Статья поступила в редакцию: 03.09.2026
Статья принята к публикации: 08.09.2026
Статья опубликована: 07.10.2026

УДК 677.21+677.494+628.4

DOI: 10.32743/UniChem.2026.148.10.23386

Комплексная характеристика волокнистых текстильных отходов и их подготовка к переработке путем дифференцированного обесцвечивания

Рахмонова Саида Рахимжон кизи
мл. науч. сотр., PhD
Институт химии и физики полимеров Академии наук, Республики Узбекистан
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: s.raxmonova1994@gmail.com
Набиева Ирода Абдусаматовна
д-р техн. наук, проф.
Ташкентский институт текстильной и лёгкой промышленности
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: niroda@bk.ru
Абдумаджидов Анвар Абдумаликович
канд. техн. наук, PhD, доц.
Институт химии и физики полимеров Академии наук, Республики Узбекистан
Республика Узбекистан, г. Ташкент
Сарымсаков Абдушкур Абдухалилович
д-р техн. наук, проф.
Институт химии и физики полимеров Академии наук Республики Узбекистан
Республика Узбекистан, г. Ташкент
Юлдашов Шерзод Абдуллаевич
д-р хим. наук, Ds, Институт химии и физики полимеров Академии наук Республики Узбекистан; Республика Узбекистан, г. Ташкент
Карабаева Барна Сабировна 1
ст. науч. сотр., Институт химии и физики полимеров Академии наук Республики
Республика Узбекистан, г. Ташкент
Мирхолисов Мирафзал Музаффар ўғли
мл. науч. сотр
[1]Институт химии и физики полимеров Академии наук Республики Узбекистан; Республика Узбекистан, г. Ташкент
Тойшиева Зиёдаксон Ихволбек кизи
мл. науч. сотр
Институт химии и физики полимеров Академии наук Республики
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Библиографическое описание: Комплексная характеристика волокнистых текстильных отходов и их подготовка к переработке путем дифференцированного обесцвечивания // Universum: химия и биология : электрон. научн. журн. Рахмонова С.Р. кизи [и др.]. 2026. 10(148). URL: https://7universum.com/ru/nature/archive/item/23386

Comprehensive characterization and color-specific decolorization of textile fibrous waste for recycling

Rakhmonova Saida Rakhimzhon kizi
Junior Researcher, PhD
Institute of Polymer Chemistry and Physics
Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan
Uzbekistan, Tashkent
Nabieva Iroda Abdusamatovna
doctor of Technical Sciences, Professor
Tashkent Institute of Textile and Light Industry
Uzbekistan, Tashkent
Abdumadzhidov Anvar Abdumalikovich
candidate of Technical Sciences, PhD
Associate Professor
Institute of Polymer Chemistry and Physics
Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan
Uzbekistan, Tashkent
Sarymsakov Abdushkur Abdukhalilovich
doctor of Technical Sciences, Professor
Institute of Polymer Chemistry and Physics
Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan
Uzbekistan, Tashkent
Yuldashov Sherzod Abdullaevich
doctor of Chemical Sciences
DSc
Institute of Polymer Chemistry and Physics
Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan
Uzbekistan, Tashkent
Karabaeva Barna Sabirovna
Senior Researcher
Institute of Polymer Chemistry and Physics
Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan
Uzbekistan, Tashkent
Mirkholisov Mirafzal Muzaffar ugli
Junior Researcher co-workers
[1]Institute of Chemistry and Physics of Polymers Academy of Sciences of the Republic
Uzbekistan; Republic of Uzbekistan, Tashkent
Toishieva Ziyodakson Ikhvolbek kizi
Ml. Scientific co-workers, Institute of Chemistry and Physics of Polymers of the Academy of Sciences of the Republic
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Аннотация

В данной статье изучены процессы оценки состава волокнистых отходов, образующихся на текстильных и швейных предприятиях, а также основные этапы их подготовки к дальнейшей переработке. Для определения природы волокон и их принадлежности к определённой группе использованы методы сжигания, химической идентификации и оптического микроскопического анализа. На основании полученных результатов образцы были разделены на целлюлозные, синтетические и смешанные волокнистые группы. Результаты химического и микроскопического анализов показали, что образцы целлюлозной группы состоят преимущественно из хлопковых волокон. Для

смешанных тканей установлено различное содержание полиэфирного волокна в зависимости от направления нитей: его количество составило 17 % в уточных нитях и 50 % в нитях основы. Кроме того, исследован процесс обесцвечивания отходов хлопковых волокон, окрашенных активными красителями. Установлено, что эффективное обесцвечивание обеспечивается в щелочно-восстановительной среде в присутствии 3 % NaOH. Полученные результаты подтверждают, что предварительная сортировка волокнистых отходов по составу и цвету является важным этапом, обеспечивающим возможность их эффективной последующей переработки, и определяющим рациональный выбор дальнейшего подхода к использованию и переработке текстильного волокнистого вторичного сырья.

Abstract

This article investigates the processes used to assess the composition of fibrous waste generated by textile and garment enterprises, as well as the main stages of its preparation for further processing. To determine the nature of the fibers and classify them into specific groups, burning tests, chemical identification, and optical microscopic analysis were employed. Based on the obtained results, the samples were classified into cellulosic, synthetic, and blended fiber groups. The results of chemical and microscopic analyses showed that the samples belonging to the cellulosic group consisted predominantly of cotton fibers. For blended fabrics, different polyester fiber contents were determined depending on the yarn direction: the polyester content was 17 % in the weft yarns and 50 % in the warp yarns. In addition, the decolorization process of cotton fiber waste dyed with reactive dyes was investigated. It was established that effective decolorization was achieved in an alkaline-reducing medium in the presence of 3 % NaOH. The obtained results confirm that preliminary sorting of fibrous waste according to composition and color is an important stage that enables its efficient subsequent processing and determines the rational selection of further approaches to the utilization and recycling of secondary textile fibrous raw materials.

Ключевые слова: текстильные отходы, хлопковое волокно, полиэфирное волокно, смешанные волокна, химическая идентификация, обесцвечивание, вторичное сырьё.

Keywords: textile waste, cotton fiber, polyester fiber, blended fibers, chemical identification, decolorization, secondary raw materials.

Введение

Волокнистые отходы, образующиеся на предприятиях текстильной и лёгкой промышленности, как правило, оценивают в зависимости от их волокнистого состава, химической отделки, а также физико-химических свойств реагентов и красителей, применяемых в процессах крашения, и группируют по направлениям дальнейшей переработки [4, 1]. Данный принцип классификации имеет важное научно-практическое значение при определении оптимального направления последующей переработки волокнистых отходов механическими, химическими или физико-химическими методами [4, 23]. Волокнистые отходы, разделённые по составу, могут эффективно использоваться в качестве вторичного сырья в различных отраслях промышленности [4, 21]. В частности, они применяются в строительстве для получения тепло- и звукоизоляционных материалов, в лёгкой промышленности - регенерированных волокон и пряжи, в мебельном производстве -

наполнителей и компонентов покрытий, в бумажной промышленности - в качестве целлюлозного сырья, в автомобилестроении - для изготовления лёгких композитов и шумопоглощающих элементов, а в сельском хозяйстве - для производства геотекстильных и мульчирующих материалов [3, 7, 13, 22].

В строительной промышленности волокнистые отходы применяются для получения тепло- и звукоизоляционных материалов, а в лёгкой промышленности - для переработки текстильных обрезков в регенерированные волокна и производства из них новой пряжи [22, 5, 10, 15]. В мебельной промышленности волокнистые отходы могут использоваться в качестве переработанного вторичного сырья для изготовления внутренних наполнителей, подкладочных слоёв под обивку и ватиновых материалов для диванов, матрасов и других изделий мягкой мебели [3, 18, 24]. Переработанные волокнистые отходы имеют важное практическое значение как вторичное сырьё в различных отраслях промышленности. В частности, они могут применяться в производстве бумаги в качестве целлюлозной композиционной добавки, в автомобилестроении -как внутренние конструкционные элементы, обеспечивающие шумо- и теплоизоляцию, а в сельском хозяйстве - в качестве агротекстильных материалов, защищающих сельскохозяйственные культуры от неблагоприятных климатических и механических воздействий [6, 11, 16].

Для эффективной переработки волокнистых отходов и их направления в качестве вторичного сырья, соответствующего конкретным отраслям промышленности, прежде всего требуется их систематическая классификация по источнику образования, волокнистому составу, физико-морфологическим характеристикам, фракционной структуре, а также химическим компонентам, оставшимся после процессов крашения и отделки [4, 2, 14].

Группирование волокнистых отходов по источнику происхождения, стадии образования и волокнисто-химическому составу является важным критерием при выборе направления их переработки. Такой подход позволяет отдельно оценивать отходы, образующиеся в процессе производства, до потребления и после потребления, а также материалы из натуральных, синтетических и смешанных волокон [1, 4]. С точки зрения производственной цепочки волокнистые отходы в основном образуются в процессах прядения, ткачества и трикотажного производства, а также раскроя и швейного производства. К данной группе относятся короткие волокна, остатки ровницы и пряжи, концы нитей, кромки тканей, обрезки, остающиеся после раскроя, а также фрагменты дефектных тканей [1, 25]. По волокнисто-химическому составу волокнистые отходы классифицируют на отходы из натуральных, регенерированных искусственных, синтетических и смешанных волокон. Такая классификация имеет важное значение для выбора метода их переработки, разделения волокнистых компонентов и эффективного использования в качестве вторичного сырья [4, 8, 17].

При подготовке волокнистых отходов к переработке важное значение имеют этапы механической сортировки и фракционирования, которые позволяют удалять из состава сырья пыль, металлические и минеральные частицы, а также другие посторонние механические примеси, а также систематически оценивать регенерированные волокна по длине, тонине, доле коротких волокон и фракционному составу [14, 25]. В процессе морфологической оценки определяются структура поверхности волокон, степень деструкции и характер механических повреждений [26]. Кроме того, при подготовке волокнистых отходов

к переработке необходимо оценивать наличие сохранившихся на поверхности волокон или во внутренней структуре отделочных химических реагентов, красителей для печати, функциональных добавок и других технологических химических компонентов, а также особенности их распределения [4, 1].

Классификация волокнистых отходов с учётом количества остатков красителей и текстильных вспомогательных реагентов, применённых на стадиях крашения, печати и отделки, позволяет целенаправленно выбирать последующее направление их механической, химической или физико-химической переработки [4, 19]. Высокоочищенные целлюлозные волокнистые отходы рассматриваются как перспективное вторичное сырьё для получения производных целлюлозы, включая натрий-карбоксиметилцеллюлозу и ацетат целлюлозы, а также других химически модифицированных целлюлозных продуктов [9, 12, 20]. Смешанные волокнистые отходы различного состава могут применяться в производстве композиционных материалов в качестве армирующего или функционального компонента. Очень короткие, механически повреждённые и подвергшиеся деструкции волокнистые отходы, в свою очередь, являются перспективным вторичным волокнистым сырьём для производства бумаги, нетканых материалов и наполнителей [4, 3, 27].

Материалы и методы

Объекты исследования

В качестве объектов исследования были выбраны волокнистые отходы, образующиеся на текстильных и швейных предприятиях, в том числе обрезки тканей из хлопковых, синтетических волокон, а также хлопково-полиэфирных смесей. Образцы были разделены на группы в зависимости от внешнего вида, цвета, волокнистого состава и технологического происхождения. В ходе исследования структурные особенности волокон оценивали с использованием методов сжигания, химической идентификации и оптического микроскопического анализа.

Предварительная подготовка образцов

Отобранные для анализа обрезки тканей и волокнистые отходы предварительно очищали от поверхностных загрязнений, пыли, механических примесей и отделочных веществ. Для этого образцы кипятили в течение 30 минут в растворе поверхностно-активного вещества концентрацией 5 g/l при модуле 1:50. Затем образцы последовательно промывали в горячей воде при температуре 90 – 95 °C, в тёплой воде при температуре 55 – 60 °C и в холодной воде комнатной температуры. Промытые образцы высушивали в лабораторном сушильном шкафу и подготавливали к последующим анализам.

Предварительная идентификация волокон методом сжигания

Для определения природы происхождения волокон первоначально проводили испытание методом сжигания. Из каждого образца отбирали небольшое количество волокон и с помощью металлического пинцета подвергали воздействию открытого пламени. В ходе испытания фиксировали характер воспламенения волокна, скорость горения, особенности плавления или обугливания, образующийся запах, цвет золы и форму остатка.

По результатам испытания методом сжигания образцы были разделены на три основные группы. Образцы, интенсивно горевшие, выделявшие запах жжёной бумаги и образовывавшие светло-серую золу, были отнесены к группе целлюлозных волокон. Образцы, плавившиеся без образования пламени и формировавшие твёрдый шарообразный остаток, были отнесены к группе синтетических волокон. Образцы, при сжигании которых одновременно наблюдались запах жжёной бумаги и образование твёрдого шарообразного остатка, рассматривались как смесь целлюлозных и синтетических волокон.

Химическая идентификация целлюлозных волокон

Образцы, отнесённые по результатам испытания методом сжигания к группе целлюлозных волокон, подвергали дополнительному химическому анализу. На первом этапе образец помещали в пробирку, добавляли 5 ml 10 %-ного раствора серной кислоты и выдерживали при комнатной температуре в течение 10 минут. После этого обработанный образец отжимали и обрабатывали 10 %-ным раствором ферроцианида калия. Отсутствие изменения окраски волокна указывало на отсутствие в образце льняного волокна.

На следующем этапе волокна подвергали воздействию концентрированного раствора соляной кислоты. Отсутствие растворения образца в течение короткого времени при комнатной температуре свидетельствовало о том, что он не относится к гидратцеллюлозным волокнам. Данный вывод был подтверждён результатами оптического микроскопического анализа.

Оптический микроскопический анализ

Для определения морфологических особенностей волокон проводили оптический микроскопический анализ. Для анализа отбирали небольшое количество волокон из промытого и высушенного образца и помещали на предметное стекло. Образец смачивали каплей дистиллированной воды и накрывали покровным стеклом.

Под микроскопом оценивали внешнюю форму волокон, морфологию поверхности, степень извитости, линейную структуру, наличие механических повреждений и морфологические признаки. Наличие характерной для хлопковых волокон извитой лентообразной формы и отсутствие гладкой цилиндрической структуры, характерной для гидратцеллюлозных волокон, подтвердили, что целлюлозные образцы состоят преимущественно из хлопковых волокон.

Обесцвечивание волокнистых отходов, окрашенных активными красителями

Обесцвечивание отходов из 100 % хлопковых волокон, окрашенных активными красителями, проводили в щелочно-восстановительной среде. При этом применяли метод термической обработки в присутствии раствора NaOH и восстановителя.

Концентрация NaOH в рабочем растворе была установлена на уровне 3 %. Количество восстановителя выбирали в диапазоне 3–6 g/l в зависимости от цвета образца. Температуру и продолжительность обработки определяли в зависимости от природы красителя и цвета образца.

После завершения обработки образцы сначала промывали горячей водой, затем тёплой и холодной водой. Промывание продолжали до полного удаления щелочной среды из образцов. Затем образцы высушивали в сушильном шкафу и оценивали степень их обесцвечивания.

Результаты и обсуждение

В процессе подготовки волокнистых отходов, полученных на текстильных и швейных предприятиях, к переработке в качестве основных критериев оценки были выбраны их волокнистый состав, морфологическая структура, отношение к химическим реагентам и склонность к обесцвечиванию. Результаты исследования показали, что непосредственное направление волокнистых отходов на отбеливание или переработку является недостаточно эффективным. Это обусловлено тем, что натуральные, синтетические и смешанные волокна, входящие в состав отходов, проявляют различную чувствительность к химическим реагентам. Поэтому предварительная идентификация, группирование, морфологическая оценка волокнистых отходов и выбор условий их обесцвечивания перед переработкой являются важными технологическими этапами.

Разделение волокон на группы методом сжигания

Для определения природы волокон первоначально применяли испытание методом сжигания. В процессе сжигания образцы были разделены на три основные группы на основании характера воспламенения волокон, скорости горения, образующегося запаха, а также цвета и формы зольного остатка.

К первой группе были отнесены образцы, интенсивно горевшие, выделявшие запах жжёной бумаги и образовывавшие светло-серую золу. Данные признаки характерны для целлюлозных волокон, в частности хлопковых, льняных или гидратцеллюлозных волокон. В образцах второй группы под воздействием пламени наблюдались плавление волокна, образование тягучей массы и её затвердевание после охлаждения в форме твёрдого шарика. Данное явление отражает термопластическую природу синтетических волокон, особенно полиэфирных и полиамидных волокон. В образцах третьей группы одновременно с появлением запаха жжёной бумаги наблюдалось образование твёрдого шарика, что указывает на наличие в их составе смеси целлюлозных и синтетических волокон. Полученные результаты представлены на рисунке 1.

Несмотря на то, что метод сжигания является быстрым и удобным, он недостаточен для окончательной идентификации волокон. Это связано с тем, что хлопковые, льняные и гидратцеллюлозные волокна могут проявлять сходные признаки в процессе горения. Поэтому результаты испытания методом сжигания необходимо подтверждать последующими химическими и микроскопическими анализами.



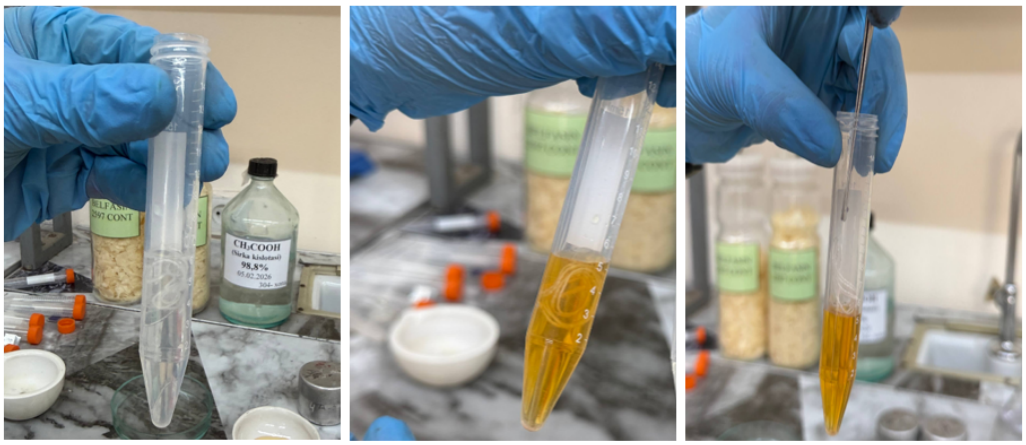
Рисунок 1. Классификация волокон по результатам испытания методом сжигания. a, b — плавление синтетических волокон и образование твердого шарика; c, d — признаки, характерные для целлюлозных и синтетических компонентов в образце смешанных волокон

Результаты химической идентификации целлюлозных волокон

Образцы, отнесённые по результатам испытания методом сжигания к группе целлюлозных волокон, дополнительно исследовали с использованием химических реагентов. Сначала образцы обрабатывали 10 %-ным раствором H_2SO_4, после чего подвергали обработке 10 %-ным раствором феррорцианида калия. Отсутствие заметного изменения окраски волокна после обработки свидетельствовало об отсутствии льняных волокон в данной группе. Полученные результаты представлены на рисунке 2.

Также было установлено, что образцы не растворялись в концентрированном растворе HCl в течение короткого времени при комнатной температуре. Это свидетельствовало о том, что они не относятся к гидратцеллюлозным волокнам. По результатам химического анализа в составе волокон первой группы льняные и гидратцеллюлозные волокна не были обнаружены. Следовательно, было установлено, что волокна данной группы состоят преимущественно из хлопковых волокон.

Данный результат имеет важное практическое значение и показывает, что отходы, состоящие из 100 % хлопковых волокон, могут использоваться на последующих стадиях в качестве перспективного вторичного сырья для обесцвечивания, отбеливания, получения производных целлюлозы, а также для различных процессов химической модификации.



a **b** **c**

Рисунок 2. Этапы процесса химической идентификации текстильных волокон: a — исходный образец; b — образец после обработки 10 %-ным раствором H_2SO_4; c — образец после обработки 10 %-ным раствором ферроцианида калия

Результаты микроскопического анализа

Для подтверждения результатов химической идентификации был проведён оптический микроскопический анализ. Под микроскопом у волокон первой группы наблюдались характерная для хлопковых волокон извитая лентообразная форма, неровная поверхность и морфологические признаки, свойственные натуральным целлюлозным волокнам. Гладкая, однородная и цилиндрическая структура, характерная для гидратцеллюлозных волокон, не была обнаружена. Полученные результаты представлены на рисунке 3.

Результаты микроскопического анализа согласовывались с выводами химических испытаний и подтвердили отсутствие гидратцеллюлозных волокон в образцах первой группы. Это показывает, что комплексное применение методов сжигания, химической идентификации и оптической микроскопии является эффективным подходом для точной оценки состава волокнистых отходов.



Рисунок 3. Вид волокон под оптическим микроскопом

Кроме того, микроскопический анализ позволяет оценить степень механического повреждения волокон. Наличие изгибов, неровностей поверхности и признаков деформации свидетельствует о том, что волокна подвергались механическому воздействию в процессе производства либо раскроя и швейной обработки. Такие волокна целесообразно направлять не на получение высококачественной пряжи, а на производство бумаги, нетканых материалов, сорбентов или производных целлюлозы.

Результаты определения состава тканей из смешанных волокон

При определении состава волокнистых отходов третьей группы ткань предварительно разделяли на нити основы и утка. Каждый тип нитей анализировали отдельно. Такой подход является научно обоснованным, поскольку в тканях в направлениях основы и утка могут использоваться нити различного состава.

При обработке образца смешанного волокнистого материала 70 %-ным раствором H_2SO_4 при температуре 40 °C хлопковый компонент растворялся, тогда как полиэфирные волокна сохранялись в виде нерастворимого остатка. Содержание полиэфирного волокна в смеси рассчитывали путём определения массы высушенного остатка.

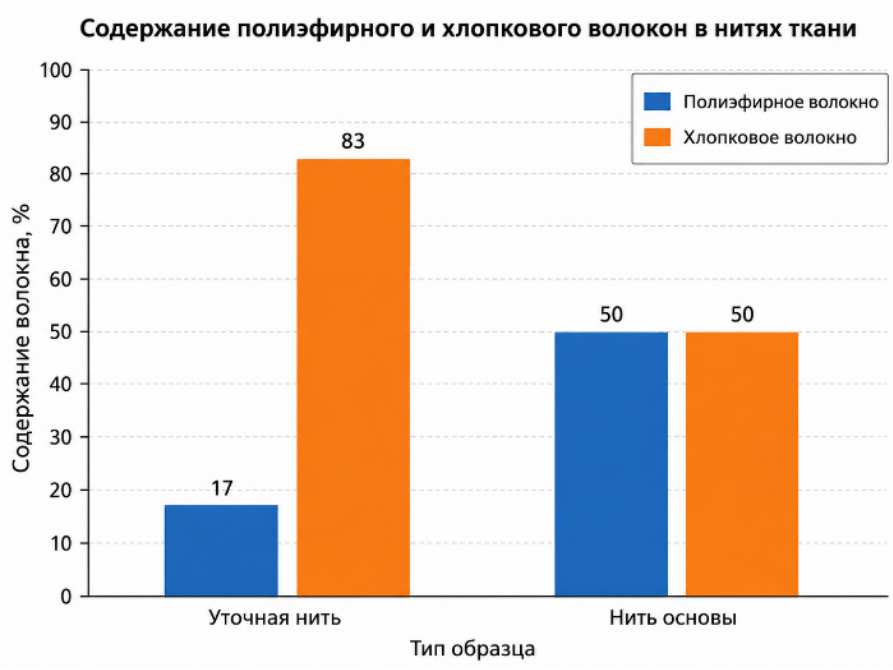


Рисунок 4. Содержание хлопковых и полиэфирных волокон в составе ткани из смешанных волокон

Как видно из рисунок 4, содержание полиэфирного волокна в уточных нитях составило 17 %, тогда как в нитях основы — 50 %. Этот результат свидетельствует о том, что волокнистый состав ткани в направлениях основы и утка неодинаков. Более высокое содержание полиэфира в нитях основы может быть связано с необходимостью обеспечения механической прочности и размерной стабильности ткани. Повышенная доля хлопка в уточных нитях, в свою очередь, может быть обусловлена приданием ткани гигроскопичности, мягкости и гигиенических свойств.

Данный результат имеет большое значение при переработке отходов из смешанных волокон, поскольку оценка всей ткани как материала с единым составом не в полной мере отражает её фактическую структуру. Особенно важно предварительно определять соотношение хлопкового и полиэфирного компонентов при химической переработке, поскольку их взаимодействие с химическими реагентами существенно различается.

Результаты процесса обесцвечивания

Отходы из 100 % хлопковых волокон, окрашенные активными красителями, подвергали обесцвечиванию в щелочно-восстановительной среде. В процессе обработки раствор NaOH способствовал ослаблению связей между красителем и волокном, а восстановитель — разрушению хромофорных групп красителя. В результате интенсивность окраски волокон снижалась. Полученные результаты представлены в рис.5.

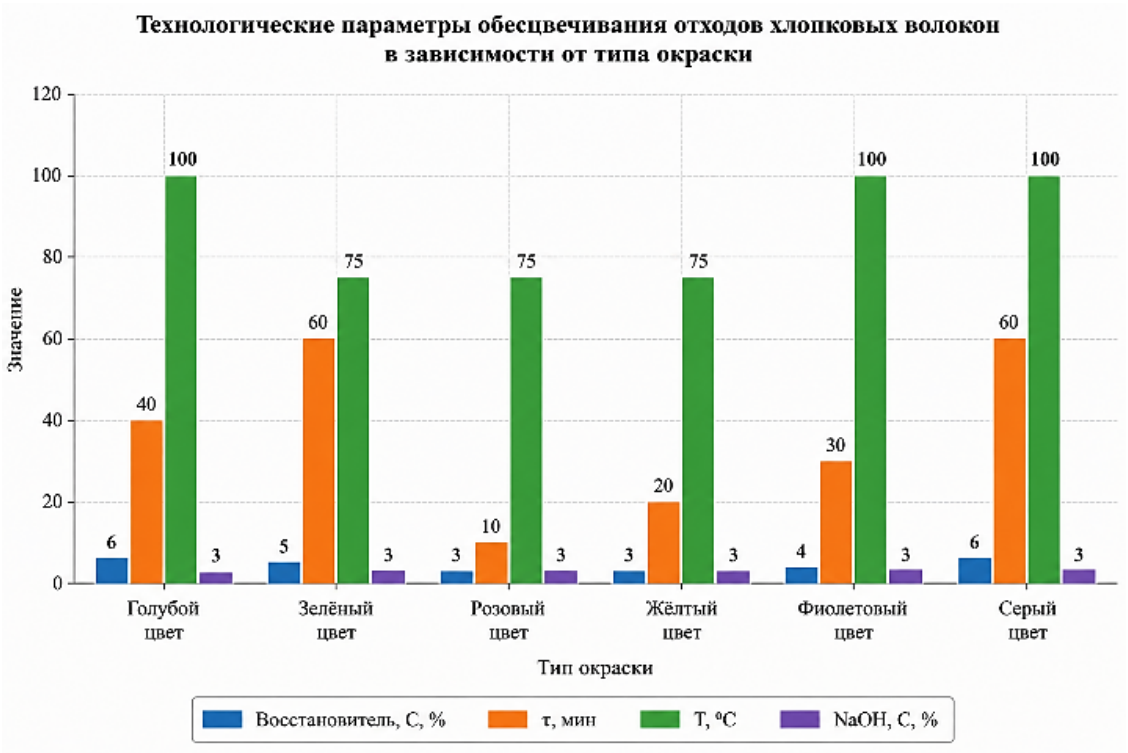


Рисунок 5. Оптимальные технологические параметры обесцвечивания отходов хлопковых волокон, окрашенных активными красителями

Согласно результатам, представленным в рисунок 5, условия обесцвечивания отходов хлопковых волокон, окрашенных активными красителями, различаются в зависимости от цвета образца. Несмотря на то, что для всех образцов концентрация NaOH была установлена на уровне 3 %, количество восстановителя, температура и продолжительность обработки изменялись в зависимости от химической природы красителя и устойчивости его хромофорных групп. Для обесцвечивания голубых и серых образцов требовалась обработка при высокой температуре, а именно 95–100 °C, в присутствии 6 % восстановителя. Это свидетельствует о более высокой устойчивости красителей, использованных для получения данных цветов, к воздействию щелочно-восстановительной среды. Розовые и жёлтые образцы эффективно обесцвечивались при температуре 75 °C, при меньшем количестве восстановителя и за более короткое время. Это объясняется относительно более лёгким

разрушением их хромофорной системы. Зелёные и фиолетовые образцы занимали промежуточное положение, и для их обесцвечивания требовалось более продолжительное время или более высокая температура. В целом полученные результаты показывают, что обесцвечивание хлопковых волокнистых отходов различной окраски в одинаковых условиях является нецелесообразным и для каждой цветовой группы необходимо подбирать отдельный технологический режим. Такой подход позволяет снизить расход реагентов и энергии, ограничить избыточную деструкцию целлюлозных волокон и получить высококачественное вторичное сырьё.

Заключение

1. Проведённые исследования показали необходимость комплексной оценки волокнистого состава и морфологических характеристик волокнистых отходов, образующихся на текстильных и швейных предприятиях, до их направления на переработку.

2. Результаты испытания методом сжигания, химической идентификации и оптического микроскопического анализа позволили дифференцировать целлюлозные, синтетические и смешанные волокнистые отходы. В частности, отсутствие льняных и гидратцеллюлозных волокон в образцах, отнесённых к группе целлюлозных волокон, подтвердило, что они состоят преимущественно из хлопковых волокон. Это позволяет рассматривать такие отходы как перспективное вторичное сырьё для обесцвечивания, отбеливания и получения производных целлюлозы.

3. Результаты анализа тканей из смешанных волокон показали, что их состав неодинаков по направлениям ткани: в уточных нитях содержание полиэфирного волокна составило 17 %, хлопкового волокна — 83 %, тогда как в нитях основы содержание полиэфирных и хлопковых волокон составило по 50 %. Установлено, что при обесцвечивании отходов хлопковых волокон, окрашенных активными красителями, щелочно-восстановительная среда в присутствии 3 % NaOH является эффективной, однако количество восстановителя, температура и продолжительность обработки должны подбираться в зависимости от цвета образца.

4. Таким образом, сортировка волокнистых отходов по составу, типу окраски и химической устойчивости является важным условием повышения эффективности их переработки, снижения расхода реагентов и получения высококачественной вторичной продукции.

Настоящая работа выполнена в 2026 году в лаборатории «Химия и технология целлюлозы и её производных» Института химии и физики полимеров АН РУз в рамках прикладного проекта AL-11725099248 «Разработка буровых растворов для нефтяных скважин на основе отходов текстильных предприятий».

Список литературы

1. Abrishami C., Shirali A., Sharples N.E., Kartal G., Macintyre L., Doustdar O. Textile Recycling and Recovery: An Eco-friendly Perspective on Textile and Garment Industries Challenges // Textile Research Journal. – 2024. – T. 94. – P. 2815–2834. – DOI: 10.1177/00405175241247806.

2. Abrishami C., Shirali A., Sharples N. et al. Textile Recycling and Recovery: An Eco-Friendly Perspective on Textile and Garment Industries Challenges // Textile Research Journal. – 2024. – T. 94, № 20. – P. 2334–2354. – DOI: 10.1177/00405175241247806.
3. Alves D.I., Barreiros M., Fangueiro R., Ferreira D.P. Valorization of Textile Waste: Non-Woven Structures and Composites // Frontiers in Environmental Science. – 2024. – T. 12. – DOI: 10.3389/fenvs.2024.1365162.
4. Baloyi R.B., Gbadeyan O.J., Sithole B., Chunilall V. Recent advances in recycling technologies for waste textile fabrics: a review // Textile Research Journal. – 2024. – T. 94, № 3–4. – P. 508–529. – DOI: 10.1177/00405175231210239.
5. Briga-Sá A., Nascimento D., Teixeira N. et al. Textile Waste as an Alternative Thermal Insulation Building Material Solution // Construction and Building Materials. – 2013. – T. 38. – P. 155–160. – DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2012.08.037.
6. Cai Z., Faruque M.A., Kiziltas A., Mielewski D., Naebe M. Sustainable Lightweight Insulation Materials from Textile-Based Waste for the Automobile Industry // Materials. – 2021. – T. 14, № 5. – DOI: 10.3390/ma14051241.
7. Cao H., Ludwig K., Cobb K., Scott C., Jin Y., Knight B., Burrichter M., Shen H. Development and Evaluation of Biodegradable Weed Control Mulch Mats from End-of-Use Cotton Waste // Sustainability. – 2024. – T. 16. – DOI: 10.3390/su16167083.
8. Choudhury K. Recycling of Blended Fabrics for a Circular Economy of Textiles: Separation of Cotton, Polyester, and Elastane Fibers // Sustainability. – 2024. – T. 16, № 14. – DOI: 10.3390/su16146206.
9. Costa C., Viana A., Silva C., Marques E.F., Azoia N.G. Recycling of Textile Wastes, by Acid Hydrolysis, into New Cellulosic Raw Materials // Waste Management. – 2022. – T. 153. – P. 99–109. – DOI: 10.1016/j.wasman.2022.08.019.
10. Faysal, Г.М., Azad T.H.C., Repon M.P. Sustainable Yarn Production Using Leftover Fabric from Apparel Industries // Heliyon. – 2022. – T. 8, № 11. – DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e11377.
11. Harter, T., Wagner A., Weissensteiner A., Hirn U. Back to Rags: Producing Packaging Paper from Post-Consumer Textile Waste // Journal of Cleaner Production. – 2025. – T. 525. – DOI: 10.1016/j.jclepro.2025.146524.
12. Homem, H.C., Amorim, M.T.P. Synthesis of cellulose acetate using as raw material textile wastes // Materials Today: Proceedings. – 2020. – T. 31. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221478532030599X (дата обращения: 01.10.2026).
13. Islam, C., Bhat G. Environmentally-Friendly Thermal and Acoustic Insulation Materials from Recycled Textiles // Journal of Environmental Management. – 2019. – T. 251. – DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.109536.
14. Islam, M.M., Yin R., West A. A Brief Review of Mechanical Recycling of Textile Waste // Textiles. – 2025. – T. 5, № 4. – DOI: 10.3390/textiles5040041.
15. Jamshaid, X., Hussain U., Mishra R. и др. Turning Textile Waste into Valuable Yarn // Cleaner Engineering and Technology. – 2021. – T. 5. – DOI: 10.1016/j.clet.2021.100341.

16. Kamboj, A., Mahajan S., Prakash C. и др. Development of Nonwoven Mulch Mats from Textile Waste and Its Performance Assessment on for Chilli Crop // Polymer Bulletin. – 2024. – Т. 81. – P. 16103–16120. – DOI: 10.1007/s00289-024-05453-0.
17. Kim, T, Kim D., Park Y. Recent Progress in Regenerated Fibers for ‘Green’ Textile Products // Journal of Cleaner Production. – 2022. – Т. 376. – DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.134226.
18. Nayak, P., Houshyar S., Patnaik A. и др. Sustainable Reuse of Fashion Waste as Flame-Retardant Mattress Filling with Ecofriendly Chemicals // Journal of Cleaner Production. – 2020. – Т. 251. – DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.119620.
19. Ndagano, У.Н., Afolabi A.C., Sadiku E.P. The Current State-of-the-Art of the Processes Involved in Chemical Recycling of Textile Waste // Molecules. – 2025. – Т. 30, № 2. – DOI: 10.3390/molecules30020299.
20. Rahaman, M.S., Nahar, S.S., Islam, J.M., Samadder, R., Rahaman, M.S., Chadni, R.K., Khan, M.A. (2022). Research Article Utilization of Waste Textile Cotton by Synthesizing Sodium Carboxymethyl Cellulose: An Approach to Minimize Textile Solid Waste. – DOI: 10.1155/2022/4255409.
21. Rahman, S.S., Siddiqua S., Cherian C. “Sustainable Applications of Textile Waste Fiber in the Construction and Geotechnical Industries: A Retrospect” Cleaner Engineering and Technology 6 (2022): 100420. – DOI: 10.1016/j.clet.2022.100420.
22. Rahman, S.S., Siddiqua S., Cherian C. “Sustainable Applications of Textile Waste Fiber in the Construction and Geotechnical Industries: A Retrospect” Cleaner Engineering and Technology 6 (2022): 100420. – DOI: 10.1016/j.clet.2022.100420.
23. Ribul, M., Lanot A., Pisapia C.T., Purnell P. McQueen Mason S.J., and Baurley S. “Mechanical, Chemical, Biological: Moving Towards Closed-Loop Bio-Based Recycling in a Circular Economy of Sustainable Textiles” Journal of Cleaner Production 326 (2021): 129325. – DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.129325.
24. Rubino, C. “Rethinking the Design of Upholstered Seating from a Circular and Acoustics-Conscious Perspective” Building and Environment 287 (2026): 113840. – DOI: 10.1016/j.buildenv.2025.113840.
25. Ute, T.B., Celik P., Uzumcu M.B. “Utilization of Cotton Spinning Mill Wastes in Yarn Production” in Textile Industry and Environment, ed. A. Körlü, IntechOpen (2019). – DOI: 10.5772/intechopen.85127.
26. Utebay B., Chelik P., Chay A. Effects of cotton textile waste properties on recycled fibre quality // Journal of Cleaner Production. – 2019. – Т. 222. – P. 29–35. – DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.03.033.
27. Wang, C., Su, J., Liu, T., Ge, S., Liew, R.K., Zhang, H. & Fan, W. A sustainable strategy to transform cotton waste into renewable cellulose fiber self-reinforcing composite paper // Journal of Cleaner Production, 429, 139567. – 2023. – DOI: 10.1016/j.jclepro.2023.139567.