

Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» <https://resources.today>
Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling

2026, Том 13, № 1 / 2026, Vol. 13, Iss. 1 <https://resources.today/issue-1-2026.html>

URL статьи: <https://resources.today/PDF/15EEOR126.pdf>

DOI: 10.15862/15EEOR126 (<https://doi.org/10.15862/15EEOR126>)

1.5.15. Экология (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Тихонова, И. О. Разработка подходов к утилизации отходов текстильной одежды в контексте экономики замкнутого цикла / И. О. Тихонова, Ю. Ю. Юмашева, С. В. Грошева // Отходы и ресурсы. — 2026. — Т. 13. — № 1. — URL: <https://resources.today/PDF/15EEOR126.pdf>. DOI: 10.15862/15EEOR126.

For citation:

Tikhonova I.O., Iumasheva Yu.Yu., Grosheva S.V. Development of approaches to the recycling of textile clothing waste in the context of a circular economy. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*. 2026;13(1): 15EEOR126. Available at: <https://resources.today/PDF/15EEOR126.pdf>. DOI: 10.15862/15EEOR126. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 677.08

Тихонова Ирина Олеговна

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», Москва, Россия
Доцент кафедры «Промышленной экологии»

ФГАУ «Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики»,
Москва, Россия

Главный научный сотрудник отдела водных ресурсов

Кандидат технических наук, доцент

E-mail: iritimay@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7156-1660>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=51933

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=55346990200>

Юмашева Юлия Юрьевна

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», Москва, Россия

E-mail: yuyumashewa@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0993-0054>

Грошева Светлана Валерьевна

ППК «Российский экологический оператор», Москва, Россия

Заместитель руководителя Департамента экономики замкнутого цикла

Кандидат технических наук

E-mail: sgrosheva90@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4232-9249>

ИСТИНА: <https://istina.msu.ru/workers/394187087>

**Разработка подходов к утилизации
отходов текстильной одежды в контексте
экономики замкнутого цикла**

Аннотация. В статье представлен обзор современных методов утилизации отходов текстильной одежды, которые подразделяются на четыре основные группы: механические, физические, химические и биологические. Подробно описаны процессы предварительной обработки отходов, включая такие стадии как дезинфекция, сортировка, стирка, сушка и удаление фурнитуры. Для всех рассматриваемых в статье методов указаны типы утилизируемых

тканей и возможная продукция. Авторами проанализированы преимущества, недостатки и ограничения применимости каждого метода. Отмечено, что наиболее универсальным и экономически оправданным для применения в России в настоящее время является механический метод, позволяющий получать такие продукты, как регенерированное волокно, нетканые материалы и обтирочную ветошь. Физические методы могут быть применимы только для односоставных полимерсодержащих отходов текстильной одежды. Химические методы, довольно перспективны для разделения отходов текстильной одежды из смесовых тканей. Биологические методы применимы лишь к целлюлозосодержащим отходам, получаемая конечная продукция имеет ограниченный рыночный спрос. Авторами сформулирован вывод работы о необходимости первоочередного развития в России эффективной системы сбора, логистики и предварительной обработки текстильных отходов, что является фундаментом для создания устойчивой отрасли их вторичной переработки и перехода к экономике замкнутого цикла. При этом, независимо от выбранного метода, предварительная подготовка сырья остается критически важным звеном всей технологической цепочки, определяющим качество и востребованность конечных продуктов.

Ключевые слова: отходы текстильной одежды; регенерированное волокно; вторичное волокно; переработка; утилизация; первичная обработка отходов; сортировка отходов

Введение

Текстильная промышленность в настоящее время ориентируется на повышенный спрос среди потребителей. Закономерно с ростом объемов производства растет и количество образующихся отходов текстильной одежды. По различным экспертным оценкам количество отходов текстиля в России составляет в пределах 4,2–4,8 миллионов тонн [1], и в дальнейшем прогнозируется только увеличение числа подобных отходов. По официальным данным Росприроднадзора на 2024 год¹ образуется 127 тысяч тонн текстильных отходов производства и потребления.

На рисунке 1 представлены данные по объемам образования отходов и их утилизации.

Из полученных данных видно, что больше всего образуется отходов «Спецодежда из хлопчатобумажного и смешанных волокон, утратившая потребительские свойства, незагрязненная» (код ФККО 4 02 110 01 62 4) — 70 тыс. тонн, «Отходы одежды и прочих текстильных изделий для сферы обслуживания из натуральных и смешанных волокон незагрязненные» (код ФККО 4 02 112 11 62 5) — 19 тыс. тонн и «Прочие изделия из натуральных волокон, утратившие потребительские свойства, пригодные для изготовления ветоши» (код ФККО 4 02 131 99 62 5) — 17 тыс. тонн, и эти же виды отходов утилизируются в большем количестве. Тем не менее, около половины всей массы отходов направляется на размещение на объектах размещения отходов из-за чего, несмотря на возможность утилизации, большая масса отходов не возвращается в производственный цикл.

¹ Федеральная служба по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор). Информация об образовании, обработке, утилизации, обезвреживании, размещении отходов производства и потребления: [Электронные ресурсы]. — URL: <https://rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/production-consumption-waste/> (Дата обращения: 05.02.2026).

В настоящий момент времени промышленные мощности по переработке текстильных отходов в России ограничены 25 тысячами тонн в год [2], причем значительная часть получаемой продукции не подлежит повторной переработке.

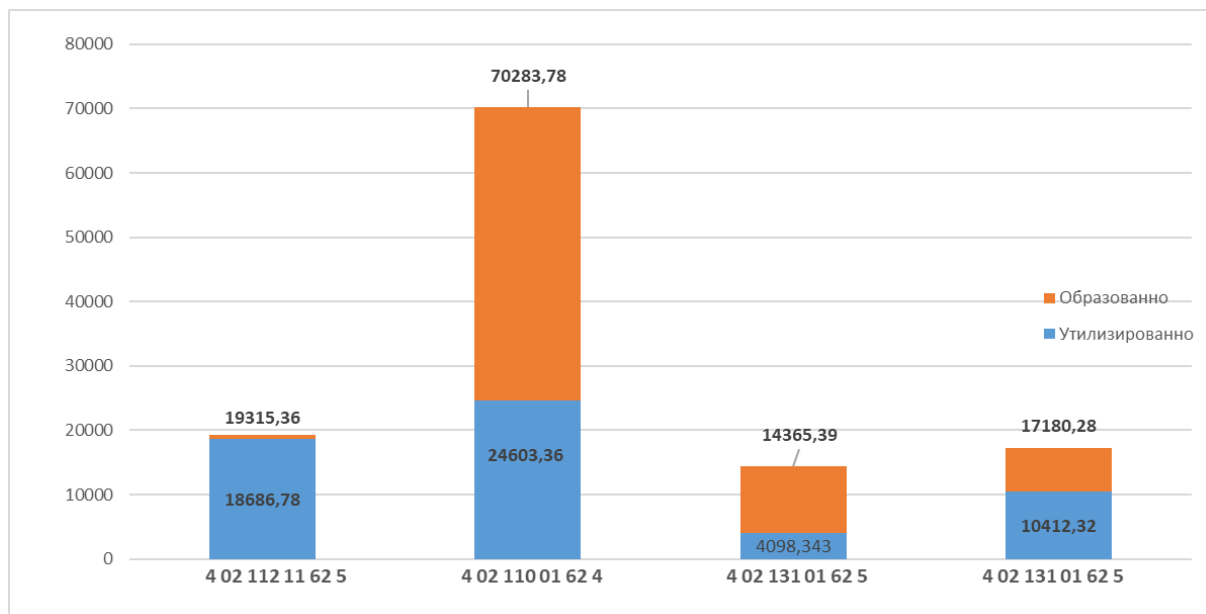


Рисунок 1. Количество образованных и утилизированных отходов за 2024 год, тонн (разработано авторами)

Таких мощностей явно недостаточно для решения проблемы утилизации отходов текстильной одежды. Поэтому для перехода к экономике замкнутого цикла необходимо совершенствование системы сбора и предварительной обработки отходов, а также осуществлять поиск новых технологических подходов к утилизации отходов текстильной одежды.

Основная часть

В настоящее время существует множество способов утилизации отходов текстильной одежды, объединенных в четыре основные группы методов: механический, физический, химический и биологический (рис. 2). Выбор метода утилизации зависит от двух основных факторов: материала, из которого изготовлен утилизируемый отход и продукта, получаемого в итоге утилизации.

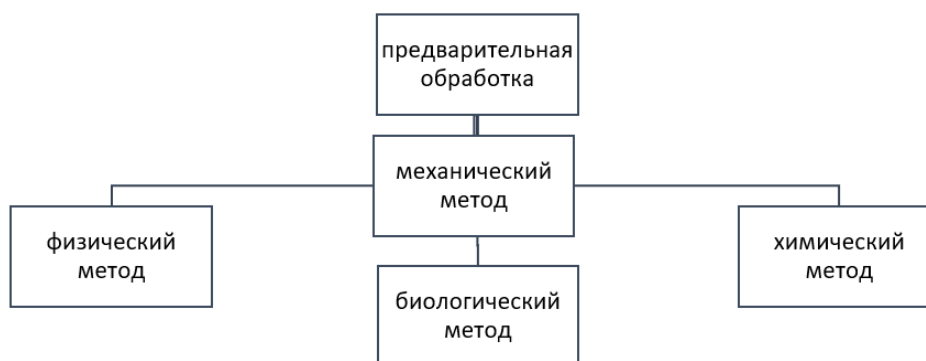


Рисунок 2. Методы переработки отходов текстильной одежды (разработано авторами)

Однако для возможности применения любого метода утилизации необходимо провести ряд операций (рис. 3) для предварительной подготовки отхода к утилизации [3].



Рисунок 3. Схема процесса предварительной обработки (разработано авторами)

В начале предварительной обработки производится дезинфекция отходов для удаления возможных присутствующих на ткани патогенных микроорганизмов и паразитов. Процесс осуществляется в специальных камерах, где для обеззараживания используется пар или газ [4]. Так же данный процесс может быть осуществлён с использованием ультрафиолетового или инфракрасного излучения.

Следующим этапом в предварительной обработке производится сортировка отходов. Отходы сортируют по следующим критериям: составу и цвету отхода. По составу отходы подразделяются на хлопковые, шерстяные, вискозные, синтетические и смесовые отходы. При сортировке по цвету отходы разделяют на темные, светлые и разные оттенки одного цветового тона. Сортировка по цветам позволяет избежать операции по обесцвечиванию или перекрашиванию отходов с получения товарного продукта надлежащего вида. Кроме того, на данном этапе могут выделяться сильнозагрязненные отходы или отходы, содержащие фурнитуру, для упрощения технологического процесса. Сортировка отходов текстильной одежды производится вручную или с использованием специальных аппаратов. Наиболее прогрессивным методом сортировки отходов текстильной одежды на данный период времени является ближняя инфракрасная спектроскопия [5], позволяющая различить не только цвета и ткани из однородных волокон, но и процентный состав волокон в смеси.

Отсортированные отходы передаются на этап стирки, где с использованием промышленных стиральных машин отходы очищаются от загрязнений. Стирка производится в зависимости от степени загрязнения отхода: малозагрязненные отходы отмываются только водой, для сильнозагрязненных тканей используются специальные химические реагенты. После стирки производится сушка отходов. Сушка осуществляется с помощью конвейерных систем с использованием УФ или инфракрасного излучения либо с использованием мобильных теплогенераторов.

Последним этапом производится отделение фурнитуры. Фурнитура удаляется вручную силами работников предприятия. Отделяемые пластиковые или металлические виды фурнитуры могут быть переданы для утилизации или повторного использования.

Прошедшие все этапы предварительной обработки отходы текстильной одежды передаются на механическое измельчение для уменьшения размера отхода, а далее используется один из четырех методов утилизации.

Механический метод представляет собой утилизацию отходов текстильной одежды путем измельчения и разволокнения без изменения химического состава отхода и его агрегатного состояния. Механический метод включает в себя три последовательных операции: дробление, разволокнение и скрепление. Для получения различных целевых продуктов процесс может быть ограничен одной или двумя стадиями. Отходы текстильной одежды из материалов с высокой гигроскопичностью, например, хлопчатобумажные или вискозные волокна, могут быть нарезаны на куски площадью не менее 400 см² и шириной куска не менее 15 см для вторичного использования в качестве обтирочной ветоши [6].

Измельчение производится с помощью специальных аппаратов таких как шредеры или гильотинные машины [7], выбор аппарат для измельчения зависит от дальнейшего технологического процесса, например, для производства ветоши необходима нарезка кусков определенного размера, а для процесса разволокнения куски тканей могут быть более мелких

и неоднородных размеров. Процесс разволокнения производится с использованием специальных щипальных машин [8], где разрыхление ткани происходит за счет движения барабанов с изогнутыми зубьями. Скрепление волокон в нетканый материал может быть произведено путем их термообработки на каландре, иглопробиванием на специальном аппарате или прошиванием нитями.

Механический метод может быть применен для отходов текстильной одежды из любых тканей в том числе и смесовых. Однако для получения вторичной пряжи рекомендуется использовать однородный хлопчатобумажный, шерстяной или вискозный материал. Вторичные волокна подмешиваются в процессе прядения к первичной пряже в количестве не более 15 % [9] для сохранения свойств получаемой пряжи.

Отсутствие ограничений по цветам и составу тканей приводит к образованию неоднородной волокнистой массы, называемой регенерированным волокном, которая может быть использована для набивки подушек или летних одеял. Кроме того, получаемые волокна могут скрепляться в нетканые полотна, применяемые в качестве тепло- и звукоизоляционных материалов или мебельных наполнителей [10]. Однако для получения продукта, востребованного на рынке, рекомендуется использовать в составе получаемых материалов от 30 % шерсти.

В основу физических методов утилизации положены процессы, изменяющие агрегатное состояние утилизируемых отходов, не меняя при этом их химический состав [11]. Таким методам утилизации могут подвергаться отходы из синтетических тканей, имеющие в своей основе полимеры, способные подвергаться плавлению. В этом случае вторичное волокно образуется из расплава тканей путем экструзии [12]. Данный метод подходит только для однокомпонентных тканей из-за разницы температур плавления различных полимеров. Утилизация физическим методом для некоторых волокон, таких как эластан, невозможна с получением вторичных тканей из-за ухудшения свойств материала, поэтому из эластана можно получать более плотные материалы, например, бруски. Вторичные полиэфирные и полиамидные волокна могут быть использованы для создания геотекстильных материалов, оббивки автомобилей и ковровых покрытий [13].

Химические методы утилизации представляют собой преобразованием отходов текстильной одежды в новые ткани или другие материалы с использованием специальных химических реагентов. В основе химических методов заложены две основные группы: методы, в процессе которых изменяется химический состав исходной ткани и методы, преобразующие ткани без изменения их состава.

Первая группа методов характерна для синтетических полимерных тканей и основана на процессе их деполимеризации с последующим образованием новых полимеров или извлечением мономеров. Таким методам могут быть использованы полиэтилентерефталатные (лавсан) или полиамидные (нейлон) волокна. Процесс деполимеризации характеризуется высокой энергоемкостью и требует использования высокотехнологичного оборудования, кроме того, в зависимости от используемых реагентов в данном процессе на выходе получают разные продукты [14]. Например, полиэтилен терефталатные волокна при реакции метанолом образуют диметилтерефталат, а с этиленгликолем — бис-гидроэтилтерефталат. Гидролиз волокон приводит к образованию компонентов его исходного синтеза: терефталевой кислоты и этиленгликоля. При этом мономеры, получаемые в процессе деполимеризации, по своему качеству сопоставимы с веществами, получаемыми из нефтепродуктов [15].

Вторая группа химических методов представляет собой процессы растворения отходов текстильной одежды с последующей экстракцией вторичных волокон из раствора. Хорошо изучено применения данного метода для целлюлозосодержащих волокон, таких как хлопок, вискоза или лиоцелл [15]. Целлюлозное волокно селективно растворяется в специальных

ионных жидкостях, таких как N-метилморфолин-N-оксиде (ММО), 1-бутил-3-метилимидазолия хлориде, 1-этил-3-метилимидазолий дитилфосфате, 1-аллил-3-метилимидазолия хлориде [16; 17]. Технологический процесс переработки отходов текстильной одежды с использованием ММО включает в себя несколько последовательных стадий. Подготовленное сырье замачивается в нагретом растворе ММО, что приводило к набуханию отходов и образованию пластичной массы. Из полученной смеси выпаривают воду, что приводит к образованию концентрированного раствора целлюлозы, который далее направляют на фильтрацию для предочистки, и далее из него формируют волокна. Одним из достоинств данного метода является возможность регенерации растворителя и его возврат в производственный цикл.

Для разделения смесовых тканей может быть использован метод экстракции, основанный на селективном выделении одного компонента смеси в раствор. Так, в рамках партнерства компании Sulzer и H&M реализуют инновационный проект Worn Again [18], который занимается разделением смеси хлопкополиэфирной тканей с выделением из нее чистого полиэтилентерефталата.

Биологические методы утилизации представляют собой использование микроорганизмов для переработки отходов текстильной одежды. Различают два основных биологических процесса — анаэробное сбраживание и ферментацию.

Анаэробное сбраживание представляет собой процесс получения биогаза из натуральных отходов. Данный метод применим только к отходам, имеющим в своем составе целлюлозу. Процесс брожения производится в строго анаэробных условиях микроорганизмами, способными осуществлять метановое брожение. Такие организмы используют в качестве источника питания целлюлозу, содержащуюся в тканях, преобразуя ее в биогаз — метан.

В основе ферментативного процесса лежит двухстадийная биоконверсия целлюлозы. На первом этапе целлюлозные волокна под действием ферментов гидролизуются до простых сахаров, которые затем преобразуются в этанол. Для реализации данной технологии используется ряд специфических бактерий, таких как *Zyotomonas mobilis*, *Saccharomyces cerevisiae* и *Aspergillus niger* [19]. Конечным продуктом в этом случае будет являться биоэтанол, который может быть использован в качестве альтернативного топлива.

Однако для эффективной утилизации отходов текстильной одежды требуется создание не только новых технологических линий, но и разработка четких требований к отходам, потенциально способным использоваться в качестве вторичного сырья в технологических процессах. В настоящее время в Российской Федерации действуют достаточно давно разработанные стандарты, описывающие технические условия использования текстильных материалов: ГОСТ 4643-75², ГОСТ 1274-76³, ГОСТ 4644-75⁴ и ГОСТ 1220-76⁵. Указанные стандарты требуют пересмотра и актуализации, так как не учитывают новые материалы (синтетические и химические), необходимость предварительной обработки и новейшие методы переработки. Необходима разработка нового стандарта, учитывающего опыт использования существующих стандартов и новейшие технологии в области утилизации текстильных отходов.

Для эффективной утилизации на данный момент времени предлагается использовать отходы текстильной одежды из хлопчатобумажных, шерстяных и вискозных тканей, прошедших предварительную обработку по схеме (рис. 2) и разделённых по цветам. Отходы

² ГОСТ 4643-75 «Отходы потребления текстильные хлопчатобумажные сортированные. Технические условия».

³ ГОСТ 1274-76 «Отходы потребления шерстяных и полушерстяных материалов сортированные. Технические условия».

⁴ ГОСТ 4644-75 «Отходы производства текстильные, хлопчатобумажные, сортированные. Технические условия».

⁵ ГОСТ 1220-76 «Отходы производства шерстяных и полушерстяных материалов сортированные. Технические условия».

предлагается отбирать с использованием следующих технических требований, которые представлены в таблице 1.

В отбираемых отходах не должно быть нетекстильных примесей, таких как резина, стекло, металлы, бумага и др. В каждом условном обозначении отходов не допускается содержание других обозначений отходов более 2 %.

Таблица 1

Предлагаемые технические требования к отходам текстильной одежды

Условное обозначение	Наименование отходов	По способу выработки	По цвету	Нормированная влажность, %	Массовая доля пыли, %, не более
<i>Хлопчатобумажные отходы</i>					
10	Изделия, бывшие в употреблении	Тканые	Всех цветов	12	3
11		Трикотажные, нетканые		12	—
12		Тканые, нетканые, трикотажные, плетёные		10	—
13	Изделия, бывшие в употреблении	Стеганые на вате	Всех цветов	12	—
14	Изделия, бывшие в употреблении для обтирочной ветоши	Тканые, нетканые, трикотажные	Белые и суровые	12	—
15		Тканые, нетканые, трикотажные	Всех цветов	12	—
<i>Шерстяные отходы (содержание шерсти 30-80%)</i>					
20	Отходы изделий из тканей, выработанных из смеси шерстяного волокна с другими волокнами	Камвольные, суконные	Черный, коричневый, синий, зеленый, красный, серый, светлый, пестрый	15	5
21	Отходы трикотажных изделий	Трикотажные, вязаные	То же	17	5
22	Отходы технических тканей	Суконные	Темный, светлый	16	5
23	Отходы серошинельные	Суконные	Серый	16	5
24	Отходы трикотажных изделий, выработанных из полушерстяной пряжи или шерстяной, скрученной с пряжей других волокон	Трикотажные	Черный, коричневый, синий, зеленый, красный, серый, светлый, пестрый	15	5
25	Отходы изделий из тканей,	Камвольное, суконное и нетканое	То же	15	5
26	Отходы трикотажных изделий, выработанных из смеси шерстяного волокна с другими волокнами	Трикотажные, вязаные	То же	15	5
<i>Вискозные отходы</i>					
30	Изделия, бывшие в употреблении	Тканые	Всех цветов	13	3
31		Трикотажные, нетканые		13	-
32		Тканые, нетканые, трикотажные, плетёные		13	-
33	Изделия, бывшие в употреблении для обтирочной ветоши	Тканые, нетканые, трикотажные	Белые и суровые	13	-

34		Тканые, нетканые, трикотажные	Всех цветов	13	-
----	--	-------------------------------------	-------------	----	---

Разработано авторами на основании ГОСТ 4643-75, ГОСТ 1274-76, ГОСТ 4644-75, ГОСТ 1220-76

Получаемое из отходов вторичное сырье проходит приемку, испытание, упаковку, маркировку, транспортировку и хранение по ГОСТ 5551-82⁶, после чего может быть использовано компанией-утилизатором.

Выводы

В настоящее время существует множество технологий утилизации отходов текстильной одежды, однако многие из них требуют больших затрат и имеют ограничение по применимости для различных видов текстиля.

Наиболее возможным для применения на текущий момент времени является механический метод благодаря простоте и востребованности получаемых продуктов. Несмотря на то, что механический метод может быть применен для любого вида текстильного отхода, необходимо проводить предварительную сортировку отходов и контроль подаваемого на утилизацию вторичного сырья с целью получения конкурентно способных продуктов.

Физический метод ограничен применимостью только по отношению к отходам из полимерных тканей, способных к плавлению и требует более дорогостоящего оборудования, чем механический.

Химический метод более разнообразен и может быть применен как к синтетическим, так к натуральным отходам, но требует наибольших капитальных вложений за счет использования наиболее сложных технологических процессов и затрат на покупку реагента для деполимеризации. Однако химическая экстракция наиболее перспективна при необходимости разделения смесовой ткани.

Биологический метод крайне ограничен целлюлозосодержащими отходами, причем на сегодняшний день получаемые данным методом продукты наименее востребованы на рынке. Биологический метод может быть эффективен для фрагментов отходов, имеющих слишком малые размеры для утилизации механическим методом.

Однако важно понимать, что для применения любого из вышеуказанных методов необходимо провести специальную обработку и сортировку отходов. Прежде всего в Российской Федерации необходимо развивать систему сбора, транспортировки и предварительной подготовки отходов текстильной одежды, включая их классификацию. Действующие в России на данный момент стандарты устарели и не отражают современных требований к сырью для переработки. Необходима разработка и внедрение новых нормативных документов, устанавливающих единые критерии отбора, классификации и требований к текстильным отходам. Это позволит унифицировать потоки сырья, повысить эффективность работы перерабатывающих предприятий и создать устойчивую систему вторичного использования текстиля. Переход к экономике замкнутого цикла в текстильной отрасли требует комплексного подхода, сочетающего технологическое развитие, нормативное регулирование и создание эффективной системы управления отходами текстильной одежды на всех этапах их жизненного цикла.

⁶ ГОСТ 5551-82 «Сырье вторичное текстильное сортированное. правила приемки, методы испытаний, упаковка, маркировка, транспортирование и хранение».

ЛИТЕРАТУРА

1. Долгушин А.Б., Цуканов А.А., Петров А.Д. Перспективы перехода текстильной промышленности России на экономику замкнутого цикла // Экономика промышленности / Russian Journal of Industrial Economics. — 2021. — Т. 14. — № 4. — С. 418–424. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2021-4-418-424> (дата обращения: 10.02.2026).
2. Азанова А.А., Хисамиева Л.Г. Технологии переработки текстильных отходов: проблемы и перспективы // Известия высших учебных заведений: Технология текстильной промышленности. — 2023. — № 3(405). — С. 257–263. doi 10.34216/2587-6147-2023-1-59-33-39 (дата обращения: 15.01.2026)
3. Особенности переработки отходов хлопчатобумажного комбината / Ж.А. Шингисбаева, А.А. Абдуова, Г.М. Изтлеуов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. — 2019. — № 1(379). — С. 319–322. — EDN ХСJPRV. (дата обращения: 11.01.2026).
4. Шарипова Р.Г., Гирфанова Л.Р. Перспективы вторичного использования и переработки текстильных отходов в Республике Башкортостан // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. — 2019. — № 4(30). — С. 41–49. DOI: 10.17122/2541-8904-2019-4-30-41-49 (дата обращения: 15.01.2026).
5. Зулунов Р.М., Каюмов А.М. Идентификация и сортировка текстиля для автоматизированной обработки с помощью ближней инфракрасной спектроскопии // Universum: технические науки. — 2024. — Т. 1. — № 3(120). — С. 38–41. DOI — 10.32743/UniTech.2024.120.3.17008 (дата обращения: 15.01.2026)
6. Конова, Д.Ю. Анализ возможностей переработки текстильных отходов в России / Д.Ю. Конова // Проблемы и перспективы устойчивого развития промышленности в XXI веке: от теории к практике: материалы международной студенческой конференции, Санкт-Петербург, 12 апреля 2023 года. — Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, 2023. — С. 103–105. — EDN DCCLQB. (дата обращения: 11.01.2026).
7. Задубровская, Т.А. Утилизация и переработка отходов текстильных материалов натурального происхождения / Т.А. Задубровская, Ю.А. Косяшников, Г.В. Бурых // Инновационный потенциал развития общества: взгляд молодых ученых: сборник научных статей 2-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок, Курск, 01 декабря 2021 года. Том 5. — Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. — С. 295–299. — EDN GNROSU. (дата обращения: 11.01.2026).
8. Герасимович, Е.М. Проблемы и перспективы вторичной переработки отходов текстильной промышленности / Е.М. Герасимович // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. — 2016. — № 5-1. — С. 79–82. — EDN VZEEND. (дата обращения: 17.01.2026).
9. Атанафасов, М.Р. Влияние количественного содержания отходов на качественные характеристики пряжи / М.Р. Атанафасов, Т.А. Очилов, З.Ф. Валиева // Universum: технические науки. — 2022. — № 2-4(95). — С. 27–30. URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/13125> (дата обращения: 10.02.2026)

10. Евдокимова, В.В. Переработка и повторное использование текстиля в производственном процессе / В.В. Евдокимова, М.М. Бондарчук // *Фундаментальные и прикладные научные исследования в области инклюзивного дизайна и технологий: опыт, практика и перспективы: Сборник научных трудов XI Международной научно-практической конференции*, Москва, 25–27 марта 2025 года. — Москва: Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), 2025. — С. 71–75. — EDN JVAGNQ (дата обращения: 17.01.2026).
11. Федорова Т.А., Гаврилова А.Е. Получение сырьевых ресурсов в переработке текстильных материалов // *Известия высших учебных заведений: Технология текстильной промышленности*. — 2023. — № 6(408). — С. 5–10. DOI 10.47367/0021-3497_2023_6_5 (дата обращения: 10.01.2026).
12. Lu J.J., Namouda H. Current Status of Fiber Waste Recycling and its Future. — 2014. — Т. 878. — С.122–131 — DOI 10.4028/www.scientific.net/AMR.878.122 (дата обращения: 10.02.2026).
13. Керницкий, В.И. Переработка отходов полиэтилентерефталата / В.И. Керницкий, Н.А. Жир // *Твердые бытовые отходы*. — 2015. — № 5(107). — С. 17–23. — EDN TTLXEX (дата обращения: 10.02.2026).
14. Иргашева А.Ш., Чагина Л.Л. Современные технологии и инструменты, направленные на реализацию принципов устойчивого развития в текстильной и легкой промышленности // *Технологии и качество* — 2025. — № 2(68). — С.15–22. DOI: <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-2-68-15-22> (дата обращения: 17.01.2026).
15. Талипова, Г.А. Обзор исследований в области получения целлюлозных волокон лиоцелла / Г.А. Талипова, В.Ю. Вольнский // *Деревообрабатывающая промышленность*. — 2016. — № 3. — С. 42–46. — EDN ХНУННФ (дата обращения: 17.01.2026).
16. Singhal S., Agarwal S., Singhal N. Chemical recycling of waste clothes: a smarter approach to sustainable development // *Environmental Science and Pollution Research*. — 2023. — Т. 30. — № 19. — С. 54448–54469. DOI 10.1007/s11356-023-26438-y (дата обращения: 10.02.2026).
17. Wagaw T., Babu K.M. Textile Waste Recycling: A Need for a Stringent Paradigm Shift // *AATCC Journal of Research*. — 2023. — Т. 10. — № 6. — С. 376–385. DOI: 10.1177/24723444231188342 (дата обращения: 19.01.2026).
18. Juanga-Labayen J.P., Labayen I.V., Yuan Q. A Review on Textile Recycling Practices and Challenges // *Textiles*. — 2022. — Т. 2. — № 1. — С. 174–188. DOI 10.3390/textiles2010010 (дата обращения: 19.01.2026).
19. Damayanti D. et al. Conversion of Lignocellulose for bioethanol production, applied in bio-polyethylene terephthalate // *Polymers*. — 2021. — Т. 13. — № 17. — С. 2886–2916 — DOI 10.3390/polym13172886 (дата обращения: 19.01.2026).

Tikhonova Irina Olegovna

Mendeleev University of Chemical Technology, Moscow, Russia
Research Institute «Environmental Industrial Policy Center», Moscow, Russia
E-mail: iritimay@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7156-1660>
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=51933
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=55346990200>

Iumasheva Iulia Iurievna

Mendeleev University of Chemical Technology, Moscow, Russia
E-mail: yuyumashewa@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0993-0054>

Grosheva Svetlana Valeryevna

Russian Environmental Operator, Moscow, Russia
E-mail: sgrosheva90@gmail.com
IRID: <https://istina.msu.ru/workers/394187087>
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4232-9249>

Development of approaches to the recycling of textile clothing waste in the context of a circular economy

Abstract. The article presents an overview of modern methods for recycling textile clothing waste, which are divided into four main groups: mechanical, physical, chemical and biological. The waste pre-treatment processes are described in detail, including stages such as disinfection, sorting, washing, drying, and removal of fittings. For all methods discussed in the article, the types of fabrics recycled and the potential products are specified. The authors analyzed the advantages, disadvantages, and limitations of each method. It was noted that the most universal and economically justified method for use in Russia at present is the mechanical method, which allows for the production of products such as regenerated fiber, non-woven materials, and wiping rags. Physical methods can only be applied to single-component polymer-containing textile clothing waste. Chemical methods are quite promising for the separation of textile clothing waste from mixed fabrics. Biological methods are applicable only to cellulosic waste, and the resulting end products have limited market demand. The authors have formulated the conclusion of the work on the need for the priority development in Russia of an effective system of collection, logistics and pretreatment of textile waste, which is the foundation for the creation of a sustainable industry for their recycling and the transition to a closed-loop economy. At the same time, regardless of the chosen method, the preliminary preparation of raw materials remains a critically important link in the entire technological chain, determining the quality and demand for end products.

Keywords: textile clothing waste; regenerated fiber; secondary fiber; recycling; utilization; primary waste treatment; waste sorting