УДК 677.08: 66.02
DOI 10.47367/0021-3497_2026_3_299

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ПЕРЕРАБОТКЕ ТЕКСТИЛЬНЫХ ОТХОДОВ: КЛАССИФИКАЦИЯ, ЭКОНОМИКА И ПРИМЕНЕНИЕ В КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛАХ

A COMPREHENSIVE APPROACH TO TEXTILE WASTE RECYCLING: CLASSIFICATION, ECONOMICS AND APPLICATION IN COMPOSITE MATERIALS

Ю.А. ЩЕПОЧКИНА[1,2], Ю.П. ОСАДЧИЙ[2]

Yu.A. SHCHEPOCHKINA[1,2], Yu.P. OSADCHY[2]

([1]Верхневолжский государственный агробиотехнологический университет, [2]Ивановский государственный политехнический университет)

([1]Verkhnevolzhsk State University of Agronomy and Biothechnlogy, [2]Ivanovo State Polytechnical University)

E-mail: julia2004ivanovo@yandex.ru, osadchiy-y@mail.ru

Показано, что проблема накопления разнообразных отходов текстиля складывается под воздействием сложной совокупности факторов социально-экономического, технического и организационного характера. В Российской Федерации на свалках ежегодно собирается не менее 2 млн т текстиля. Отмечено, что в ряде случаев переработка вторичного текстиля является убыточной. Затронут вопрос утилизации фурнитуры. В качестве перспективного рационального направления утилизации низкосортных текстильных и лигноцеллюлозных отходов предложено их использование в качестве органического наполнителя при производстве строительных композитов.

До настоящего времени не существует единого, общепринятого, однозначного определения понятия "переработка отходов". Есть различные

подходы к такому определению; чаще всего они характеризуют лишь отдельные стороны этого процесса. Важна выработка такого определения, которое отражало бы совокупность и неразрывное единство всех сторон процесса, воздействующих на него факторов и составляющих его элементов, что имеет большое теоретическое и практическое значение для перспективного планирования комплекса взаимно связанных мер по переработке текстильных отходов.

Для успешных действий в будущем уже сегодня необходимо выработать правильное, всестороннее понимание специфики экономической и социальной эффективности комплекса мер, направленных не только на переработку, но и на сокращение объемов образующихся текстильных отходов.

It has been shown that the problem of accumulating various types of textile waste is influenced by a complex combination of socio-economic, technical, and organizational factors. In the Russian Federation, at least 2 million tons of textile are collected in landfills every year. It has been noted that in some cases, the recycling of secondary textile is unprofitable. The issue of recycling buttons, fasteners, and other items has also been discussed. As a promising rational approach for the utilization of low-grade textile and lignocellulosic waste, its use as an organic filler in the production of building composites is proposed.

To date, there is no single, generally accepted, unambiguous definition of the concept of "waste recycling". There are various approaches to this definition; most often they characterize only certain aspects of this process. It is important to develop a definition that reflects the totality and inseparable unity of all aspects of the process, the factors influencing it and its constituent elements, which is of great theoretical and practical importance for the long-term planning of a set of mutually related measures for the processing of textile waste.

In order to achieve success in the future, it is necessary to develop a correct and comprehensive understanding of the economic and social effectiveness of a set of measures aimed not only at recycling, but also at reducing the amount of generated textile waste.

Ключевые слова: накопление текстильных отходов, полигоны и свалки, переработка вторичного текстиля, утилизация швейной фурнитуры, рациональные направления переработки отходов, композиты, утилизационный сбор.

Keywords: accumulation of textile waste, landfills and dumps, recycling of secondary textiles, disposal of buttons and fasteners, rational waste recycling methods, composites, recycling fee.

Современная текстильная промышленность интенсивно развивается. Мировой рынок текстиля уже оценивается в триллион долларов США [1]. Значительное влияние на развитие текстильной отрасли оказывает использование искусственного интеллекта и компьютерных технологий. Технологами ставятся задачи дальнейшей интенсификации производственных процессов, увеличения скоростного режима работы оборудования и наращивания его мощностей. Как следствие, постоянно возрастают и объемы отходов текстиля. Вместе с тем отходы (хлопковые, шерстяные, лубяные, шелковой промышленности, химических волокон, смешанные, а также с не текстильными включениями) представляют огромные сырьевые резервы для переработки в промышленную продукцию.

К настоящему времени в мире перерабатывается всего лишь 12…15 % текстильных отходов [2], по другим данным – до 13 %

[3]. При этом существующие в мире технологии теоретически позволяют переработать и использовать вторично до 95 % текстильных отходов [3]. Отсюда следует, что, кроме задачи повышения производительности труда, современное текстильное производство должно обеспечивать решение и другой не менее важной задачи – переработки текстильных отходов производства и потребления.

В Российской Федерации годовой прирост объемов промышленного производства текстильной отрасли за последние годы составил около 18 % [4]. При этом огромные количества разнообразных отходов, образующиеся в процессе обработки и переработки сырья в текстильной промышленности, при раскрое и изготовлении швейных и трикотажных изделий, а также отходов потребления в виде изношенных изделий, негодных для применения по прямому назначению, без сортировки направляются на свалки. В отдельных случаях текстиль попадает на свалки вместе с другими коммунальными отходами [5]. Вторичное текстильное сырье составляет около 65 % объема полигонов и свалок [6]. Есть все основания полагать, что эта цифра будет только увеличиваться.

Очевидно, что помимо поиска рациональных направлений переработки текстильных отходов необходимо исследование и выявление основных причин формирования таких больших их объемов и нахождение приемлемых путей снижения их количества. Например, в 2023 г. на готовую одежду пришлось 45,7 % от общего объема выпуска текстиля в Российской Федерации, кроме того, одежда занимала 48 % в общем объеме импорта изделий текстильной и легкой промышленности [7]. Как следствие, остро стоит проблема утилизации вышедшей из употребления одежды (мягкой мебели, ковров и др.), неизбежно оказывающейся на полигонах захоронения твердых бытовых отходов. Там эти изделия составляют не менее 6 % [8]. В частности, определенный вклад в увеличение количества подобных отходов, особенно в мегаполисах, вносит дань постоянно меняющейся моде [6, 9]. Весьма чувствительное влияние на накопление отходов оказывает и так называемая "быстрая мода", когда дешевая одежда используется до загрязнения, а затем выбрасывается.

Проблема накопления разнообразных отходов текстиля складывается под воздействием сложной совокупности факторов социально-экономического, технического и организационного характера. Как итог, в Российской Федерации ежегодный объем потребительских отходов текстиля составляет 2,3 млн т [3]. По другим данным, на свалках ежегодно собирается не менее 2 млн т текстиля, в частности, только в Москве формируется более 450 тыс. т отходов текстильных изделий в год [6]. При этом около четверти всей продукции легкой промышленности производится именно в Московском регионе, а производительные мощности расположены в основном в европейской части страны [10]. В таких условиях исследование и решение проблемы вторичного текстиля выходит далеко за пределы компетенции какой-либо одной определенной категории специалистов. Очевидна необходимость сотрудничества работников науки, технологов, конструкторов, проектировщиков, дизайнеров, а также экологов, психологов, юристов.

В Российской Федерации утверждена и реализуется Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации, обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 г., что в полной мере относится и к текстильным отходам. При этом до настоящего времени не существует единого, общепринятого, однозначного определения понятия "переработка отходов". Есть различные подходы к такому определению. Чаще всего они характеризуют лишь отдельные стороны процесса, что отражается в широко распространенной терминологии: "комплексная переработка отходов", "системная…", "полная…", "частичная…", "рациональная…" и др. Здесь важно выработать такое определение, которое отражало бы совокупность и неразрывное единство всех сторон этого процесса, воздействующих на него факторов и составляющих его элементов. Эта задача, на наш взгляд, имеет большое теоретичес-

кое и практическое значение для перспективного планирования комплекса взаимно связанных мер по переработке текстильных отходов. При этом следует иметь в виду, что все текстильные отходы подразделяются на четыре группы [11].

В первую входят волокнистые отходы производства, не выходящие за пределы тех предприятий, где они образуются, перерабатываемые в основную или дополнительную продукцию без применения специального оборудования.

Вторая группа складывается из текстильных отходов производства, которые не могут быть переработаны на тех предприятиях, где они образуются, и подлежат отправке на специализированные предприятия по переработке вторичного сырья.

Третья группа включает отходы производства и потребления, которые не могут быть переработаны в продукцию так называемого ответственного назначения, а используются как обтирочный материал или подлежат утилизации.

Четвертую группу составляют низкосортные отходы производства, практически непригодные к переработке (она экономически нецелесообразна) и подлежащие сжиганию или захоронению.

Естественно, что переработка текстильных отходов первой и второй групп в промышленную продукцию должна осуществляться с учетом минимальных затрат, а полученное из отходов сырье должно быть полностью готовым для применения в конкретном технологическом процессе производства и быть дешевле первичного сырья, служить частичной или полной его заменой [12, 13]. Соответственно, решение о переработке текстильных отходов третьей группы должно обосновываться текущей потребностью в обтирочных материалах. Возможна выработка тепловой энергии при сжигании текстильных отходов четвертой группы, а также их разложение пиролизом с целью получения углерода, жидкого топлива, горючих газов. При устранении наиболее тяжелых ситуаций (требуется дезинфекция, трудоемкая сортировка больших объемов отходов и т. п.) последний вариант может оказаться единственно приемлемым для работы с текстильными отходами третьей и четвертой групп. Альтернативным вариантом работы с лигноцеллюлозными отходами этих групп может быть их использование для изготовления искусственной почвы [14]. Допустимо также выбирать наиболее подходящий вариант с учетом местных условий и потребностей регионов. Имеется, например, положительный опыт превращения вторичного текстиля в пряжу с использованием технологии разволокнения. Так, в Ивановской области компанией Laut Recycling в 2024 г. переработано порядка 1300 т текстильных отходов. Значительный вклад в утилизацию таких отходов внесла также компания "ЭкоМир". Вышедшая из употребления одежда (тряпье) после разволокнения служит сырьем для производства пряжи и выпуска товарной продукции (перчатки и др.). В составе этих изделий в равных пропорциях текстильные отходы потребления и производства. Такую продукцию можно считать высокотехнологичной и импортозамещающей, поскольку ее производство не требует закупок сырья (хлопка, шерсти) за рубежом. Изделия, из которых нельзя получить нить, используют в производстве нетканых материалов (ватин и др.). Имеющийся положительный опыт, без сомнения, нужно переносить и на другие регионы.

Как альтернативный и перспективный вариант работы с волокнистыми и лигноцеллюлозными отходами третьей и четвертой групп может рассматриваться их использование в качестве органического наполнителя или армирующего компонента при производстве строительных композитов, в частности арболита. Внедрение переработанных текстильных волокон в цементную матрицу позволяет не только решить проблему их захоронения, но и получить энергоэффективный строительный материал с улучшенными теплоизоляционными свойствами, что полностью соответствует современным принципам устойчивого развития и "зеленого" строительства [15]. При этом важно учитывать, что процессы формования и сушки таких композитных блоков сопровождаются сложными взаимосвязанными физико-химическими

явлениями тепломассопереноса, структурообразования и термическими эффектами (экзотермической гидратацией цемента и эндотермическим испарением влаги). Грамотное математическое моделирование этих процессов необходимо для выбора оптимальных режимов сушки, предотвращения внутренних напряжений, усадки и трещинообразования готовых изделий [16].

Отдельный вопрос – утилизация швейной фурнитуры (пуговицы, застежки и др.). В большинстве случаев ее отделяют (вырезают) от перерабатываемых изделий вместе с небольшими кусками ткани или иного материала. Отделенная фурнитура, как правило, выбрасывается. Заметим, что вся современная фурнитура, за редким исключением, изготовлена из металла (сталь, латунь, алюминий) или пластмассы. Отделенные куски материала с фурнитурой могут подвергаться сжиганию с последующим извлечением металла.

За последние годы заметно увеличилось число актуальных для практики научных исследований, связанных со вторичным текстилем, проводимых во многих российских и зарубежных промышленных и научных центрах [17…23]. Все это, несомненно, характеризует переход на более высокую ступень развития научно-исследовательской работы. Однако то, чего удалось добиться, далеко еще не соответствует важности данной проблемы. Имеются трудности. Пока еще слишком мало используются на практике результаты исследований, направленных на вовлечение разнообразных по своему происхождению, составу и свойствам текстильных отходов в хозяйственный оборот [24, 25]. Практика складывается так, что чаще всего производитель текстиля вообще не рассматривает возможность переработки отходов (первой группы) собственного предприятия, не говоря уже об отходах (второй группы), не подлежащих переработке по месту образования. Усугубляет проблему и то, что более 85 % текстильных изделий на рынке – это изделия из смешанных волокон, которые сложно поддаются переработке [1]. Как уже говорилось, нет экономической заинтересованности в переработке вторичного текстильного сырья – она убыточна [6], а поэтому усугубляются проблемы, связанные с размещением текстиля на полигонах и свалках, игнорируются результаты новейших, даже самых перспективных научных исследований в области его переработки. Обратим внимание на то, что извлечение и последующая переработка текстильных отходов с полигонов и свалок является одной из наиболее дорогостоящих и сложных по своему техническому исполнению задач, зачастую только отложенных на время.

Очевидно, что решение проблемы вторичного текстиля состоит не только в подсчете всех расходов и определении убытков, связанных с переработкой отходов (что является начальным этапом). Важен правильный выбор наиболее эффективных направлений переработки того или иного вида вторичного сырья, а также определение очередности и рациональной степени концентрации выделяемых средств на осуществление мер по устранению наиболее тяжелых ситуаций с отходами.

В качестве частичного выхода из такой ситуации, когда переработка текстильных отходов оказывается убыточной, можно предложить введение утилизационного сбора. Такой сбор может быть применен при реализации новой текстильной продукции путем его добавления к оптовой или розничной цене. В наиболее простом варианте сумма сбора с каждого реализуемого через торговую сеть изделия, в том числе импортного производства, равна его массе, умноженной на величину расходов на будущую переработку, например, 60 руб. В более сложных вариантах расчета утилизационного сбора возможен учет содержания в материале изделия натуральных, синтетических волокон, их соотношения и других факторов. Заметим, что комплекс мероприятий по введению утилизационного сбора и размерам этого сбора должен быть тщательно проработан, в том числе с учетом специфики регионов.

Переработка текстильных отходов – это большая и важная проблема, затрагивающая интересы миллионов людей и требующая для своего решения комплексной разработки законодательных, экономических,

социальных, научных вопросов. Есть все основания полагать, что научно-технический прогресс в текстильной промышленности в ближайшие 10 лет приведет к коренному изменению многих производственных и трудовых процессов, еще большему повышению производительности труда. При этом, как отмечалось, неизбежно возрастут и объемы отходов текстиля, будут усугубляться связанные с ними проблемы.

Для успешных действий в будущем уже сегодня необходимо выработать правильное, всестороннее понимание специфики экономической и социальной эффективности комплекса мер, направленных не только на переработку, но и на сокращение объемов образующихся текстильных отходов. Интересными перспективами частичного решения проблемы, хотя и не очень близкими, являются развитие "зеленого" текстиля [26], "экологичной моды" [9, 27] и создание безотходных производств [1].

ВЫВОДЫ

1. Наряду с поиском рациональных направлений переработки текстильных отходов необходимо исследование и выявление основных причин формирования таких больших их объемов и нахождение приемлемых путей снижения их количества.

2. Необходима выработка общепринятого, однозначного определения понятия "переработка отходов", что имеет большое теоретическое и практическое значение для перспективного планирования комплекса взаимно связанных мер по переработке вторичного текстиля.

3. В ряде случаев нет экономической заинтересованности в переработке вторичного текстиля – она убыточна.

4. Введение утилизационного сбора позволит существенно поддержать предприятия по переработке текстильных отходов, вовлечь в хозяйственный оборот огромную массу вторичного текстиля, увеличить производственные мощности по его переработке, эффективно использовать материальные ресурсы, превратить отходы текстиля в сырьевой резерв для текстильных предприятий и предприятий других отраслей промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Федорова Т.А., Гаврилова А.Е.* Получение сырьевых ресурсов в переработке текстильных материалов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. № 6. С. 5…10.
2. *Каюмова Р.Ф., Неволяни Ю.М.* Пути использования текстильных отходов на примере межлекальных выпадов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. № 1. С. 108…113.
3. *Азанова А.А., Хисамиева Л.Г.* Технологии переработки текстильных отходов: проблемы и перспективы // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. № 3. С. 257…263.
4. *Оборин М.С., Савельев И.И.* Современные достижения в текстильной промышленности // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2024. № 1. С. 17…23.
5. *Губанов Л.Н., Зверева В.И., Бояркин Д.В.* Региональная концепция в сфере обращения с отходами производства и потребления // Приволжский научный журнал. 2013. № 4. С. 132…136.
6. *Голов Р.С., Костыгова Л.А., Смирнов В.Г.* Использование текстильных отходов: анализ состояния и перспективы развития // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. № 5. С. 241…250.
7. *Макарова Н.С., Генералова А.В., Квач Н.М., Береснев Д.Н.* Инновации инфраструктуры и возможности расширения сырьевой базы легкой промышленности // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2024. № 4. С. 87…92.
8. *Шингисбаева Ж.А., Абдуова А.А., Изтлеуов Г.М. и др.* Особенности переработки отходов хлопчатобумажного комбината // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2019. № 1. С. 319…322.
9. *Гильмутдинова Е.В.* Вторсырье как современный материал для дизайна одежды // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности. Ч. 4. М., 2018. С. 41…43.
10. *Песчанникова А.Р., Оленева О.С.* Основные проблемы развития современной текстильной и легкой промышленности в России // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. № 4. С. 76…80.
11. *Зимина Е.Л., Коган А.Г., Ольшанский В.И.* Технологические и теоретические основы получения материалов с использованием текстильных отходов. Витебск: ВГТУ, 2019. 230 с.
12. *Щепочкина Ю.А.* Перспективные направления переработки технологических отходов текстильной промышленности // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2024. № 1. С. 243…251.

13. *Щепочкина Ю.А.* Характеристика вторичного текстильного сырья и перспективы его комплексной переработки // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2025. № 1. С. 293…298.

14. *Голубев И.Г., Шванская И.А., Коноваленко Л.Ю., Лопатников М.В.* Рециклинг отходов в АПК: справочник. М.: Росинформагротех, 2011. 296 с.

15. *Федосов С.В., Красильников И.В., Румянцева В.Е. и др.* Методы теории тепломассопереноса для моделирования процессов сушки блоков арболита-сырца // Строительные материалы. 2026. № 3. С. 60…69. – https://doi.org/10.31659/0585-430X-2026-844-3-60-69.

16. *Румянцева В.Е., Красильников И.В., Коринчук М.А., Красильникова И.А.* Энергоресурсосбережение на основе моделирования физико-химических явлений тепломассопереноса в процессах сушки блоков арболита-сырца // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2025. № 6 (420). С. 257…268. – https://doi.org/10.47367/0021-3497_2025_6_257

17. *Румянцева В.Е., Коновалова В.С., Румянцев Е.В. и др.* Использование отходов текстильной промышленности в производстве строительных композитов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. № 6. С. 21…29.

18. *Грошев И.М., Соколова Е.М., Зимина Е.Л.* Товароведная экспертиза и классификация отходов легкой и деревообрабатывающей промышленности и направления их использования в Республике Беларусь // Новое в технике и технологии в текстильной и легкой промышленности. Витебск, 2015. С. 337…339.

19. *Щепочкина Ю.А.* Возможности применения текстильных отходов в производстве строительных материалов и изделий // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. № 5. С. 184…191.

20. *Азанова А.А., Мустафина Р.Р., Гаврилюк Е.Ю.* Композиционный материал на основе отходов прорезиненных тканей // Технологии и качество. 2024. № 4. С. 37…41.

21. *Fic S., Brzyski P.* Badanie kompozytu opartego na lekkich wypełniczach (len i perlit) do zastosowań w budownictwie jako materiał ścienny // Przegląd budowlany. 2015. No 2. S. 30…35.

22. *Ставров В.П., Колос А.А., Спиглазов А.В. и др.* Технологическая схема и средства переработки текстильных отходов в изделия конструкционного назначения // Химия, технология органических веществ и биотехнология. Тр. БГТУ. Серия IV. Минск, 2009. С. 127…129.

23. *Шахова И.Ю., Сперанский С.Н., Амаржаргалан Т.* Управление материальными ресурсами текстильного предприятия // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 5. С. 160…166.

24. *Махкамова Ш.Ф., Валиева З.Ф.* Исследование возможности использования регенерированных волокнистых отходов в пневмопрядении // Прогрессивные технологии и оборудование: текстиль, одежда, обувь. Витебск, 2020. С. 58…61.

25. *Плеханова С.В., Виноградова Н.А.* Исследование характеристик надежности хлопчатобумажной пряжи из вторичного сырья // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. № 2. С. 111…116.

26. *Кричевский Г.Е* Зеленые технологии, зеленая химия, зеленые нанотехнологии, зеленый текстиль – основы устойчивого развития // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2018). 2018. С. 45…46.

27. *Филатова Е.В.* Экологически адаптированные технологии в fashion-индустрии // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности. Ч. 4. М., 2018. С. 175…178.

R E F E R E N C E S

1. *Fedorova T.A., Gavrilova A.E.* Obtaining of raw material resources in textile materials processing // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2023. No. 6. P. 5…10.

2. *Kayumova R.F., Nevolani Yu.M.* Ways of using textile waste on the example of the remnants of the fabric between patterns // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2023. No. 1. P. 108…113.

3. *Azanova A.A., Khisamiyeva L.G.* Textile waste processing technologies: problems and prospects // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2023. No. 3. P. 257…263.

4. *Oborin M.S., Savelev I.I.* Modern achievements in textile industry // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2024. No. 1. P. 17…23.

5. *Gubanov L.N., Zvereva V.I., Boyarkin D.V.* The regional conception in the sphere of production and consumption waste treatment // The Privolzhsky scientific journal. 2013. No. 4. P. 132…136.

6. *Golov R.S., Kostygova L.A., Smirnov V.G.* The use of textile waste: analysis of the state and development prospects // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2021. No. 5. P. 241…250.

7. *Makarova N.S., Generalova A.V., Kvach N.M., Beresnev D.N.* Infrastructure innovations and opportunities for expanding the raw material base of light industry // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2024. No. 4. P. 87…92.

8. *Shingisbayeva J.A., Abduova A.A., Iztleuov G.M. etc.* Features of processing of waste of cotton plant // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2019. No. 1. P. 319…322.

9. *Gilmutdinova E.V.* Recyclables as a modern material for fashion design // Design, technologies and innovations in textile and light industry. Collection of materials. International scientific and Technical Conference P. 4. Moscow, 2018. P. 41…43.

10. *Peschannikova A.R., Oleneva O.S.* To the question of development problems of modern textile and light industry in Russia // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2023. No. 4. P. 76…80.

11. *Zimina E.L., Kogan A.G., Olshansky V.I.* Technological and theoretical foundations of obtaining materials using textile waste. Vitebsk: VGTU, 2019. 230 p.

12. *Shchepochkina Yu.A.* Promising areas for processing technological waste of the textile industry // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2024. No. 1. P. 243…251.

13. *Shchepochkina Yu.A.* Characteristics of secondary textile raw materials and the prospects for its complex processing // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2025. No. 1. P. 293…298.

14. *Golubev I.G., Shvanskaya I.A., Konovalenko L.Yu., Lopatnikov M.V.* Waste Recycling in the Agro-Industrial Complex: A Handbook. Moscow: Rosinformagrotekh, 2011. 296 p.

15. *Fedosov S.V., Krasilnikov I.V., Rumyantseva V.E. etc.* Methods of heat and mass transfer theory for modeling raw arbolite blocks drying processes // Construction Materials. 2026. N. 3. P. 60…69. – https: //doi.org/10.31659/0585-430X-2026-844-3-60-69.

16. *Rumyantseva V.E., Krasilnikov I.V., Korinchuk M.A., Krasilnikova I.A.* Energy and resource conservation based on modeling of physico-chemical phenomena of heat and mass transfer in the drying processes of raw arbolite blocks // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2025. No. 6 (420). Pp. 257…268. – https://doi.org/10.47367/0021-3497_2025_6_257

17. *Rumyantseva V.E., Konovalova V.S., Rumyantsev E.V. etc.* The use of textile industry waste in the production of building composites // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2021. No. 6. P. 21…29.

18. *Groshev I.M., Sokolova E.M., Zimina E.L.* Commodity expertise and classification of waste from light and woodworking industry and directions of their use in the Republic of Belarus // New in engineering and technology in textile and light industry. Vitebsk, 2015. P. 337…339.

19. *Shchepochkina Yu.A.* The possibilities of using textile waste in the production of building materials and products // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2023. No. 5. P. 184…191.

20. *Azanova A.A., Mustafina R.R., Gavrilyuk E.Yu.* Composite material based on waste rubber-proofed fabrics // Technologies & quality. 2024. № 4. C. 37…41.

21. *Fic S., Brzyski P.* Badanie kompozytu opartego na lekkich wypełniczach (len i perlit) do zastosowań w budownictwie jako materiał ścienny // Przegląd budowlany. 2015. No 2. S. 30…35.

22. *Stavrov V.P., Kolos A.A., Spiglazov A.V. etc.* Technological scheme and means of processing textile waste into structural products // Chemistry, technology of organic substances and biotechnology. The works of BSTU. Series IV. Minsk, 2009. P. 127…129.

23. *Shakhova I.Yu., Speransky S.N., Amarjargalan T.* Management of material resources of a textile enterprise // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 5. P. 160…166.

24. *Makhkamova Sh.F., Valieva Z.F.* Research of the possibility of using regenerated fibrous waste in pneumatic spinning // Progressive technologies and equipment: textiles, clothing, and footwear. Vitebsk, 2020. P. 58…61.

25. *Plekhanova S.V., Vinogradova N.A.* Investigation of reliability characteristics of cotton yarn from secondary raw materials // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2023. No. 2. P. 111…116.

26. *Krichevski G.E.* Green technology, green chemtstry, green nanotechnology, green textile – base of sustanable developvent // Physics of fibrous materials: structure, properties, high-tech technologies and materials (SMARTEX-2018). 2018. P. 45…46.

27. *Filatova E.V.* Environmentally adapted technologies in the fashion industry // Design, technology and innovation in the textile and light industry. P. 4. Moscow, 2018. P. 175…178.

Рекомендована кафедрой естественных наук и техносферной безопасности ИвГПУ. Поступила 22.09.25.