

УДК 677.017

## Экономические аспекты переработки отходов текстильной промышленности

Иргашева А.Ш.<sup>1</sup>, асп.,  
Чагина М.А.<sup>2</sup>, маг.

<sup>1</sup>Костромской государственный  
университет,  
г. Кострома,  
Российская Федерация,  
<sup>2</sup>Санкт-Петербургский  
национальный  
исследовательский университет  
информационных технологий,  
механики и оптики,  
г. Санкт-Петербург,  
Российская Федерация

*Реферат.* Текстильная промышленность является одним из крупнейших растущих секторов мировой промышленности. Наряду с этим наблюдается высокое потребление химикатов, энергии и воды, что оказывает значительное воздействие на окружающую среду. В этом контексте вторичная переработка текстильных материалов становится все более необходимой. Вторичная переработка – это процесс, при котором продукт или его компоненты используются для создания чего-то нового, уменьшая потребность в новом использовании природных ресурсов и сводя к минимуму количество отходов. Препятствия на пути внедрения вторичной переработки в значительной степени связаны с экономической целесообразностью, требованиями к качеству и эксплуатационным характеристикам. Цель статьи: углубить понимание существующих барьеров, альтернативных стратегий и экономических аспектов в области переработки текстиля.

*Ключевые слова:* текстильная промышленность, текстильные отходы, устойчивое развитие, рециклинг, экономика замкнутого цикла.

Благодаря своему разнообразию и разнородности, текстильная промышленность охватывает большое количество видов деятельности, от переработки волокон, пряжи, ткани до производства широкого спектра продуктов, таких как высокотехнологичная синтетическая пряжа, шерсть, постельное белье, геотекстиль и одежда, но при этом оказывает негативные экологические и социальные воздействия. По сравнению с большинством других отраслей промышленности, потенциал глобального потепления, связанный с производством текстиля является значительно более высоким, поскольку огромное количество текстиля, выбрасываемого на свалки, при разложении образует парниковые газы, а также загрязняет грунтовые воды.

Считается, что общее потребление текстиля вырастет с 62 миллионов тонн, на сегодняшний день, до 102 миллионов тонн к 2030 году, количество отходов также продолжит расти с 16,2 миллионов тонн в год в США и 16 миллионов тонн в год в Китае [5]. Из-за

того, что человечество по разным причинам не может контролировать этот рост, вторичная переработка текстиля становится все более необходимой не только с экологической, но и с экономической точки зрения. Переработка текстильных отходов будет способствовать сокращению потребности в местах для захоронения отходов, потребления воды и энергии, нагрузки на природные ресурсы, химических веществ, используемых при производстве новых текстильных изделий, и, следовательно, к снижению производственных затрат. Рециклинг до 93–95 % отходов в различные ценные продукты возможен без образования каких-либо новых опасных и вредных отходов [1]. Однако уровень вторичной переработки все еще низок. К примеру, в Европе перерабатывается только около 25 % текстиля [3], в Соединенных Штатах 16,2 % [2], а в России этот показатель является еще ниже. Такой низкий уровень может быть связан с разнообразием волокнистых составов и их структуры (цвета, типа, состава и свойств), что затрудняет сам процесс переработки.

Вторичная переработка – это процесс, при котором продукт или его компоненты преобразуются во что-то новое, сводя к минимуму использование первичного сырья и количество отходов, выбрасываемых на свалки или отправляемых на сжигание. Процесс состоит из пяти основных этапов по данным GFA (Global Fashion Agenda):

1. Сбор.
2. Сортировка по материалу, цвету и структуре.
3. Измельчение или растворение.
4. Переработка, восстановление качества.
5. Интеграция в цепочку прямых поставок.

Еще одна классификация процессов вторичной переработки – это переработка по замкнутому или разомкнутому циклу. Переработка по замкнутому циклу связана с тем, что текстильное изделие перерабатывается и используется в идентичном продукте, в то время как переработка по разомкнутому циклу относится к процессам, в которых текстильное изделие перерабатывается и используется в другом продукте.

В производстве переработанное волокно должно обладать некоторыми параметрами, такими как высокая прочность по сравнению с нитями роторного или кольцевого прядения, высокое качество, ровнота. В некоторых случаях для достижения этих технических параметров переработанные волокна смешивают с первичными волокнами. Стоимость переработки может варьироваться в зависимости от выбранного типа технологического процесса. Основные затраты связаны с инвестициями в технологии, логистику, снабжение, создание материально-технического обеспечения, научные исследования и разработки, обучение и маркетинг.

Поскольку различные технологические процессы сокращают длину волокон и приводят к получению материалов более низкого качества, чем материалы, изготовленные из первичных волокон, рециклинг может быть низкоэффективным. Поэтому необходимо правильно подбирать области применения таким изделиям. Например, из переработанной одежды и домашнего текстиля могут быть получены низкосортные одеяла, изоляционные материалы, гео-флис, подкладка для ковров, мягкие игрушки, стельки для обуви и материалы

для обивки мебели. Переработанные материалы также могут быть использованы в таких областях, как автомобилестроение, мебель и парусный спорт. Кроме того, часть отходов, образующихся во время прядения, также может быть переработана и это добавляет дополнительную ценность отходам, поскольку они могут быть использованы в качестве сырья при производстве новых продуктов. В зависимости от назначения продукта, переработанный текстиль может быть применен в качестве сырья для производства технического текстиля, в частности, нетканых материалов.

Резкие изменения на рынке текстильных изделий подчеркивают необходимость развития рынка вторичного сырья, включая переработку волокон по замкнутому циклу [7]. Это создает новые возможности выхода на рынок, приводит к развитию экономической деятельности по переработке текстиля с использованием передовых технологий для производства продукции с высокой добавленной стоимостью. Согласно прогнозам [7], наиболее перспективными считаются следующие отрасли рынка, на которых выручка, например, в 2020 году только в Великобритании составила: изоляция – около 45 миллионов фунтов стерлингов; автомобильный войлок – 3,3 миллиона фунтов стерлингов; стеклоочистители, салфетки на хлопчатобумажной основе, которые используются для чистки и полировки в различных отраслях промышленности, таких как печать, горнодобывающая промышленность, машиностроение и авиация – 28 миллионов фунтов стерлингов; переработанный текстиль, измельченный для использования в качестве наполнителей в матрасной и мебельной промышленности – 9 миллионов фунтов стерлингов, а также переработка волокон в волокна или химическая переработка в двух ключевых сегментах: полиамиды (например, нейлон) и полиэфир, которые достигли соответственно 90 и 105 миллионов фунтов стерлингов.

Переработка текстиля рассматривается как одно из ключевых направлений, необходимых для устойчивого развития отрасли. Промышленность должна взять на себя ответственность за снижение нагрузки на сырьевые ресурсы в условиях растущего населения планеты. На сегодняшний день модные бренды начали внедрять переработанное сырье в свою продукцию. К примеру, финский бренд Pure Waste, основанный в 2013 году, производит одежду из пряжи, изготовленной из 100 % переработанного сырья. Основное внимание компания уделяет текстильным отходам, которые используются в быту, таким как отходы пряжи (преимущественно хлопчатобумажной) с текстильных фабрик и цветные обрезки с текстильных материалов. H&M начала использовать переработанные материалы в 2009 году, а в 2010 году выпустила первую коллекцию Consciously. Компания также является вторым по величине мировым потребителем переработанного полиэстера для текстильных изделий [6].

На сегодняшний день текстильные материалы могут быть переработаны по трем технологиям: механическому, химическому и биохимическому. Также существует термический метод переработки, который применяется, если ни один из вышеуказанных методов не может быть применен.

Механический метод переработки можно разделить на два способа в зависимости от применяемого механизма переработки.

Первый – это экструзии расплава, при котором отходы проходят процесс измельче-

ния, дробления, плавления и ре-экструзии. Полученное волокно можно использовать для получения пряжи или использовать в производстве нетканых полотен [7].

Второй – это способ, при котором текстильные отходы проходят процесс резки, измельчения и кардочесания. Полученное волокно используется в строительстве для различного назначения [8]. Все технологии переработки важны для очищения свалок от отходов, тем не менее каждый процесс имеет свои достоинства и недостатки. Механический способ является самым простым и экономичным, поскольку не меняет химическую структуру волокна, но приводит к снижению и потере механических свойств. Химическая переработка сохраняет качество волокна, однако является экономически нецелесообразным, если не применяется в больших количествах. Биохимический метод является самым безопасным, так как используются ферменты в качестве биокатализаторов [9].

Для многих предприятий индустрии моды открытие пунктов одежды напрокат и магазинов секонд-хенда является трудновыполнимой задачей. На сегодняшний день основной массе потребителей трудно понять модель одежды напрокат. При этом по результатам проведенного исследования основным препятствием для покупок одежды в магазинах секонд-хенда является их плохая презентация. Согласно опросу, только 10 % респондентов указали на готовность носить одежду из секонд-хенда.

Основной причиной ограниченного количества текстильных изделий, пригодных для вторичной переработки, является недостаточность технологий сортировки текстильных отходов при подготовке к переработке. Современные технологии не позволяют отделить красители и другие элементы от волокон. Автоматизация этапа сортировки может привести к повышению эффективности производственного процесса и увеличению количества текстильных изделий, пригодных для вторичной переработки.

Технологии химической и механической переработки текстиля также несовершенны и требуют значительных инвестиций в исследования для преодоления существующих ограничений и внедрения более эффективных методов. Более эффективной торговле переработанными материалами также может способствовать использование современных информационных технологий, таких как приложения для мобильных телефонов, сайты.

Ситуация с низким уровнем переработки текстильных изделий также может быть связана с проблемой ответственности. Стоит отметить, что при производстве бумаги, стекла, металлов и пластмасс повышенные нормы утилизации регулируются государственными законами, в то время как в текстильной промышленности на это не уделяется особого внимания. Взаимодействие между основными участниками устойчивого развития текстильной промышленности имеет важное значение для улучшения ситуации с низким уровнем использования текстиля: потребителями, промышленностью, бизнес-секторами и правительством. Обращение с отходами текстильной промышленности должно регулироваться политикой, основанной как на национальных, так и на международных стандартах. Кроме того, законы должны быть адаптированы таким образом, чтобы способствовать переработке текстильных изделий.

Существует несколько препятствий на пути развития экономики замкнутого цикла.

В первую очередь это технические задачи, которые включают в себя необходимость сделать процессы переработки устойчивыми. Как правило, технологии вторичной переработки не обеспечивают желаемого уровня качества, и многие компании испытывают трудности в разработке системы по переработке текстильных отходов из-за отсутствия технологических возможностей. Высокие затраты, связанные с процессами вторичной переработки, также являются сдерживающими факторами для развития экономики замкнутого цикла в модной индустрии. Отсутствие вспомогательной инфраструктуры для сбора одежды у потребителей пригодной для переработки, системные затраты также делает данную систему малоэффективной [10].

#### Список использованных источников

1. Dissanayake, D.G.K., Weerasinghe, D.U., Wijesinghe, K.A.P., Kalpage, K.M.D.M.P., 2018. Developing a compression moulded thermal insulation panel using postindustrial textile waste. *Waste Manag.* 79, 356–361, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.08.001> (доступ свободный).
2. Environmental Protection Agency, 2018. Textiles: material-specific data. <https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling/textiles-material-specific-data> (доступ свободный).
3. Friends of the Earth Europe, 2013. Aluminum, cotton and lithium needlessly wasted. New report. <http://www.foeeurope.org/rubbishingresources-140213> FOEN (доступ свободный)
4. GFA – Global Fashion Agenda, 2018. Textile Recycling Box Toolbox, с. 1–21.
5. Report from the commission to the European Parliament and the Council on the implementation of the public sector loan facility under the Just Transition Mechanism in 2023, Brussels, 21.11.2023, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52023DC0713> (доступ свободный).
6. Watson, D., Gylling, A.C., Andersson, T., Elander, M. and Heikkilä, P. (2017). Textile-to-textile recycling. Ten Nordic brands that are leading the way. Nordic Council of Ministers, Copenhagen, Denmark. <https://www.norden.org/nordpub> (доступ свободный).
7. Shen L, Worrell E, Patel MK. Open-loop recycling: a LCA case study of PET bottle-to-fibre recycling. *Journal Article in Press*, 2010. – p. 34–52.
8. El Wazna M, El Fatihi M, El Bouari A, Cherkaoui O. Thermo physical characterization of sustainable insulation materials made from textile waste. *Journal of building engineering*, 2017. – p. 196–201.
9. WRAP (2018) WRAP research shows four main barriers to recycling, <http://www.wrap.org.uk/content/wrap-research-shows-four-main-barriers-recycling> (доступ свободный).
10. Иргашева, А. Ш. Перспективы внедрения систем замкнутого цикла в индустрии моды / А. Ш. Иргашева, Л. Л. Чагина, А. В. Трынова // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2023. – № 3(405). – С. 5-14. – DOI 10.47367/0021-3497\_2023\_3\_5. – EDN GEGREW.