

УДК 677.047.2

Экологические проблемы отделочного производства текстильных материалов и пути их решения

Environmental problems of finishing production of textile materials and ways to solve them

К. А. Ленько, Ю. И. Марущак, Н. Н. Ясинская

УО «Витебский государственный технологический университет»,
Витебск, Республика Беларусь

K. A. Lenko, Yu. I. Marushchak, N. N. Yasinskaya

UO "Vitebsk State Technological University", Vitebsk, Republic of Belarus

Аннотация. Сброс отходов в сточные воды является самым существенным и острым экологическим последствием деятельности отделочного производства текстильной промышленности. Данное исследование направлено на оценку воздействия биотехнологической обработки полиферментными композициями белорусского производства в операциях подготовки хлопчатобумажных тканей к крашению на качество образующихся сточных вод в сравнении с традиционными методами подготовки.

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

Abstract. Waste discharge into wastewater is the most significant and acute environmental consequence of the finishing production of the textile industry. This study is aimed at assessing the impact of biotechnological treatment with Belarusian-made polyenzyme compositions in the operations of preparing cotton fabrics for dyeing on the quality of the resulting wastewater in comparison with traditional methods of preparation.

Keywords: preparation for dyeing, cotton fabric, boiling, wastewater, enzyme, biotechnology, COD, BOD.

Введение

Сегодня мы подвергаем критическому анализу все технологии, созданные человеком, с точки зрения их воздействия на окружающую среду. Отделочное производство текстильной промышленности, в силу своей химико-технологической природы, представляет особую экологическую проблему, поскольку несет в себе ряд негативных последствий для экосистем. «В технологии отдел-

ки текстильных материалов значительная часть текстильно-вспомогательных веществ (далее – ТВВ) удаляется при промывке и попадает в сточные воды» [1]. «Из общего количества органических химических продуктов, которые сейчас расходуются в мире (порядка 250 млн. тонн) и часть которых бесконтрольно попадает в окружающую среду, значительная доля приходится на химико-текстильные технологии» [2].

Сброс отходов в водные объекты является самым существенным и острым экологическим последствием деятельности отделочного производства. Пути решения этих проблем лежат в разработке и внедрении экологически чистых технологий. К ним относятся использование замкнутых циклов водопользования, энергоэффективного оборудования и методов переработки отходов. «При рассмотрении экологических аспектов применения химических веществ и процессов на этапе отделки текстиля невозможно обойти вниманием использование ферментативных биотехнологий в текстильной промышленности. Подробная информация о развитии и освоении этих технологий содержится в работах проф. Б.Н. Мельникова, Г.Е. Кричевского, А.П. Синицина, С.А. Кокшарова, А.В. Чешковой и др.» [2]. Переход к устойчивому текстильному производству – это необходимый шаг для защиты окружающей среды и обеспечения здоровья населения.

Постановка задачи

В последние годы наблюдается активное внедрение биотехнологий в различные сферы, включая текстильную промышленность. 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. Так, одним из основных вопросов, возникающих при внедрении новых технологий, является их экологическая безопасность. В случае с биотехнологией, применяемой в текстильной промышленности, важно провести экспериментальное подтверждение её безопасности.

Исследование направлено на оценку воздействия биотехнологической обработки полиферментными композициями белорусского производства в операциях подготовки хлопчатобумажных тканей к крашению на качество образующихся сточных вод по показателям химическое потребление кислорода (ХПК) и биологическое потребление кислорода за 5 суток (БПК₅) в сравнении с традиционными методами подготовки.

Теория

Проведена отварка суровой хлопчатобумажной ткани ОАО «Барановичское производственное хлопчатобумажное объединение» арт.943 поверхностной плотности 120 г/м² по трем режимам (рисунок 1).

<u>Щелочная отварка</u>	<u>Биоотварка</u>	<u>Биоотварка+</u>
<u>Замачивание ткани в растворе, содержащем, г/л:</u> Гидроксид натрия – 10; силикат натрия (плотность 1,44) – 3; ПАВ – 0,3; гидросульфит натрия (38%-ный) – 3-5. ↓ <u>Отварка ткани:</u> Модуль ванны – 50; Продолжительность τ – 2 ч.; Температура раствора t – 100°C. ↓ <u>Промывка горячей и холодной водой</u>	<u>Замачивание ткани в растворе, содержащем, г/л:</u> ПАВ – 1 г/л; Энзитекс ЦКО – 2,5 г/л; Энзитекс Био-К – 2,5 г/л; Энзитекс АТС – 2 г/л; уксусная кислота до pH=4-5. ↓ <u>Отварка ткани:</u> Модуль ванны – 50; Продолжительность τ – 1 ч.; Температура раствора t – 50°C. ↓ <u>Деактивация ферментов:</u> Продолжительность τ – 10 мин.; Температура t – 100°C. ↓ <u>Промывка горячей и холодной водой</u>	<u>Щелочная отварка</u> <u>Замачивание ткани в растворе, содержащем, г/л:</u> Энзитекс ЦКО – 1,5 г/л; Энзитекс Био-К – 3 г/л; Энзитекс АТС – 2 г/л; уксусная кислота до pH=4-5. ↓ <u>Отварка ткани:</u> Модуль ванны – 50; Продолжительность τ – 30 мин.; Температура раствора t – 50°C. ↓ <u>Промывка горячей и холодной водой</u> ↓ <u>Замачивание ткани в растворе, содержащем, г/л:</u> Гидроксид натрия – 5; силикат натрия (плотность 1,44) – 3; ПАВ – 0,1; гидросульфит натрия (38%-ный) – 3-5. ↓ <u>Отварка ткани:</u> Модуль ванны – 50; Продолжительность τ – 30 мин.; Температура раствора t – 100°C. ↓ <u>Промывка горячей и холодной водой</u>

Рис. 1. Схемы обработки хлопчатобумажной ткани

Щелочная отварка является классическим методом придания ткани повышенной гидрофильности и широко применяется в отделочных производствах по всему миру. Известно, что агрессивный химический состав варочного раствора (гидроксид натрия, силикат натрия, гидросульфит натрия) оказывает отрицательное воздействие на качество сточных вод предприятий текстильной отрасли.

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, вторым этапом – щелочной отварке с сокращением щелочи и смачивателя в растворе и продолжительности обработки в сравнении с традиционным методом. Согласно проведенным исследованиям [3], 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 [4].

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.

Традиционные методы, использующие химические реагенты, часто приводят к образованию токсичных отходов, требующих сложной и дорогостоящей очистки. Биотехнологический подход, основанный на применении ферментов, предлагает более мягкий и экологически чистый способ обработки. 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) [1]. Кроме того, ферменты проявляют 100%-ю биорасщепляемость (деструкция в сточных водах) [5].

Экспериментальная часть включает в себя анализ проб сточных вод, образующихся после традиционной щелочной отварки, биоотварки и биохимической отварки хлопчатобумажной ткани. Совместно с сотрудниками ГУ «Республиканский центр аналитического контроля в области охраны окружающей среды» проведена сравнительная экологическая экспертиза сточных вод [6]. Определены ключевые показатели: ХПК и БПК₅.

БПК измеряет количество кислорода, необходимое для разложения органических веществ микроорганизмами в процессе их жизнедеятельности. Этот показатель часто используется для оценки степени загрязненности водоемов. Высокие значения БПК указывают на значительное присутствие органических веществ, что может негативно сказаться на экосистеме водоемов. ХПК, в свою очередь, определяет общее количество кислорода, необходимого для окисления всех органических и неорганических веществ в воде. Это более широкий показатель, который учитывает, как разложение органических веществ, так и окисление неорганических соединений.

Результаты экспериментов

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

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.

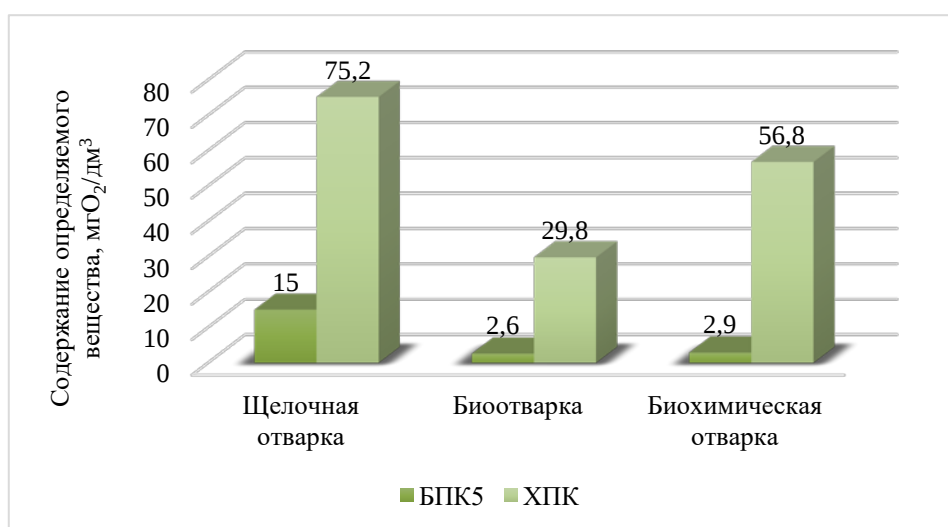


Рис. 2. Содержание БПК₅ и ХПК сточных вод после подготовки хлопчатобумажных тканей к крашению

Обсуждение результатов

Снижение исследуемых показателей сточных вод после биохимической отварки безусловно связано со снижением концентрации гидроксида натрия в растворе. Кроме того, экологическая безопасность данного способа подготовки обусловлена также сокращением концентрации ПАВ. ПАВ, обладая способностью к пенообразованию, препятствует развитию активированного ила и замедляют биодеструкцию загрязнений в сточных водах очистных сооружений [6].

Проведение экспериментального подтверждения экологичности и целесообразности этих методов имеет стратегическое значение для дальнейшего развития текстильной отрасли в стране. Следовательно, биотехнологии могут существенно изменить подход к работе с текстильными материалами, предоставляя возможности для экологически чистого и экономически выгодного производства.

Выводы и заключение

Многие белорусские предприятия, работающие с биотехнологиями, ведут свою деятельность в строгом соответствии с действующими нормами экологической безопасности, что делает их конкурентоспособными как на внутреннем, так и на международном рынке. Результаты исследования подтверждают экологическую безопасность использования биотехнологий в отделке целлюлозосодержащих текстильных материалов, что позволяет рекомендовать их к более широкому внедрению на предприятиях легкой промышленности Беларуси. Это, в свою очередь, будет способствовать снижению негативного воздействия на водные ресурсы страны.

Список источников

1. Кричевский Г. Е. Химическая технология текстильных материалов : учеб. В 3 т. Т. 3. : Заключительная отделка текстильных материалов. Москва : Изд-во Рос. заоч. ин-т текстил. и лег. пром-сти, 2001. 298 с. ISBN 5-85507-173-1.
2. Киселев А. М. Экологические аспекты процессов отделки текстильных материалов // Российский химический журнал. 2002. Т. XLVI, № 1. С. 20–30.
3. Ленъко К. А., Ясинская Н. Н. Исследование содержания примесей хлопкового волокна после биохимической подготовки к крашению с использованием полиферментных композиций // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2022. № 5. С. 118–126.
4. Биохимическая технология отварки как способ повышения экологичности подготовки хлопчатобумажных тканей к крашению / К. А. Ленъко, 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.
5. Чешкова А. В. Ферменты и биохимические технологии для текстиля, кожи и меха : учеб. Иваново : Изд-во Иванов. гос. химико-технолог. ун-та, 2007. 279 с. ISBN 5-9616-0199-4.
6. Чешкова А. В. Экологические аспекты применения биохимических процессов в технологиях отделки текстильных материалов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2005. № 1(282). С. 69–72.