ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ГЛАЗУРЕЙ И ЭМАЛЕЙ

В статье рассматриваются современные представления о природе блеска керамических глазурей и эмалей. Анализируется влияние различных компонентов на формирование зеркальной поверхности, описываются технологические процессы подготовки и нанесения глазурных покрытий. Особое внимание уделяется природе цветообразования и роли различных металлов в создании цветовых эффектов. Раскрываются особенности прозрачных и глухих покрытий, технология получения белых эмалей. Статья представляет интерес для специалистов в области художественной керамики, технологов керамического производства, а также для широкого круга читателей, интересующихся процессами создания керамических изделий.

Ключевые слова: керамическая глазурь; эмаль; блеск; технология керамики; цветообразование; фритта; обжиг; металлы-хромофоры; прозрачные покрытия; глухие покрытия.

Dana A. Ivanova

Kazan National Research Technological University

Scientific advisor: assist. A. Yu. Patsukova

THE SECRETS OF SHINE: CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF CREATING MODERN CERAMIC GLAZES AND ENAMELS

This article discusses modern concepts of the nature of shine in ceramic glazes and enamels. To analyze the influence of various components on the formation of a mirror surface, the technolo-