

сравнению с традиционными методами при 90–95 °С; почти полное удаление клеевых, жировых и восковых веществ, а также других загрязнений с поверхности волокон; улучшение структуры, капиллярно-пористых характеристик волокон и явное улучшение колористических характеристик окрашенных образцов тканей.

Список использованных источников

1. Bao, X., Dong, F., Yu, Y., Wang, Q., Wang, P., Fan, X., et al. Green modification of cellulose-based natural materials by HRP-initiated controlled “graft from” polymerization. *Int J Biol Macromol.* 2020; 164: 1237-45. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.07.248>.
2. Gandini, A., Pasquini, D. The impact of cellulose fiber surface modification on some physico-chemical properties of the ensuing papers. *Ind Crops Prod.* 2012; 35: p. 15–21. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.06.015>.
3. Repetto, E., Ramirez, C. R., Manzano, V. E., García, N. L., D’Accorso, N. B. Cellulose and starch nanoparticles: function and surface modifications for biomedical application. In: *Polysaccharide Nanoparticles*, Elsevier; 2022, p. 615–640. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822351-2.00023-1>.
4. Shokri, Z at all. Elucidation of the influence of enzymatic modifications on the structure, properties and application of cellulose, chitosan, starch and their derivatives: a review. *Mater Today Chem.* 2022; 24: 100780. <https://doi.org/10.1016/j.mtchem.2022.100780>.
5. Bahtiyari, Mİ, Ekmekçi Körlü A., Bilisik, K. Bioprocessing of natural textile fibres and clothes. In: Mondal MIH, Ed., *Fundamentals of Natural Fibres and Textiles*, Elsevier; 2021, p. 221–62. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821483-1.00007-3>.
6. Luo, Y., Song, K., Ding, X., Wu, X. Environmental sustainability of textiles and apparel: A review of evaluation methods. *Environ Impact Assess Rev.* 2021; 86: 106497. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106497>.
7. Tochetto, G. A., Aragão, AMI, de Oliveira, D., Immich APS. Can enzymatic processes transform textile processes? A critical analysis of the industrial application. *Process Biochem.* 2022; 123: 27–35. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2022.10.030>.
8. Rafikov, A., Fayzullayeva, K., Yasinskaya, N. Enzymatic treatment of cotton fabric for desizing. *J of Chemical Eng Research Updates.* 2023, 2 <https://doi.org/10.15377/2409-983X.2023.10.2>.

УДК 677.047.2

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫХ ТКАНЕЙ К КРАШЕНИЮ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИФЕРМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Ленько К. А., асп., Ясинская Н. Н., д.т.н., доц.

*Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. Исследование направлено на оценку эффективности использования биологических катализаторов с целью снижения негативного воздействия текстильного производства на окружающую среду. Проанализирован состав и свойства сточных вод, полученных при применении традиционных и биохимических методов подготовки тканей к колорированию по показателям «химическое потребление кислорода (ХПК)» и «биохимическое потребление кислорода за 5 суток (БПК₅)».

Ключевые слова: подготовка к колорированию, хлопчатобумажная ткань, отварка, сточные воды, фермент, биотехнология, ХПК, БПК.

Отделочные производства текстильной промышленности представляют собой значительный источник экологических загрязнений. Основная экологическая проблема отрасли заключается в интенсивном использовании разнообразных химических реагентов и генерировании значительных объемов высокотоксичных сточных вод [1]. Особенно остро стоит проблема экологической безопасности производств по отделке хлопчатобумажных текстильных материалов, так как их подготовка отличается особенно большой

трудоемкостью, значительным количеством операций, а, следовательно, и большим количеством агрессивных химических реагентов. Это связано с содержанием в них разнообразных трудноудаляемых загрязнений [2].

Эффективным решением рассматриваемой проблемы служит внедрение биохимических технологий, предполагающих использование специализированных ферментных препаратов и полиферментных композиций на различных стадиях отделочного производства. Данный подход представляет собой экологичную альтернативу агрессивным химическим реагентам, позволяя не только дополнить традиционные химические методы обработки текстильных материалов, но и полностью замещать их [3]. В современной текстильной промышленности биотехнологии активно применяются на различных этапах отделочного производства, а также играют значительную роль в процессах экологической очистки сточных вод красильно-отделочных предприятий [4].

Так, на протяжении последних лет авторы исследуют процессы биохимического катализа в технологиях отделки целлюлозосодержащих текстильных материалов с использованием полиферментных композиций белорусского производства, в том числе в операциях подготовки хлопчатобумажных тканей к колорированию. В своих исследованиях авторами разработаны технологии биоотварки и биохимической отварки с использованием полиферментных композиций, состоящих из белорусских ферментных препаратов [5, 6].

Биоотварка включает в себя обработку хлопчатобумажной ткани полиферментной композицией, состоящей из амилазного, целлюлазного и пектиназного ферментных препаратов производства ООО «Фермент», характеристики которых представлены в таблице 1. Ферментативные способы позволяют достичь высоких показателей качества подготовки хлопчатобумажных тканей при максимальном сохранении волокнообразующего полимера и прочности волокна.

Биохимическая отварка включает проведение отварки в два этапа, где первым этапом ткань подвергается обработке полиферментной композицией препаратами, характеристики которых представлены в таблице 1, вторым этапом – щелочной отварке с сокращением щелочи и смачивателя в растворе и продолжительности обработки в сравнении с традиционным методом. Предложенный способ подготовки ткани к колорированию позволяет удалить наибольшее количество природных примесей хлопка (воскообразные, зольные, пектиновые вещества). Кроме того, введение в технологию щелочной отварки этапа биоотварки и снижение концентрации щелочи в составе варочного раствора позволяет понизить степень деструкции целлюлозы – вязкость медно-аммиачного раствора повышается на 10 % по сравнению с вязкостью раствора после щелочной отварки [6].

Таблица 1 – Применяемые в исследовании препараты фирмы ООО «Фермент»

Название препарата	Характеристики
Энзитекс ЦКО	Кислая целлюлаза, активность целлюлаза – 10000 ед/г, глюканаза – 45000. Оптимальные условия действия: pH от 4,5 до 5,5, температура – 40–60 °C
Энзитекс Био-К	Кислая пектиназа, активность – 6500 ед/г. Оптимальные условия действия: pH от 3,0 до 4,5, температура – 40–60 °C.
Энзитекс АТС	Бактериальная α-амилаза, активность – 800 ед/г. Оптимальные условия действия: pH от 4,5 до 6,5; температура – 40–90 °C.

Как природные катализаторы, ферменты работают в живых клетках и мягких условиях (температура 30–70 °C, среда близкая к нейтральной (pH-7), атмосферное давление), что их выгодно отличает от неорганических катализаторов, чаще всего требующих жестких условий (давление выше атмосферного, температура выше 100 °C, сильно кислая или сильно щелочная среда) [4]. Кроме того, ферментные препараты не содержат микроорганизмы, а поскольку они представляют собой белковые соединения, то полностью биоразлагаемы. При попадании в сточные воды ферменты способствуют их очистке, эффективно разрушая родственные субстратные загрязнения [3]. Таким образом, целью исследования является экспериментальное подтверждение безопасности разработанных биотехнологий подготовки хлопчатобумажных тканей к крашению с использованием полиферментных композиций, состоящих из препаратов белорусского производства фирмы ООО «Фермент».

Совместно с сотрудниками ГУ «Республиканский центр аналитического контроля в области охраны окружающей среды» проведена сравнительная экологическая экспертиза сточных вод по показателям «химическое потребление кислорода (ХПК)» и «биохимическое потребление кислорода за 5 суток (БПК₅)» в сравнении с традиционными методами подготовки. [3]. Количество кислорода, необходимое для химического окисления содержащихся в воде органических и неорганических веществ, характеризует показатель ХПК. Израсходованное количество кислорода на аэробное биохимическое окисление нестойких органических соединений в воде под действием микроорганизмов за 5 суток дает показатель БПК₅.

Результаты экологической экспертизы сточных вод после подготовки хлопчатобумажной ткани к крашению представлены на гистограмме (табл. 2).

Таблица 2 – Содержание БПК₅ и ХПК сточных вод после подготовки хлопчатобумажных тканей к крашению

Режим отварки Показатель	Щелочная отварка	Биоотварка	Биохимическая отварка
БПК ₅	15	2,6	2,9
ХПК	75,2	29,8	56,8

Полученные данные свидетельствуют о высокой экологической безопасности процессов ферментативной подготовки к крашению. Выявлено снижение ХПК варочного раствора после биоотварки на 83 % по сравнению со щелочной отваркой (75,2), и на 10 % по сравнению с биохимической отваркой (56,8). По показателю БПК₅ варочного раствора после биоотварки происходит снижение на 60 % по сравнению со щелочной отваркой (15), и на 47 % по сравнению с биохимической отваркой (2,9). Эффективность биотехнологических методов заключается в их способности снижать общую концентрацию органических веществ, что подтверждается последующим уменьшением БПК после завершения процесса очистки.

Снижение исследуемых показателей сточных вод после биохимической отварки безусловно связано со снижением концентрации гидроксида натрия в растворе. В дополнение, экологическая безопасность данного способа подготовки объясняется также сокращением концентрации ПАВ. ПАВ, обладая способностью к пенообразованию, препятствуют развитию активированного ила и замедляют процесс биодеструкции загрязняющих веществ в сточных водах очистных сооружений.

Экспериментальное подтверждение экологичности предложенных методов подготовки хлопчатобумажных тканей к колорированию играет ключевую роль в дальнейшем развитии текстильной отрасли в стране. Биотехнологии способны значительно модифицировать методы работы с текстильными материалами, открывая путь к экологически безопасному и экономически эффективному производству.

Список использованных источников

- Современные экологические проблемы текстильной технологии / А. А. Трегубова [и др.] // Современные наукоемкие технологии. – 2007. – № 10. – С. 103–104.
- Кричевский, Г. Е. Химическая технология текстильных материалов : учебник : в 3 т. / Г. Е. Кричевский. – М. : Рос. заоч. ин-т текстил. и лег. пром-сти, 2001. – Т. 1. – 435 с.
- Чешкова, А. В. Ферменты и технологии для текстиля, моющих средств, кожи, меха : учеб. пособие / А. В. Чешкова. – Иваново : Ивановский гос. хим.-технол. ун-т, 2007. – 279 с.
- Кричевский, Г. Е. Химическая технология текстильных материалов : учебник : в 3 т. / Г. Е. Кричевский. – М. : Рос. заоч. ин-т текстил. и лег. пром-сти, 2001. – Т. 3. – 298 с.
- Ленько, К. А. Исследование содержания примесей хлопкового волокна после биохимической подготовки к крашению с использованием полиферментных композиций / К. А. Ленько, Н. Н. Ясинская // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2022. – № 5. – С. 118–126.
- Ленько, К. А. Биохимическая технология отварки как способ повышения экологичности подготовки хлопчатобумажных тканей к крашению / К. А. Ленько, Н. Н. Ясинская, Д. Л. Лисовский, А. С. Рафиков // Формирование рынка инновационной продукции Беларусь-Узбекистан: сб. материалов науч.-практ. конф. / Минск : БНТУ, 2023. – С. 225–227.