

С миру по нитке

Комплексный подход к сокращению микропластикового загрязнения от текстиля

Доклад и кейс стади доступных решений в Балтийском регионе и в мире

Текстовая версия может отличаться от итого свёрстанного варианта доклада.

Вводные данные

Координация разработки и запуска отчёта: Елизавета Меринова

Соавторство: Евгений Лобанов, Мария Сума, Елизавета Меринова, Maite Andicoechea, Agnieszka Fiszka Borzyszkowska, Анна Весман.

Благодарность за вклад в создание отчёта Любе Самыловой, Виктории Руденко, Александру Есипёнок, Federica Pastore

Перевод: Ксения Гаврикова

Вёрстка и дизайн: Анастасия Семёнова

Источники изображений:

р.8-9 — Шалунова Е.П., Институт наук о Земле, Санкт-Петербургский университет.

Изображения получены методом сканирующей электронной микроскопии, в Ресурсном центре «Геомодель», в составе научного парка Санкт-Петербургского государственного университета (2021).

р. 20-21 — Дарья Перфильева (2020)

р. 28-29 — Микропластик — невидимая проблема (2016)

р. 46-47, 48-49 — Анастасия Семёнова (2023)

Комментарии и вопросы можно отправлять на адрес limerinova@gmail.com

Предлагаемое цитирование:

© С миру по нитке: Комплексный подход к сокращению микропластикового загрязнения от текстиля. Доклад и обзор примеров доступных решений в Балтийском регионе и в мире. Коалиция Чистая Балтика, проект «Микропластик — невидимая проблема». Май 2023.

При участии Российского Социально-Экологического союза

Оглавление

1. Описание проблемы

Введение. Пластиковое загрязнение

Текстильная промышленность

Микропластик

2. Решение должно быть комплексным

3. *Исследование примеров доступных решений:*

3.1. Для потребителей – поведенческие практики и продление жизни товаров

А) Сознательные покупки

Б) Перепродажа, аренда и подписки

Кейс: коллаборация Love Letter Levi's и датского бренда Ganni (Дания)

В) Обмен (своп) и починка одежды

Кейс: Clothes Doctor (Великобритания)

Кейс: Nudie Jeans (Швеция)

Рекомендации

3.2. Для потребителей - устройства

Кейс: фильтр для стирки Filtrol 160 (США)

Альтернативные фильтровальные установки

Кейс: мешок для стирки Guppyfriend washing bag (Германия)

Кейс: шарик CoraBall (США)

Производители стиральных машин

3.3. Для города и страны – регулирование

Кейс: Договор о пластмассах

Кейс: Маркировка микропластика (Франция)

Кейс: Закон о фильтрах пластиковых микроволокон для новых стиральных машин (Франция)

Кейс: Директива по микропластику (Европейский союз)

3.4. Для города и страны – очистка сточных вод

Технологии очистки сточных вод

Биотехнологии и природно-ориентированные решения

Кейс: Пилотная станция для очистки ливневых стоков (проект FanpLESStic sea) (Польша)

Другие технологии

3.5. Для города и страны – циклический текстиль

Как мог бы выглядеть циклический текстиль?

Кейс: Rester. Переработка (Финляндия)

Кейс: Ecoservice Textile. Сбор и сортировка (Литва)

Кейс: Repair Rebels. Ремонт (Германия)

3.6. Для бизнеса – производство одежды

Кейс: проект Mermaids (Италия, Испания, Нидерланды)

Кейс: Mistra Future Fashion (Швеция)

Кейс: The Microfiber Innovation Challenge

Кейс: Polartec Power Air и Houdini Project Mono Air

Кейс: The Microfiber Consortium (Великобритания)

1. Описание проблемы

Введение. Пластиковое загрязнение.

Разработка международного договора по борьбе с пластиковым загрязнением ознаменовала признание проблемы пластикового кризиса во всём мире. Производство пластика продолжает стремительно расти, увеличившись с 2 млн тонн в 1950 до 380 млн тонн в 2015 [1]. Общее количество синтетических смол и волокон, произведенных за этот период, составило 7800 млн тонн [1]. А вот в обращении с пластиковыми отходами такого позитивного прогресса не наблюдается. Из всего пластика, который перестал использоваться и стал отходом с 1950 по 2015 год, было переработано всего около 9%, 12% – сожжено, а большая часть когда-либо произведенного пластика – 60% – оказалась на свалке или в окружающей среде [1].

Только в океан ежегодно попадает от 4 до 12 млн тонн пластмасс [2]. Вследствие перемещений водных масс в океанической системе течений, пластиковый мусор скапливается в определенных местах океана и образует мусорные пятна или острова. Крупный пластик в них можно увидеть невооруженным глазом, но это лишь верхушка айсберга – более объёмная часть проблемы остаётся невидимой.

Пластмассы в окружающей среде под действием разных факторов и условий (солнечный свет, трение и физическое разрушение, биodeградация и др.) распадаются на микрочастицы размером менее 5 мм (микропластик) или даже менее 0.1 мкм (нанопластик). В зависимости от источника и процесса разрушения такие частицы имеют разные форму, размер, плотность и тип полимера. Источниками микропластика являются любые крупные пластмассы или специально производимые маленькими полимеры. Например, коммунальные отходы, пеллеты, автомобильные шины, косметика и полимерные покрытия.

«Одна из основ айсберга – синтетический текстиль и быстрая мода».

Из произведенных 438 млн тонн пластмасс в 2017-м году, 62 млн тонн пришлось на текстильный сектор [3]. Более 60% от общего объема используемого текстиля приходится на одежду [4]. За 35% глобальных выбросов первичного микропластика в океан отвечает стирка синтетических тканей [5]. Несмотря на улавливание доли частиц на очистных сооружениях, несовершенство технологий и отсутствие очистных во многих местах позволяет огромному количеству микроволокон попадать в природные объекты. Ученые из Калифорнийского университета в Санта-Барбаре подсчитали, что с 1950 по 2016 годы в окружающую среду поступило 5,6 миллионов тонн синтетических микроволокон [6]. Причем половина этого количества – в течение последних десяти лет. По прогнозам ученых, по мере роста численности населения и, соответственно, использования все большего количества синтетических тканей, загрязнение среды обитания и организмов микропластиком будет только увеличиваться [7]. Поэтому проблема требует срочного решения на разных уровнях.

Текстильная промышленность

Мир текстиля изменился в 30-х годах прошлого века. Тогда DuPont создали первое полностью синтетическое волокно [8]. В 40-х нейлон начал заменять шёлковые чулки.

Позже люди научилось производить полиакрилонитрил (или акрил), полиэстер (в основе которого лежит газ этилен), спандекс (из полиуретановой нити). Эти и другие синтетические материалы, сырьем для которых служат углеводороды начали все чаще использоваться для производства одежды и подменять натуральные ткани.

В начале 2000-х годов полиэстер обогнал хлопок как наиболее производимое волокно в мире. В период с 1980 по 2020 год производство синтетических волокон выросло более чем в пять раз с 10 466 000 до 65 175 000 тонн (см. Рис.) [9]. При этом производство хлопка и шерсти не только не выросло, но даже сократилось.

В это же время производители начали изготавливать смесовые ткани, состоящие из нескольких материалов, чтобы увеличить прочность и долговечность. На самом деле, это один из главных способов снизить себестоимость ткани. Например, дорогая шерсть смешивается с более дешевым полиэстером. Но отделить одно от другого потом практически невозможно, а значит переработать смесовые ткани и вернуть их в производственный цикл крайне трудно. За счет экономии на производстве образуется масса текстильных отходов, которые отправляются на свалку, сжигание или хуже – в окружающую среду.

Благодаря сокращению затрат на производство и росту покупательной способности потребителей в 2000-х годах «дешёвая» мода достигла пика и ознаменовала начало эпохи «быстрой моды». За счёт того, что бренды заимствовали внешний вид и элементы дизайна у ведущих домов моды и производили вещи быстро и дешево, они становились самыми востребованными на рынке. Этому также способствовал агрессивный маркетинг и миллиарды долларов вложенные этими брендами в рекламу. Качество одежды при этом страдает, а срок её использования сокращается. Среднее количество раз, которое предмет одежды надевается до того, как он перестает использоваться, сократилось на 36% по сравнению с 15 годами назад [4], хотя производство одежды за такой же период с 2000 по 2014 годы удвоилось [10]. Сегодня средний человек покупает на 60% больше одежды, чем в 2000 году [11].

Существующая система производства, распределения и использования одежды работает почти полностью линейно, затраченные ресурсы и материалы практически не возвращаются в цикл. Менее 1% материалов, потраченных на производство одежды, перерабатывается и используется для производства новой [4].

Каждый предмет одежды – это затраченные ресурсы, энергия, произведенные отходы, загрязнение окружающей среды и воздействие на здоровье людей.

На производство натуральных тканей тратится огромное количество ресурсов. Помимо удобрений и пестицидов, для производства только одного кг хлопка необходимо потратить 10 000 литров воды [12]. При этом синтетика – не выход. Несмотря на дешевизну производства полимерных тканей, их влияние на окружающую среду в отдельных аспектах часто больше, чем у натуральных. Углеродный след футболки, сделанной из полиэстера, в два раза больше, чем у футболки, сделанной из хлопка: 5.5 кг CO₂-эквивалента(далее, CO₂-экв)* по сравнению с 2.1кг соответственно [13].

Синтетика – одна из причин по которой бизнес не планирует отказываться от добычи углеводородов. Спрос на нефть со стороны энергетического и транспортного сектора падает, а со стороны текстильной промышленности – нет [14]. На долю синтетических

волокон в индустрии моды приходится 1,35% мирового потребления нефти. Это превышает годовое потребление нефти Испанией [15]. В 2015 году только производство полиэстера для текстильных изделий привело к выбросам более 700 миллионов тонн эквивалента углекислого газа (CO₂-экв.) [4].

Для обработки и окрашивания одежды используется от 20 000 до 40 000 различных химических веществ [3], многие из которых являются канцерогенными, разрушительными для репродуктивной и гормональной системы. В первую очередь с этими проблемами сталкиваются люди занятые в текстильной промышленности, а также, живущие вблизи производственных предприятий и мест сброса сточных вод. Кроме того, многие швейные компании сталкиваются с нарушениями условий труда на всех этапах цепочки поставок, включая эксплуатацию детского труда, низкую заработную плату, отсутствие мер безопасности для рабочих [16].

Микропластик

Ежегодно из различных источников (один из которых – одежда) в океан выбрасывается около 2 миллионов тонн микроволокон [17]. При производстве, стирке, носке синтетической одежды полимерные микроволокна попадают в окружающую среду. Исследование 2011-го года показало, что даже при стирке одной вещи может отделяться более 1900 волокон [18], а более поздние эксперименты показали, что акриловые ткани при стирке могут терять более 700 тысяч волокон на каждые 6 кг одежды [19]. Только в Европе по скромным оценкам от стирки синтетической одежды выделяется 18,430—46,175 тонн микроволокон в год [20].

Микропластик уже распространился повсеместно.

Его обнаружили в арктических [21] и антарктических [22] льдах, городском [23], горном [24] и морском [25] воздухе (в т.ч. выносимом волнами на берег [26]), на морском дне [27], водопроводной [28] и бутилированной [29] воде, морской соли [30], мёде [31], пиве [32], моллюсках [33], комарах [34], птицах [35], фруктах и овощах [36].

При этом именно волокна являются значительной частью пластикового загрязнения. Это зачастую подтверждают исследования как природных [37] объектов, так и домашней и городской пыли и воздуха [38]. Однако существует мнение, что нынешние выводы учёных недооценивают масштаб и серьёзность проблемы микропластикового загрязнения [39]. И хотя опубликованные цифры и методологии подсчета часто критикуют за неточность, пока эти данные все, чем мы можем оперировать.

Человек постоянно сталкивается с микропластиком, поглощая его через дыхание, приём пищи и воды. За год в организм человека вместе с пищей попадает от 39000 до 52000 частиц в зависимости от возраста и пола. Если добавить к пище вдыхание микропластика, цифры увеличатся до 74 000 и 121 000. Люди, потребляющие бутилированную воду могут добавить к этим числам еще 90 000 частиц в год [40]. И эти цифры не могут не вызывать беспокойства.

Последний отчет Plastic Soup Foundation показал миру, что доказательств воздействия микропластиковых волокон на здоровье человека уже достаточно: за 2021 и 2022 год было опубликовано почти по 400 научных работ на тему микропластика и здоровья.

Среди уже доказанных заболеваний и эффектов, к которым могут приводить синтетические микроволокна, есть, например, хроническое воспаление лёгких, воспаление кишечника и нарушение кишечной флоры. Вдыхаемые волокна потенциально могут достигать печени, сердца, почек, головного мозга и даже плода [41]. В целом влияние микропластика на организмы можно разделить на три группы:

- Прямое физическое воздействие частиц.
- Токсическое воздействие через вещества, которые использованы при производстве пластика (красители, пластификаторы и другие добавки), и через те вещества, которые частицы сорбируют из окружающей среды.
- Биологический механизм: через микроорганизмы (в т.ч. бактерии), которые переносятся с микропластиковыми частицами и создают риск инфекций.

Влияние микропластика на организмы, экосистемы и биоразнообразие остаётся открытым вопросом — учёные продолжают изучать воздействие различных частиц, регулярно публикуются новые данные. Однако точно ясно, что проблема повсеместна и серьёзно влияет на нас и окружающую среду. Уже существуют доступные методы предотвращения и сокращения микропластикового загрязнения. Появляются решения, которые могут помочь снизить воздействие — решения, которые мы можем применять в жизни и производстве прямо сейчас.

Решение должно быть комплексным

На отделяемость частиц от текстиля и попадание их в окружающую среду оказывают влияние различные показатели и факторы: качество и технология производства ткани, стиральные машины, практики носки и методы стирки одежды, потребительский выбор и привычки, наличие и устройство очистных сооружений в населённом пункте. Поэтому на микропластиковое загрязнение могут повлиять участники процесса на разных этапах жизненного цикла тканей: от производителей тканей и одежды и потребителей, кто стирает и носит ткани, до муниципалитетов, управляющих очистными сооружениями, и международных организаций, которые могут продвигать решения на уровне не только стран и регионов. В этой главе мы подробнее рассмотрим жизненный цикл текстиля и кратко обозначим решения, доступные на каждом этапе. Детали и примеры работающих кейсов представлены в разделе 3.

Этап 1. Добыча сырья и переработка углеводородов

Синтетические ткани являются продуктом переработки углеводородов. Жизненный цикл синтетики начинается в местах добычи сырья – ископаемого топлива. Добывают его с помощью бурения нефтяных скважин или фрекинг. Полученная сырая нефть транспортируется на нефтеперерабатывающие заводы для разделения нефтепродуктов, одним из которых является нефтя – основное сырье для производства пластмасс. С помощью парового крекинга нефтя разделяется на олефины, такие как этилен, используемый для производства полиэстера, и ароматические соединения, такие как бензол. Мономеры далее подвергаются полимеризации и соединяются в цепочки. В результате получают синтетические смолы, которые уже используются для изготовления пластиковых товаров. Их формируют в гранулы – пеллеты – и в таком виде отправляют дальше [9].

Производство синтетических гранул, необходимых для изготовления синтетических тканей, является одним из крупных источников микропластикового загрязнения. Каждый год в океан попадает около 230 000 тонн пластиковых гранул [42]. Потери происходят на предприятиях, где производятся гранулы, во время транспортировки и на фабриках, где из них изготавливают товары.

Проект Nurdle hunt предлагает решения этой проблемы. Он представляет собой исследовательскую миссию, направленную на обнаружение и сбор гранул в местах возможных утечек, а также на поиск решений для уменьшения потерь в процессе производства и транспортировки. Ознакомиться с подробностями и примерами успешных кейсов можно на официальном сайте проекта [Nurdle hunt](#).

Что можно сделать на этом этапе?

Затраты энергии и ресурсов на производство первичного пластикового сырья для одежды и будущего отделения микрочастиц можно сократить на уровне регулирования, производства и потребления.

Необходимо сократить объём производимого и помещаемого на рынок текстиля. Этого можно добиться за счет введения налога на первичный пластик со стороны законодателей [41] в отношении ресурсодобывающих и перерабатывающих

компаний. **Производители одежды** должны отказаться от бизнес-модели быстрой моды, сокращать использование синтетики, проектировать более качественные текстильные изделия, которые прослужат максимально долго, использовать в производстве однородные натуральные ткани и переработанный синтетический текстиль.

Потребители могут сокращать количество приобретаемых вещей, совершать выбор в пользу более устойчивых товаров и моделей поведения: арендовать одежду, приобретать вторичную (бывшую в носке) или одежду из переработанных материалов вместо новой, а не в дополнение к ней, выбирать более качественную одежду, которая прослужит дольше, текстиль из натуральных тканей, одежду, созданную в соответствии с принципами устойчивого развития.

Этап 2. Изготовление волокон и ткани

Для получения синтетических волокон гранулы пластика расплавляют и выдавливают через крошечные отверстия – фильеры. Полученные волокна затем охлаждаются и скручиваются в полимерную нить. А нити дальше вяжут в ткань, которая проходит несколько этапов перед тем, как стать предметом одежды, включая окрашивание и отделку.

Примерно таким образом из разных видов ископаемого топлива с добавлением различных присадок и путём смешивания разных волокон производится целый ряд синтетических тканей: полиэстер, нейлон, капрон, микрофибра, акрил, флис, лайкра и другие. Иногда синтетические волокна смешивают с натуральными тканями – переработка таких материалов очень затруднительна и не позволяет возвращать материалы в ресурсный цикл.

Что можно сделать на этом этапе?

Производители волокон и материала могут сократить отделяемость частиц от тканей, изменив технологии, например:

- В процессе производства волокон и нитей использовать более низкие температуры плавления, чтобы сохранить механические свойства волокон, производить многокруточные нити.
- При производстве ткани уменьшать скорость носителя нити.
- На стадии обработки уменьшить чистку ткани щеткой, окрашивать пряжу, а не одежду.
- На этапе отделки наносить на ткань защитное покрытие, сокращающее отделение микроволокон.

(Больше мер для волокон и тканей см. в разделе 3.6. Для бизнеса: производство одежды, а также в других тематических докладах, например [Policies to Reduce Microplastics Pollution in Water. Focus on Textiles and Tyres \[43\]](#)).

Производители могут внедрять такие меры самостоятельно, но для стимулирования изменений нужны поправки в стандарты, предъявляемые к производству тканей. Здесь могут помочь **законодатели**: необходимо установить порог отделения волокон в рамках минимальных требований к дизайну [41, 20]; а также ввести обязательную

маркировку текстильных товаров с информацией о микропластике. Это поможет **потребителям** сделать осознанный выбор.

Этап 3. Дизайн и пошив одежды

Из готовой ткани создаются предметы одежды. Это многоступенчатый процесс, в котором принимают участие **бренды-заказчики** и **швейные производства**. На этой стадии происходит проектирование будущей одежды – создание эскизов, продумывание материалов и функционала одежды, выбор технологий сборки, изготовление образцов, разработка лекал разных размеров, крой деталей изделий, пошив, обработка и отделка одежды. Некоторые бренды имеют свои производственные мощности и могут контролировать все этапы создания одежды от изготовления ткани до продажи готового изделия.

Что можно сделать на этом этапе?

Важно на стадии проектирования учитывать возможные негативные последствия производства. Рекомендации, которые помогут **текстильной промышленности** сыграть свою роль в сокращении микропластикового загрязнения, следующие:

- Проектировать одежду с максимально долгим сроком службы, многофункциональной и перерабатываемой.
- Использовать качественную пряжу с прозрачным жизненным циклом и наименьшим воздействием на окружающую среду.
- Протестировать пробные образцы одежды на отделение микроволокон независимыми методами тестирования и добавить информацию об отделении волокон с помощью маркировки.

На стадии проектирования изделий можно дополнительно внедрить меры для **швейных производств**, которые способствуют экономии ресурсов и сокращению выбросов синтетических материалов. Это, в первую очередь, максимальное использование материалов, включая обрезки производства.

Предварительная стирка: При первой стирке высвобождается наибольшее количество микроволокон [\[44\]](#). Чтобы сократить выбросы микропластика, рекомендуется проводить промышленную престирку синтетических тканей на производстве одежды перед реализацией. Такой подход позволит локализовать проблему и предотвратить выход микроволокон за пределы предприятия. Кроме того, использование оборудования для улавливания микрочастиц и стирки идентичных материалов в больших объемах облегчит переработку отделяемых микроволокон. Этот процесс можно закрепить на законодательном уровне, и тогда ответственность будет лежать на производителях, а не потребителях. У престирки есть дополнительные бонусы: можно оценить усадку и потерю цвета изделия после до реализации.

Этап 4. Реализация

Наконец, одежда готова попасть в руки потребителей. Чаще всего мы покупаем вещи не у швейных производств, а у **брендов** и **ритейлеров**. На брендах лежит ответственность за качество товаров, которые они передают потребителю.

Что можно сделать на этом этапе?

Без ухода от концепции быстрой моды и существующей модели производства и потребления невозможно решить ни одну из экологических проблем, связанных с текстилем. Общественные организации и эксперты призывают **бренды** изменить существующие модели и внедрить новые экологически устойчивые подходы:

- Предоставлять прозрачную информацию об отделении микропластика из одежды [\[41\]](#), о влиянии продаваемого предмета текстиля на окружающую среду.
- Отказаться от гринвошинга и проинформировать всех поставщиков о требованиях прозрачности бренда [\[41\]](#).
- Уйти от производства одноразовой одежды, перейти на бизнес модели многоразового и длительного использования одежды, сместить фокус с производства больших объёмов одежды на продление времени использования вещей: перепродажа (секонд-хенд рынок), аренда, редизайн, гарантия и ремонт одежды и другие практики.
- Взять на себя полную ответственность за текстильные изделия, которые выпускаются на рынок [\[41\]](#). Создавать одежду, предназначенную для ремонта, редизайна и вторичной переработки, нести ответственность за одежду на протяжении всего жизненного цикла, в том числе и за образующиеся в результате отходы.

Этап 5. Использование

На этапе использования одежды **потребители** сталкиваются с проблемой микропластикового загрязнения и могут напрямую влиять на ее сокращение. Есть несколько аспектов использования, влияющие на микропластиковое загрязнение: длительность использования вещей, носка и уход, стирка.

Что можно сделать на этом этапе?

Продлить жизнь вещей можно за счет корректного ухода, бережной носки и ремонта. Здесь особенно важна роль **сервисов и малого бизнеса, помогающих сохранить одежду в надлежащем качестве** (например, ателье, химчистка и др.). Можно продлить жизнь вещей, даже если они перестали быть нужными: перепродать, обменять на другую вещь, отдать общественным инициативам, направленным на перераспределение одежды нуждающимся.

Большую роль в микропластиковом загрязнении играет стирка. Частота стирки и выбор моющего средства влияют на количество отделяющихся от ткани частиц. Сократить количество отделяющихся от ткани частиц способны **потребители, производители средств для стирки и стиральных машин, прачечные и химчистки**.

Средства для стирки:

- Наиболее предпочтительны жидкие и мягкие средства.
- необходима разработка средств, эффективных при низких температурах и во время коротких циклов стирки [\[43\]](#).

- Не должны содержать микропластиковых частиц или вредных веществ, которые могут попасть в окружающую среду.

Потребители уже сегодня могут использовать специальные устройства для улавливания микроволокон, а в качестве самой простой и доступной каждому меры — изменить **режим стирки**:

- Стирать как можно реже.
- С полной загрузкой барабана.
- Предпочтительно в холодной воде.
- С использованием мягких средств для стирки.
- На низких оборотах для отжима.

Необходимо разработать и распространить руководства для **потребителей** о правильном режиме стирки. Они могут распространяться в комплекте с одеждой, предоставляться в прачечных, на средствах для стирки и в инструкции к стиральным машинам. Реализация этой идеи может быть осуществлена через **государственные программы и общественные инициативы** и должна поддерживаться всеми участниками процесса.

Стиральные машины:

- Должны быть оборудованы встроенными системами фильтрации или подключены к внешним фильтрационным устройствам.
- Предпочтительно производство и использование машин с фронтальной загрузкой, а не с верхней [\[43\]](#).

Решение этих задач лежит в первую очередь на производителях стиральных машин и учреждениях с промышленной и бытовой стиркой, но законодатели могут стимулировать выполнение этих мер. Для этого необходимо разработать **законодательство**, обязывающее оснастить все стиральные и сушильные приборы для бытового и промышленного использования системами фильтрации с помощью встроенных или внешних фильтров [\[41\]](#). Кроме того, важно разработать системы приема и утилизации полученных частиц и материалов.

Дополнительное препятствие на пути частиц из стиральной машины в окружающую среду – очистные сооружения. 40% попадающего на очистные сооружения микропластика – это микроволокна от стирки синтетических тканей [\[20\]](#). Во всем мире 80 процентов сточных вод поступает обратно в окружающую среду без надлежащей очистки [\[45\]](#). Хотя обычные сооружения для очистки сточных вод не оборудованы для полного удаления микропластика, доступны технологии для повышения их эффективности. Большая часть микропластика удаляется во время первичной очистки, но при наличии вторичной и третичной очистки удаляется больше частиц [\[46\]](#). Из важных для отделения микропластика технологий стоит отметить мембранный биореактор и природно-ориентированные проекты и решения (например, водно-болотные угодья [\[47\]](#)). Важно также разработать новые решения для обращения с осадком сточных вод, т.к. при его использовании в

качестве компоста, микропластик попадает обратно в окружающую среду, а сжигание осадка приводит к другим серьёзным последствиям. Здесь ключевую роль могут сыграть **учёные**, изучающие эффективность разных технологий улавливания, и **власти разного уровня**, которые способны создать программы и перераспределить бюджет так, чтобы оборудовать населённые пункты очистными сооружениями надлежащего качества.

Этап 6. Окончание жизненного цикла: переработка, сжигание или захоронение

Когда все меры по продлению жизни вещи предприняты и единственное, что можно сделать – это положить вещь в контейнер для вторичного сырья или отходов, у синтетики есть несколько вариантов продолжения жизненного цикла. При наличии доступной системы сбора и переработки текстиля, материал можно будет использовать для создания новых продуктов. В другом случае, вещь может отправиться в контейнер для смешанных отходов и вместе с остальным мусором отправиться на сжигание (сжигание пластмасс опасно для здоровья), захоронение (текстиль продолжает распадаться на микроволокна и под действием внешних факторов, частицы могут попасть в открытую окружающую среду) или быть выброшенной напрямую в окружающую среду.

Что можно сделать на этом этапе?

Для того чтобы сделать переработку синтетических материалов эффективной, необходимо предпринять меры на предыдущих этапах, чтобы избежать этого этапа как можно дольше. Следует избегать сжигания, захоронения или прямого попадания синтетических материалов в окружающую среду. Необходимо спроектировать одежду, которая будет легко перерабатываться, не использовать смесовые ткани и другие материалы, которые затрудняют переработку. Процесс сбора и переработки необходимо организовать так, чтобы **потребителям** было удобно вовлекаться в систему. **Бренды и текстильная промышленность** должны стимулировать спрос на переработанный текстиль, инвестировать в совершенствование технологий переработки, которые помогут улучшить экономику и качество получаемого сырья. В их ответственности также создание инфраструктуры для приёма вторичного текстиля от граждан, чтобы его можно было перераспределять и перерабатывать.

Пока непонятно сильнее ли отделяются микроволокна от одежды, в которой использованы переработанные синтетические материалы. Однако сама переработка текстиля является важным шагом в направлении уменьшения использования ресурсов при производстве. Тем не менее, переработка должна быть последней мерой, и к текстилю из переработанной синтетики должны применяться меры по сокращению отделения микропластика на каждом этапе жизненного цикла так же, как и к первичным синтетическим тканям и вещам.

Этап, которого не должно быть. Попадание в окружающую среду

Главные меры на каждой стадии – предотвращать загрязнение и попадание частиц в окружающую среду, и все усилия должны быть направлены на эти решения. Но всё же если синтетика или микроволокна оказались в окружающей среде, не стоит опускать

руки. Необходимо изучать поведение микроволокон в окружающей среде, следить за динамикой накопления, чтобы оценивать загрязнение и оказываемые на экосистемы эффекты и искать возможности и разрабатывать инновации для очистки окружающей среды от микропластика.

3.1. Для людей: поведенческие практики и продление жизненного цикла

Авторство: Мария, консультант по устойчивому развитию, Беларусь

Ежегодно в мире покупатели теряют 460 миллиардов долларов США, выбрасывая одежду, которую они могли бы продолжать носить. По оценкам, некоторые люди одевают одежду всего семь-десять раз после чего выбрасывают ее [48]. Как потребители могут способствовать циркулярной экономике в индустрии моды и следовать более медленной моде?

А) Сознательные покупки

Инвестируя в футболку, произведенную в соответствии с принципами устойчивого развития, потребители могут быть уверены, что каждый участник цепочки поставок заслуживает, чтобы ему платили за проделанную работу. Good On You — это надёжный источник рейтингов устойчивости, который позволяет легко понять весь процесс производства одежды, оценивая эти бренды/продукты с точки зрения этики и экологичности. Это делает процесс покупок более упорядоченным за счёт определения качества, материалов, условий труда и соответствующей маркировки. Так в повседневный шопинг могут быть внедрены медленная мода и цикличность.

Б) Перепродажа, аренда и подписки

Еще один недооцененный и чрезвычайно популярный метод — это перепродажа одежды. Секонд-хенд становится все более популярным сектором в экономике. По прогнозам, к 2030 году рынок подержанной одежды будет вдвое больше рынка быстрой моды [49]. С одной стороны, покупка подержанной одежды сокращает количество отходов. Но такой подход, к сожалению, не решает проблему чрезмерного потребления. Низкая цена часто побуждает покупать больше, а также покупать то, что потребителю на самом деле не нужно. Кроме того, магазины секонд-хенда скрывают длинную цепочку поставок.

Аренда дает возможность брать на время новую одежду и вещи за меньшую цену, и которые с меньшей вероятностью станут мусором. Это позволяет носить модную одежду, не увеличивая свалки и сокращая производственные процессы, что является двойным преимуществом.

Другим вариантом для устойчивого шопинга могут быть модели подписки на модную одежду, когда клиенты платят ежемесячную плату за то, чтобы в любой момент иметь фиксированное количество одежды во временном пользовании.

Кейс: коллаборация Love Letter Levi's и датского бренда Ganni

Дата основания: 2019 г.

Местоположение: Дания

Сайт: repeat.ganni.com/dk/en/ganni-x-levis/

Предметы из коллекции нельзя приобрести, но их можно взять напрокат за 55 долларов в неделю. Коллекция состоит из трех предметов, которые изготовлены из переработанного винтажного материала Levi's. Каждый товар снабжен специальной меткой NFC (Near Field Communication), которую покупатели могут отсканировать, чтобы получить информацию о предыдущих арендаторах и узнать, откуда были взяты материалы и как был сшит товар. Все товары поставляются в многоразовой упаковке RePack, каждый товар тщательно обрабатывается в соответствии с экологическими стандартами этичного производства. Это программа проката одежды сроком до трех недель. Ganni и Levi's хотят привлечь внимание к проблеме перепроизводства одежды и рассказать людям об альтернативных возможностях — повторном использовании, переработке текстиля и аренде одежды вместо ее покупки.

В) Обмен (своп) и починка одежды

Оценка жизненного цикла «библиотечной системы» для одежды показала, что внедрение «библиотек» одежды [clothes library] может быть потенциально выгодно при расчете на один предмет одежды с условием продления его срока службы. Однако для получения экологических выгод важно добиться значительного увеличения времени использования одежды, поскольку, например, выбросы, вызванные длительной транспортировкой, могут перевесить преимущества от снижения потребления [50]. Еще один немаловажный вопрос, действительно ли покупка подержанных текстильных изделий заменяет покупку новых товаров и в какой степени. Основываясь на опросе, проведенном среди более чем 200 потребителей в Дании, Эстонии и Швеции [51], подсчитали, что на каждые 100 купленных подержанных предметов одежды не будет куплено около 60-85 новых вещей.

Обмен одеждой (своп) может быть приятным и увлекательным методом вторичной переработки, при котором вы ничего не платите, не выбрасываете одежду на свалку и исследуете новые стили. Любой желающий может организовать обмен одеждой с друзьями, отнести ее на ярмарку или даже обменяться одеждой с незнакомыми людьми онлайн.

Кейс: Clothes Doctor

[досл. Доктор по одежде]

Дата основания: 2017 год

Местоположение: Великобритания, но все рекомендации могут быть использованы в любом месте мира.

Сайт: clothes-doctor.com

Clothes Doctor предоставляет простые и доступные варианты ремонта одежды и обучает своих клиентов тому, как ухаживать за одеждой и почему это важно делать. Компания предлагает широкий спектр продуктов и услуг, помогающих своим клиентам самостоятельно чистить, хранить и ремонтировать одежду в домашних условиях, а также предлагает профессиональные услуги по переделке и ремонту. Компания Clothes Doctor была основана как ответ на традиционные услуги по ремонту одежды, которые по мнению основателей были непривлекательными и бессмысленными. Их

клиенты обычно делятся на две категории: любители одежды, которые хотят отремонтировать и поддерживать в надлежащем состоянии дорогие вещи, и клиенты, заботящиеся об экологии, которые хотят продлить срок службы своей одежды.

Кейс: Nudie Jeans

[досл. Обнаженные джинсы]

Дата основания: 2001 г.

Местоположение: Швеция

Сайт: nudiejeans.com

У шведского джинсового бренда Nudie Jeans есть всемирная сеть ремонтных мастерских и партнеров, куда их клиенты могут отнести свои порванные джинсы [для починки]. Если джинсы порвутся во время носки, вы можете вернуть их в магазин, и их зашьют бесплатно. Можно воспользоваться бесплатной услугой ремонта неограниченное количество раз — то есть на изделие предоставляется практически пожизненная гарантия.

Предполагается, что джинсы Nudie Jeans нужно носить как можно дольше — и тогда они действительно послужат своему назначению, и их ни в коем случае нельзя выбрасывать. Вы можете вернуть старые джинсы в магазин и получить скидку 20% на новую пару. Поношенная пара будет зашита, постирана, ей по возможности будет возвращен товарный вид для перепродажи тем, кому она еще может пригодиться.

Передвижная мастерская Nudie Jeans путешествует по Дании, Великобритании и Германии, с ее расписанием можно ознакомиться на сайте бренда. Она прибывает на один день в определенный населенный пункт и туда вы можете принести свою поношенную пару для мгновенного ремонта.

Чтобы изменить наше представление о моде и перейти на более экологичный способ совершения покупок, нам нужно сосредоточиться на **уходе за одеждой, который начинается дома**. В конце концов, нужно начать смотреть на одежду как на вещь на всю жизнь, а не как на модный фасон, который можно надеть всего несколько раз.

Способы стирки одежды в домашних условиях, потенциально могут изменить характеристики волокон и тканей и, как следствие, снизить долговечность вещи. Благодаря снижению температуры машинной сушки, глажения и стирки углеродный след одежды в Великобритании с 2012 года сократился на 700 000 тонн CO₂e [52]. Совершенствование информации об уходе на этикетках, упаковке, в месте покупки или на вспомогательных сайтах — это недорогой способ, который мог бы еще больше уменьшить углеродный след при одновременном повышении долговечности вещей.

Рекомендации

Подготовка к стирке

- Стирать по мере необходимости, а не после каждой носки.

- Стирайте схожие изделия вместе (например, костюмы, комплекты одежды или нижнее белье) и снимайте аксессуары перед стиркой.
- При необходимости воспользуйтесь химчисткой.
- Не трите пятна и следы, чтобы избежать повреждения ткани.
- Избегайте использование растворителей для очистки пятен, так как они могут обесцветить ткань.
- Стирайте и гладьте одежду при правильной температуре, в соответствии с инструкцией по уходу, одежду с рисунками выворачивайте наизнанку, чтобы избежать повреждения рисунка.

Стирка (в соответствии с Ocean clean wash)

- Загрузите свою стиральную машину по максимуму: при стирке с полной загрузкой уменьшается трение между предметами одежды.
- Используйте жидкие средства для стирки вместо порошка: твердые зерна порошка приводят к большему разрыхлению волокон, чем при использовании жидкости.
- Стирайте при низкой температуре и избегайте длительных стирок.
- Сушите белье при отжиме на низких оборотах.

Хранение

- Храните вещи надлежащим образом – например, на вешалках – с использованием любых петель для одежды или других предусмотренных приспособлений; складывайте и прячьте вещи от солнечного света, когда не используете.

Здесь вы найдете дополнительную информацию об [этикетках по уходу](#).

3.2. Для потребителей – устройства

Авторство: Елизавета Меринова, проект «Микропластик – невидимая проблема», Коалиция Чистая Балтика

При домашней стирке акриловые ткани, например, могут терять [\[19\]](#) более 700 тысяч волокон на каждые 6 кг одежды. Использование устройств для улавливания волокон в стиральных машинах помогает уменьшить количество микропластика, попадающего в окружающую среду при каждой стирке.

Для улавливания частиц во время стирки есть разные подходы:

- Фильтрация сточной воды, выходящей из стиральной машины, для этого используются специальные фильтры.
- Стирка одежды в мешках из плотной ткани с мелкой ячейкой, что не позволяет волокнам просачиваться в сточные воды.
- Помещение в барабан стиральной машины предмета с большим количеством цепляющих деталей, чтобы отделившиеся волокна запутывались в нём и их можно было бы извлечь и утилизировать.

Даже при использовании менее эффективных приспособлений происходит сильное сокращение количества частиц, попадающих в сточные воды. Независимое исследование [\[53\]](#) Плимутского университета оценило эффективность шести доступных в 2018 году девайсов. Наивысшую эффективность очистки показал внешний фильтр для сточной трубы XFiltera — 74%, а наименьшую – мешок Fourth element – 21%. Но даже такой низкий уровень очистки в глобальных масштабах попадающих [\[17\]](#) в океан минимум двух миллионов тонн микроволокон в год может помочь сделать значительный вклад в сокращение микропластикового загрязнения. Эксперимент в канадском городе Парри Саунд показал [\[54\]](#), что при масштабировании использования фильтров при стирке в домах, на очистные сооружения действительно приходит значительно меньше микроволокон. Исследовательская группа установила фильтры в 97 домах города, что составляет примерно 10% домохозяйств, подключённых к муниципальной станции очистки сточных вод (WWTP).

Уже сегодня многие приспособления используются и доступны для потребителей в онлайн и оффлайн магазинах. Фильтрами могут пользоваться не только потребители, но и прачечные и любые другие учреждения, в которых есть стиральные машины и необходима периодическая стирка (больницы, отели, и др.). Далее рассмотрены примеры доступных приспособлений из каждой категории.

Кейс: фильтр Filtrol 160

Происхождение: США, но доступен для доставки в некоторые страны региона Балтийского моря, например Германию, Норвегию и Швецию

Сайт: filtrol.net

[Filtrol 160](#) – это многоразовый фильтр, который крепится к сливному шлангу стиральной машины. Сточная вода фильтруется через полиэфирную сетку и удерживает частицы размером более 160 мкм. Фильтр собирает в том числе не

поддающиеся биологическому разложению волокна – полиэстер и нейлон и др., а также задерживает все частицы, ведущие к забивке стока и сточных вод стиральной машины (волосы, песок, мех домашних животных), не позволяя им проникать в дренажные трубы и засорять их. Фильтр необходимо вручную очищать каждые 10-15 стирок. Filtrol утверждает, что их фильтр задерживает 89% частиц, выделяющихся при стирке одежды, но независимых исследований, подтверждающих такую высокую эффективность найти не удалось. Именно такие фильтры были установлены в «[канадском эксперименте](#)» [54] в т.ч. потому, что они легко чистятся. В комплекте к фильтру также идут крепления для установки, а детали необходимые к замене впоследствии можно приобрести в онлайн магазине отдельно. Первичный комплект фильтра (с креплениями для установки) в официальном магазине продаётся по цене 160\$.

Альтернативные фильтровальные разработки

- [Gulp](#) – главная инновация фильтра – нет одноразовых сменных частей и дополнительных затрат на «заменяемые» детали, фильтр можно просто очищать. Исследовательская группа проекта прямо сейчас работает [55] над возможностью переработки накопленных микроволокон.
- [PlanetCare](#) – используются сменные картриджи, одного хватает на 20 стирок, можно отправлять организации для переиспользования, но самостоятельно потребители не могут очистить фильтр. Компания хранит фильтрующий материал для будущей переработки.
- [Lint LUV-R](#) – как и Filtrol изначально был разработан для предотвращения сбоев в работе септической системы из-за засорения ворсом и другими твердыми частицами, которые выделяются во время стирки. Улавливает частицы размером до 1500 мкм — не очень приспособлен для микропластика.
- [XFiltra \(Xeros Technologies\)](#) – реализуют не только фильтр для домашней стирки, но и более мощный фильтр для промышленных масштабов (например, прачечной). На момент написания материала (январь 2023) не было обнаружено возможности приобретения фильтра.
- [The Girlfriend Microfiber Filter](#) — улавливает частицы размером до 72 мкм, нет сведений об эффективности и доле улавливания, в мануале использования к фильтру предлагается отправлять частицы в мусорное ведро, что не приводит к решению проблемы.

Кейс: мешок для стирки Guppyfriend

Происхождение: Германия, но доступен для доставки в большинстве стран Европы

Сайт: guppyfriend.com

Люди привыкли использовать мешки для стирки для сохранения качества и состояния одежды, но они могут работать как улавливатели микропластиковых волокон. Guppyfriend bag – это полиэстеровый мешок размером 50 на 74 см из плотной ткани с мелкой ячейей. Способ применения прост: необходимо поместить стираемую синтетическую одежду в мешок и закрыть его. Это позволяет отделившимся во время стирки частицам оставаться в мешке. После стирки, необходимо очистить мешок и достать «сбившиеся» в углах и швах частицы. Сам мешок можно ремонтировать,

продлевая ему срок службы, а в конечном счёте переработать, разобрав на составные части. Заявленная производителями эффективность улавливания микроволокон составляет 79-90% в зависимости от типа стираемых вещей. Независимое исследование [2] Плимутского университета показало эффективность в 54%. В официальном онлайн магазине мешок продаётся по цене 29,75 €.

Мешок Guppyfriend в отличии от многих фильтров был создан специально для сокращения микропластикового загрязнения. Это – устойчивая инициатива, показавшая, что можно внедрять решения на уровне дома или даже одного человека. И до и после изобретения и патентования Guppyfriend на рынке доступно множество альтернатив (например, SOKORU или Eleanos Reusable Washing Machine Net Bags для деликатной стирки). При этом, многие разочаровались в стирке в мешке, как способе сократить микропластиковое загрязнение по многим причинам. Одна из них в том, что единственный размер не позволяет стирать большое количество вещей одновременно, в мешок помещается пару флисовых кофт, а не целая корзина грязного белья. А сокращение количества стирок и заполнение барабана – это также необходимые меры для сокращения потребления ресурсов и отделения микроволокон от одежды.

Кейс: Шарик CoraBall

Происхождение: США, но есть Европейские ритейлеры

Сайт: coraball.com

Это приспособление также, как и мешок GuppyFriend было создано специально для улавливания микропластика. CoraBall – это шарик, вдохновленный формами кораллов с большим количеством мелких деталей. Шарик помещается в стиральную машину вместе с грязной одеждой и отделяющиеся микроволокна застревают в секциях «коралла». Независимое исследование [2] Плимутского университета оценило эффективность приспособления в 31%. Один такой шарик в официальном магазине можно приобрести за 42\$, тем не менее сама компания советует для использования в семье минимум 3 шарика (для увеличения эффективности работы). Есть очевидные недостатки разработки: например, шарик не рекомендуется использовать с любыми кружевами, кисточками, вязаными вещами или потертыми нитками, так как это может привести к повреждению одежды. Информации о возможном сроке использования шариков (через какое время они выходят из строя) не найдено. Альтернативных разработок не обнаружено.

Производители стиральных машин

Учитывая грядущее регулирование о необходимости использования фильтров у всех стиральных машин, производители бытовой техники начинают разработки в этой области.

Турецкая компания Arçelik, владеющая брендами бытовой техники Beko, Grundig и другими, в 2019-ом году разработала [56] систему фильтрации FiberCatcher, встроенную в отсек для моющего средства стиральной машины. Циркуляция воды спроектирована таким образом, что грязная вода, содержащая частицы проходит [57] через этот отсек и частицы оседают на фильтре. На момент написания доклада (январь 2023), стиральные машины с встроенным фильтром доступны в продаже. По

[58] заявлениям компании, фильтр улавливает более 90% микроволокон, выделяемых при стирке. Открытых независимых исследований, подтверждающих этот показатель эффективности не найдено. Компания также не раскрывает технические подробности в открытых источниках, например, размеры улавливаемых частиц. Фильтр следует менять по мере заполнения, система предупреждает о наполнении и отключении фильтрации. Фильтр работает не на всех режимах стирки, а на 3 синтетических, поэтому у потребителя есть выбор «фильтровать или не фильтровать».

Electrolux анонсировали [59] в 2022 запуск фильтров, которые работают с машинками брендов Electrolux, AEG and Zanussi (при этом не объясняется, почему фильтр не будет работать с другими машинками). Заявленная эффективность фильтра — до 90% частиц размером от 45 мкм. Открытых независимых исследований, подтверждающих этот показатель эффективности не найдено. Фильтр необходимо чистить раз в неделю и менять картридж (отправляя старый на переработку, покупая новый).

В заключение

Устройства по «улавливанию» частиц — большое поле для гринвошинга. Производители могут приукрашивать эффективность улавливания частиц, проектировать фильтры, которые необходимо будет бесконечно обновлять — докупать детали, а значит спонсировать компанию, предлагать выбросить частицы в мусорное ведро, а значит отправить микропластик в окружающую среду, подменять реальные действия по изменению дизайна одежды продвижением решений «на конце трубы». Важно подходить к любому приобретению с умом, изучить подробную информацию о том или ином девайсе или производителе и заранее продумать, что может пойти не так и, что выглядит непонятно.

И хотя потребители имеют доступ к устройствам, для этого метода сокращения попадания частиц в океан остаётся один большой вопрос: что делать с собранными в результате стирки микроволокнами? Если просто выбросить волокна в мусорное ведро — магии не произойдёт, нитки не испарятся, а рано или поздно попадут в окружающую среду, а это никак не поможет решению проблемы. Необходима система приёма волокон у населения для утилизации. Инфраструктуры для такой системы, как и инфраструктура для сбора и переработки текстиля, должна обеспечиваться производителями тканей и одежды. А также необходимо решить вопрос с возможностью возврата волокон в производственный цикл. Потенциально их можно использовать для производства смесовых тканей низкого качества, добавляя в общую массу перерабатываемого вторсырья. Но пока технология недоступна, учитывая маленький размер частиц, их можно хранить в банке или отправлять для исследований возможностей переработки проекту [Matter](#) (уточните условия и формат отправки на сайте проекта).

Фильтрация частиц во время стирки у потребителя — это решение «на конце трубы» и пока не появится законодательного регулирования, обеспечивающего требования к стиральным машинкам обязательно иметь систему фильтрации микроволокон — это не будет максимально эффективно. Тем более, последние исследования показывают [60], что отделение частиц во время носки в воздух играет не меньшую роль в загрязнении, чем отделение в воду при стирке. Тем не менее, такие устройства необходимы, должен

быть расширен доступ к ним населения и в сочетании с остальными мерами, это поможет значительно сократить микропластиковое загрязнение.

3.3. Для городов и стран: регулирование

Авторство: *Maite Andicoechea, Tekstilrevolutionen, Дания*

В настоящее время в Европейском союзе и в Организации Объединенных Наций рассматриваются несколько законопроектов по решению проблемы микроволокон, и некоторые из них требуют дополнительного обсуждения. Эти законопроекты касаются сокращения производства пластика, введения требований к маркировке и внедрению фильтров для бытовых стиральных машин. В этом разделе обсуждаются эти законопроекты и их потенциальные преимущества и недостатки. Многие законопроекты только сформулированы, а некоторые уже внедряют в конкретных условиях. Тем не менее, до сих пор не хватает комплексного подхода к решению проблемы микропластика.

Кейс: Договор о пластмассах

Дата запуска: 7 марта 2022 года

Местоположение: всемирный

Действие: Сокращение загрязнения пластиком

Объемы производства пластмасс росли на протяжении последних десятилетий, и, по прогнозам, в ближайшие годы они увеличатся еще больше. Производство меньшего количества пластика, естественно, ограничило бы загрязнение микропластиком. Недавно главы государств, министры окружающей среды и другие представители государств-членов ООН приняли Договор Организации Объединенных Наций о загрязнении пластиком [\[61\]](#). Это соглашение направлено на прекращение загрязнения пластиком через контроль всего жизненного цикла пластика от источника до моря [\[62, 63\]](#). Резолюция учреждает Межправительственный комитет по ведению переговоров (INC), который создаст документ, который для сокращения пластиковых отходов будет учитывать весь цикл производства пластмасс и разработку предметов многоразового использования, подлежащих вторичной переработке [\[64\]](#). Скорее всего, в итоговом документе речь пойдет не только о микропластике. Однако внимание к пластиковым отходам и их ограничение окажут влияние на загрязнение микропластиком. Договор потребует нового регулирования на уровне стран, что приблизит к общему решению проблемы загрязнения микропластиком.

Кейс: Маркировка микропластика

Дата запуска: 29 апреля 2022 года

Местоположение: Франция

Действие: Маркировка

Отделение микроволокон в значительной степени связано с использованием синтетической одежды. Отказ потребителей от покупки таких вещей снизит их использование, а следовательно, и микропластиковое загрязнение. Франция подошла к этой проблеме с помощью введения системы маркировки [\[65\]](#). Согласно декрету №

2022-748 [\[66\]](#), продукты, содержащие микропластик или которые могут распадаться до микропластика, должны соответствующе маркироваться. Эти требования вступят в силу с 1 января 2023 года [\[67\]](#). Маркировка позволит потребителям узнать:

- **Наличие пластиковых микроволокон.**
- Количество использованного вторичного материала.
- Пригодность для вторичной переработки.
- Наличие опасных веществ.
- Возможность отследить местоположение 3 основных этапов производства (ткачество, крашение, сборка/отделка).

Неясно, действительно ли инициатива по маркировке сократит потребление синтетического текстиля или просто создаст административные издержки. Эта мера повлечет за собой административные расходы, особенно для небольших компаний, а это явный минус такого решения.

Законодательство о маркировке основывается на информированности потребителей и новых знаниях. Сознательный потребитель сталкивается с проблемой выбора лучшего варианта, соответствующего его ценностям и бюджету. Но важно учитывать все потенциальные негативные воздействия на окружающую среду и здоровье человека. Любой товар оказывает множество негативных воздействий на окружающую среду, и выбор, основанный только на наличии в товаре микропластика, не обязательно будет наиболее экологичным.

Кейс: Закон о фильтрах пластиковых микроволокон для новых стиральных машин

Дата запуска: 2020

Местоположение: Франция

Действие: Фильтры для стиральных машин

По оценкам, от домашней стирки в поверхностные воды Европы ежегодно попадает 13 000 тонн текстильных микроволокон [\[20\]](#). Поэтому регулирование частных бытовых фильтров, устанавливаемых непосредственно в стиральные машины кажется разумным. Во Франции это уже требование закона [\[68\]](#). Эта мера может предотвратить попадание микропластика в поверхностные воды. С января 2025 года все стиральные машины, продаваемые во Франции, должны оснащаться фильтром для микропластика. Требование в первую очередь касается производителей стиральных машин, но также и прачечных, которые должны оснастить существующие стиральные машины съемными фильтрами к 2025 году.

Калифорния и Австралия также внедряют аналогичное законодательство [\[69\]](#). В июле 2020 года закон Калифорнии о безопасной питьевой воде установил, что микропластик в питьевой воде вызывает опасения [\[70\]](#). Поэтому по законопроекту Ассамблеи №1952 все работающие стиральные машины в Калифорнии должны быть оснащены новой системой, фильтрующей микроволокна [\[71\]](#). В рамках переходного периода Ассамблея провела пилотный проект, в ходе которого оценили эффективность на 10

государственных объектах. Отчет выйдет в конце января 2023 года, и Ассамблея пересмотрит необходимые условия для полного внедрения к 2027 году.

В марте 2021 года Австралия приняла Национальный план о пластике, вводящий запрет на загрязнение океана пластиком [\[72\]](#). План включает также меры, касающиеся загрязнения микропластиком. Правительство обязано к 2030 году установить фильтры для микроволокон на все стиральные машины.

Внедрение этой меры может занять больше времени из-за длительного срока службы стиральных машин. Стиральные машины долговечны, и прежде чем все стиральные машины будут заменены на новые с фильтрами, микропластик будет загрязнять океан еще в течение 10 или даже 15 лет после внедрения закона. Кроме того, необходимо решить проблему, связанную с поведением людей. Как или где следует очищать фильтр? Города должны разработать систему сбора и обработки микропластикового осадка, а не просто выбрасывать его на свалку. Поэтому необходимы дополнительно изучить меры обращения с отходами из микропластика.

Другие меры

Запрет вредных загрязняющих веществ, которые переносит микропластик, может помочь уменьшить их негативное воздействие на здоровье человека и окружающую среду. В ЕС уже существуют механизмы, такие как [REACH](#), для предотвращения попадания вредных веществ в окружающую среду.

Другой подход заключается в запрете микропластика, чтобы уменьшить загрязнение окружающей среды. В 2020 году в REACH включили микропластик и новые правила, касающиеся управления химическими рисками микропластиков [\[73\]](#). Обновление закона специально было направлено на определенные отрасли промышленности, такие как косметика, моющие средства и сельское хозяйство, но не на текстиль.

Кейс: Директива по микропластикам

Дата запуска: 2020

Местоположение: Европейский союз

Действие: регулирование непреднамеренного загрязнения микропластиком

Еще в 2018-ом году в Евросоюзе был запущен процесс по ограничению преднамеренно добавляемого в продукты микропластика. В 2020-ом Была представлена новая инициатива по микропластику, чья цель – регулирование непреднамеренно отделяемого в окружающую среду микропластика [\[74\]](#). На момент написания этого материала (январь 2023 года) предложение находится в стадии обсуждения. Инициатива касается всего жизненного цикла синтетического текстиля. В настоящее время в ЕС не существует законодательства, применимого к микропластикам всеобъемлющим образом. Существует несколько специальных законов с конкретными целями, и потребуются некоторое время, прежде чем окончательное регулирование будет принято для каждого государства-члена, но этот процесс все же идет.

Заключение

Объем текстильного производства должен быть сокращен. Plastic Soup и другие организации выступают за сокращение объемов производства и реализации синтетического текстиля [\[41\]](#), [\[75\]](#). Более того, есть аргумент в пользу введения более высоких налогов на одежду в целом — чтобы уменьшить краткосрочное использование и получать прибыль от высококачественной одежды, которая не загрязняет окружающую среду. Кроме того, экономические стимулы известны своей эффективностью, и налоговые поступления могут быть использованы для смягчения социального неблагополучия и непропорциональности.

3.4 Для городов и стран: очистка сточных вод

Авторство: Agnieszka Fiszka Borzyszkowska, Ph.D., Eng., expert on advanced chemical processes. Polish Ecological Club, secretary.

Очистные сооружения сточных вод – главное препятствие на пути микроволокон от стирки в океан. В то же время стоки с обычных очистных сооружений являются точечными источниками сброса микропластика в водные объекты [77]. Проблема микропластика в сточных водах привлекает все большее внимание исследователей, о чем свидетельствуют многочисленные проекты и новые отчеты на эту тему. Сравнивая количество пластиковых частиц поступающих на очистные сооружения и в воде после очистки на станциях учёные оценивают эффективность методов улавливания микропластика.

Основываясь на имеющихся данных, обычные очистные сооружения могут эффективно удалять 80-95% микропластика, а процессы на современных очистных станциях позволяют удалять до 95-99% микропластика и микроволокон. Крупная фракция микропластика (от 1 до 5 мм) удаляется наиболее эффективно [78]. При этом наиболее распространены – фракции микропластика наименьшего размера (20-190 мкм). На некоторых исследованных очистных сооружениях эта фракция и микроволокна были обнаружены в сточных водах в более высоких концентрациях, чем во входящем потоке [79]. Несмотря на относительно высокую эффективность, из-за большого количества сточных вод очистные сооружения являются значительным источником микропластика. Подсчитано, что сточные воды очистных сооружений в Европе ежегодно выбрасывают 520 000 тонн пластика [80]. Кроме того, не очень понятно как очистные сооружения работают с более мелкими частицами, включая нанопластики.

Осадок сточных вод очистных сооружений (содержащий микропластик) может быть использован в сельском хозяйстве в качестве удобрения. Это потенциально приводит к попаданию микропластика как в грунтовые, так и в поверхностные воды, и в продукты питания. По поручению NABU исследовательские институты Fraunhofer UMSICHT и Ökoro1 подсчитали количество пластика, попадающего в окружающую среду (в т.ч. почву) в Германии от сельского хозяйства и садоводства. Согласно их данным, ежегодно из сточных осадков в окружающую среду попадает 8 385 тонн пластика [81]. Один из способов снизить эти выбросы – установить более строгие ограничения на количество пластика в компосте.

Технологии очистки сточных вод

Большинство технологий очистки сточных вод, используемых на сооружениях, не разрабатывались для удаления микропластика. Тем не менее, они успешно справляются с удалением частиц и других загрязняющих веществ из воды. Общий процесс очистки сточных вод состоит из нескольких этапов, на каждом из которых используются различные методы. Технологии ремедиации, предназначенные для очистки сточных вод от микропластика, подразделяются на процессы удаления (или разделения) микропластика и процессы, вызывающие его разрушение. Технологии, основанные на удалении микропластика, включают предварительную обработку (например, просеивание). На следующем уровне первичной обработки применяется

процесс отстаивания осадка. Вторичная очистка использует процессы биологической очистки для удаления остаточной органики и взвешенных твердых частиц с помощью активного ила или дисковых фильтров (вода проходит через плотно сжатые диски, частицы остаются в междисковом пространстве). Третичная и/или усовершенствованная очистка сточных вод применяется, когда микрозагрязнители, такие как микропластик, не могут быть удалены на предыдущих этапах очистки [77].

Существующие современные системы вторичной и третичной очистки частично удаляют микропластик из сточных вод. Их необходимо и дальше модернизировать, чтобы при постоянном соблюдении других норм очистки воды они могли улавливать микропластик более эффективно.

Биотехнологии и природно-ориентированные решения

Среди разных технологий по очистке сточных вод от микропластика биотехнологии, и в частности мембранный биореактор (МБР), являются наиболее многообещающими. МБР обеспечивает более высокую эффективность, чем обычно используемый активный ил [82]. В этой системе разложению способствуют микроорганизмы в сочетании с мембранным процессом микрофильтрации или ультрафильтрации [83, 84]. Согласно последним отчетам, мембранные биореакторы позволяют удалять до 99,9% микропластика и вдвое выгодны: лучше очищают и обрабатывают бОльшие объемы сточных вод. Кроме того, технология на основе МБР обладает большим потенциалом для эффективного удаления других различных типов микрозагрязнителей, таких как пестициды, фармацевтические препараты и патогенные микроорганизмы [85].

Обычный активный ил также показывает высокую эффективность удаления микропластика – от 91 до 98% [86]. Этот биологический процесс надежен, экономичен и позволяет обрабатывать поступающие вещества разных концентраций. Однако длительность процесса, обработка и удаление осадка вынуждают искать другие методы.

Кейс: Пилотная станция для очистки ливневых стоков (проект FanpLESStic sea)

Дата запуска: 2020

Местоположение: Гданьск, Польша

Подробнее: [сайт](#)

Проект направлен на исследование подходов, основанных на биоремедиации. Эти методы могли бы бороться с микропластиком, действуя как естественная ловушка, например, морские травы, пескожил и голубые мидии. Пилотный проект был протестирован в пилотном масштабе на действующей станции очистки сточных вод, для которой создали систему водно-болотных угодий.

Первые результаты удовлетворительные, но требуются более длительные исследования эффективности методов. Проект был направлен на тестирование подходов, основанных на биоремедиации, основанных на способности смягчать МПС, действуя для них, например, как естественная ловушка. морские травы, луговые черви

и голубые мидии. Один пример был протестирован на действующей станции водоотведения в пилотном масштабе и использовал сконструированную систему водно-болотных угодий. Сначала вода направляется в отстойник, затем в ячейки с вертикальным и горизонтальным потоком, заполненные песком и гравийным материалом. После вода поступает в пруд с изменяющейся глубиной дна, из которого вода самотёком поступает в последний пруд, в котором хранится очищенная вода. Он основан на естественных процессах очистки, таких как фильтрация и отстаивание, а также использует гидрофитные растения. Первоначальные результаты удовлетворительны, но необходимы более обширные исследования.

Другие технологии

Другим эффективным методом очистки являются технологии на основе фильтров. Песочные фильтры обеспечивают дополнительное удержание микропластика в 79% ± 11% по сравнению со вторичной обработкой [87]. Другое исследование показало возможность сократить количество микропластика в 90 раз с помощью фильтров с попеременным использованием песка и кокса [88].

Третичные передовые технологии очистки включают химические методы, включая, например, коагуляцию и флокуляцию, электрокоагуляцию, соль-гелевую индуцированную агломерацию, хлорирование, озонирование, флотацию растворенным воздухом, УФ-обработку и фотокаталитическую деградацию. Эти методы показали эффективность более 99%. В основном эти методы были протестированы в лабораторных условиях, поэтому для практического использования в пилотном и полном масштабах необходимы дальнейшие исследования [89]. Основным фактором, ограничивающим применение любого усовершенствованного метода удаления микропластика, являются эксплуатационные затраты [77].

В заключение

Существует много вопросов к очистным сооружениям как к методу уменьшения утечки микропластика в окружающую среду: что делать с осадком, насыщенным микропластиком, какова эффективность для частиц размером менее 10 микрометров. До сих пор очистные сооружения остаются скорее источником попадания микропластика в океан. Однако в любом случае, пока микропластик попадает на очистные сооружения, необходимо их модернизировать, чтобы здесь оседало максимально возможное количество частиц. Меры, реализуемые для решения проблемы микропластика, не должны быть направлены только на оптимизацию процессов на существующих очистных сооружениях или замену существующих технологий новыми, созданными для удаления микропластика. Изменения также должны соответствовать концепции циркулярной экономики и основам устойчивого развития.

3.5. Для городов и стран: цикличность текстиля

Авторство: Мария, консультант по устойчивому развитию, Беларусь

Текстильная промышленность одна из крупнейших в мире. По данным Альянса ООН за устойчивую моду, мировая индустрия одежды и текстиля приносит 2,4 триллиона

долларов мировому производству, и по всему миру в ней занято 75 миллионов человек. Большинство работников текстильной и швейной промышленности это женщины.

Производственно-сбытовая цепочка текстильной и швейной промышленности включает в себя выращивание сырья, производство волокон и тканей, дополнительную обработку и окрашивание тканей, транспортировку, продажу, использование, переработку и утилизацию. Почти все страны в большей или меньшей степени вовлечены в текстильную промышленность, начиная с дизайна изделия, разработки технологий и заканчивая фактическим производством.

Чтобы решить растущую проблему текстильных отходов, в 2018 году ЕС внес поправки в Рамочную директиву по отходам [\[90\]](#), которая предусматривает, что к 2025 году все государства – члены ЕС обязаны отдельно собирать использованный бытовой текстиль из муниципальных отходов. Кроме того, Европейская комиссия в качестве одного из основных блоков Европейского зеленого соглашения [\[92\]](#) недавно представила новый План действий по циркулярной экономике [\[91\]](#). В рамках плана будет предложена всеобъемлющая стратегия ЕС в области текстиля, направленная на расширение рынка ЕС для материалов, произведенных в соответствии с принципами устойчивости и циркулярной экономики. Она будет включать в том числе рынок повторного использования текстиля, направленного на решение проблем быстрой моды, и новые бизнес-модели. Стратегия будет направлена на стимулирование сортировки, повторного использования и переработки текстиля, в том числе за счет инноваций, поощрения промышленного применения и регулирующих мер, таких как расширенная ответственность производителя.

В странах, не входящих в ЕС, ситуация в текстильной промышленности регулируется внутренним национальным законодательством. В то же время большинство стран обязательств по переработке текстильных отходов перед всем миром не имеют. .

Цикличность в текстильной промышленности и индустрии моды означает замкнутые производственные циклы, и это возлагает на бренды ответственность за сбор и переработку всего объема произведенной продукции, чтобы сохранить текстильные ресурсы в обороте. Чтобы обеспечить безопасный оборот, материалы участвующие в процессе не должны содержать опасных химических веществ, но должны быть готовы к повторному использованию и безопасной переработке.

Как мог бы выглядеть циклический текстиль?

Сырье для производства текстиля является безопасным, перерабатываемым или возобновляемым.

Материалы, используемые для изготовления текстиля, не наносят вреда здоровью работников во время производства или потребителей во время использования. Такое сырье получают с использованием материалов, которые являются либо возобновляемыми, либо переработанными, либо и тем, и другим вместе.

Текстиль используется дольше.

Срок использования текстиля продлевается, оптимизируя использование текстильных изделий, особенно одежды. Текстиль больше не остаётся непроданным на складах или в магазинах, его не забывают в шкафах и не выбрасывают, когда он еще в хорошем состоянии. Ориентация на использование всех произведенных продуктов, как с точки зрения производства, так и с точки зрения потребления, – это новая норма.

Текстиль подлежит вторичной переработке и перерабатывается по окончании использования.

Текстиль, который больше невозможно использовать, не попадает на свалки или мусоросжигательные заводы, а должным образом собирается и перерабатывается. Чтобы сохранить максимальную совокупную ценность продукта нужно, чтобы продукт, получаемый в результате переработки был повышенного качества (апсайклинг), а не пониженного (даунсайклинг). Технологии вторичной переработки (механические и химические) развиваются, и текстильные изделия разрабатываются с учетом будущей переработки.

Таблица: Список ключевых слов / фраз для идентификации компаний, внедряющих циклическую бизнес-модель\бизнес-модели циркулярной экономики/модель циклического\замкнутого бизнеса. в текстильной системе (на основе модели циркулярной экономики «бабочка» Фонда Елены Макартур) [\[93\]](#).

1. Уменьшать	2. Повторно использовать / делиться / перераспределять	3. Ремонтировать	4. Редизайн/ модернизация/ перепрофилирование	5. Переработка отходов
--------------	--	------------------	---	------------------------

- Дизайн продукта для длительного срока службы - Адаптация продукта к конкретным пользователям - Расширенные гарантии - Руководство поставщика по оптимизации использования	- Помощь в обмене вещами по модели потребитель-потребитель (Consumer-to-consumer -- C2C) - Помощь в перепродаже продуктов C2C - Лизинг/аренда собственных продуктов - Лизинг/аренда других продуктов - Возврат и перепродажа собственных продуктов - Сбор и перепродажа других продуктов	- Услуги по ремонту от бренда - Независимые ремонтные услуги - Договорные отношения по ремонту - Помощь клиентам в самостоятельном ремонте	- Редизайн и перепродажа непроданных коллекций - Производство новой одежды из бывших в употреблении тканей - Продажа продуктов с содержанием био-компонентов*	- Дизайн для облегчения переработки (дизайн для разборки, понимание состава материалов, модульная конструкция, сокращение количества опасных веществ) - Возврат собственных продуктов и переработка их в новые продукты - Продажа продуктов с переработанными элементами - Действия по отслеживанию
--	---	---	---	--

*Согласно Комиссии ЕС (2020), материалы на био-основе «полностью или частично производятся из биологических ресурсов, а не из ископаемого сырья». Это определение подчеркивает, что не все биоосновные материалы поддаются биологическому разложению или компостированию. На протяжении всего жизненного цикла каждого материала необходимо проводить тщательное исследование, чтобы оценить его воздействие на окружающую среду. Более того, биоразлагаемые или компостируемые материалы не всегда имеют биологическую основу, поскольку разложение может происходить на основе химической структуры материала и не обязательно его органического состава. Эта характеристика означает, что материалы как на основе биомассы, так и на основе ископаемого сырья, могут поддаваться биологическому разложению, что подчеркивает важность наличия более комплексного метода анализа.

Согласно 16-месячному анализу постпотребительского текстиля, проведенному экологической организацией «Fashion for Good» [\[95\]](#) в шести европейских странах, было обнаружено, что хлопок является доминирующим волокном (42%), за которым следует большое количество смесей материалов (32%), почти половина из которых состояла из поликоттона (12%). Технологические ограничения, а также поиск подходящего сырья и высокая стоимость вторичной переработки по-прежнему остаются основными препятствиями для переработки волокна-в-волокно. Возможно, одной из самых больших проблем является разделение смесовых тканей из полиэстера и хлопка. Некоторые разрабатываемые технологии могут пытаться извлекать и хлопок, и полиэстер, в то время как другие могут выбрасывать одно волокно как отходы, одновременно извлекая другое. Самая большая проблема в этом

отношении заключается в получении двух высококачественных продуктов, которые можно использовать для производства новых волокон.

Кейс: Rester. Переработка

первый в Финляндии крупномасштабный завод по переработке текстиля

Основная отрасль: производство текстильных волокон и прядение

Экономическое решение замкнутого цикла запущено: 2021 г.

Местоположение: Паймио, Финляндия

Сайт: rester.fi

В настоящее время финская текстильная фабрика в Паймио в год может перерабатывать 6000 тонн непригодного к использованию текстиля. Совместно с компаниями, ответственными за утилизацию бытовых отходов в Юго-Восточной Финляндии, завод планирует перерабатывать примерно 10% текстильных отходов, образующихся в Финляндии.

Непригодный текстиль поступает от прачечных, производителей спецодежды. Также передают обрезки, образующиеся в качестве побочных продуктов промышленности. Завод производит переработанные волокна для домашнего текстиля и строительной промышленности. Текстиль используется в самых разнообразных изделиях, от одежды до мебели и воздушных фильтров. Например, переработанные волокна могут быть переработаны в пряжу, из которой в дальнейшем изготавливаются ткани или технический текстиль для текстильной промышленности. Таким образом, переработанное волокно обеспечивает полностью национальную производственно-сбытовую цепочку текстиля. В строительной промышленности переработанное волокно используется для изготовления изоляционных материалов, акустических плит, фильтровальных тканей и композитных материалов.

Кейс: Ecoservice Textile. Сбор и сортировка

Экономическое решение замкнутого цикла

Запущено: 2021

Местоположение: Литва

Сайт: ecoservice.lt/en/services/textile/

В 2021 году в рамках литовской кампании по переработке отходов стали собирать ткани и передавать их в сортировочный центр. Таким образом, ежемесячно сортируется и перерабатывается около 200 тонн ткани. Большая часть текстиля, поступающего в сортировочный центр, по-прежнему пригодна для вторичной переработки – около 75%. Остальная часть текстиля – около 10% – разрезается и перерабатывается в технические ткани и только 10% используется для производства энергии, поскольку они необратимо повреждены. До открытия сортировочного центра практически все отдельно собранные текстильные изделия сжигали.

Текстиль, поступающий в сортировочный центр, собирают в специальные контейнеры, предназначенные исключительно для сбора текстиля. В Литве насчитывается более 800 таких контейнеров. В центре одежда, обувь и домашний текстиль разделяются примерно на 100 различных категорий в зависимости от материала, сезона и назначения.

Кейс: Repair Rebels. Ремонт

Услуги по уходу и ремонту: Ремонт обуви и одежды

Местоположение: Германия

Сайт: repair-rebels.com

Repair Rebels – это ремонтная служба, базирующаяся в Дюссельдорфе, которая призывает восстать против культуры одноразового использования в индустрии быстрой моды, и заботится о нашей одежде и обеспечивая ее долговечность. С помощью своего цифрового сервиса, который включает в себя сбор и доставку, а также 7-дневный срок выполнения работ, они стремятся сделать ремонт текстиля и обуви таким же удобным, как и покупка новых предметов, чтобы у покупателя не было причин не заботиться о своей одежде.

Для развития экономики замкнутого цикла в текстильной промышленности важно обратить внимание на развитие нормативно-правовой базы в области обращения с текстильными отходами, важно обеспечить экономически эффективный сбор текстиля у населения и предприятий, развитие инфраструктуры для повторного использования и переработки текстильных изделий, а также усиление сортировочных и перерабатывающих мощностей в регионе. Поддержка новых бизнес-моделей, вовлечение местных органов власти и населения являются необходимыми условиями для развития экономики замкнутого цикла.

3.6. Для бизнеса: производство одежды

Авторство: Весман Анна Викторовна, м.н.с. ФГБУ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт»

Основная часть исследований оценивает стоки, образующиеся после стирки, как основной путь поступления микропластика в окружающую среду [5]. Однако, микроволокна выделяются и в процессе производства, носки и утилизации одежды. С одной стороны, отделение микроволокон снижается после нескольких стирок. С другой стороны, изнашивание ткани со временем увеличивает выделение микроволокон [96]. В большей степени именно «быстрая мода» ответственна за высокий уровень отделения микроволокон из-за высокой доли синтетических тканей у таких брендов, короткого времени использования, ведущего к большому количеству «первых» стирок и из-за низкого качества тканей и применяемых технологий. Поэтому совершенствование тканей и производства одежды, рекомендации для производителей синтетического текстиля и вещей, внедрение новых технологий в этой области особенно актуальны.

Вопрос загрязнения окружающей среды микроволокнами из текстиля начали активно обсуждать после 2015 года [97, 19, 98]. А рабочие группы и инициативы направленные на борьбу с отделением частиц появились еще позже [4, 99, 100]. Но с каждым годом, количество таких инициатив и новых технологий, позволяющих улучшить качество одежды, становится всё больше.

Кейс: проект Mermaids

Страны партнёров проекта: Италия, Испания, Нидерланды

Даты проведения: 2014 – 2016

С некоторыми результатами преокта можно ознакомиться по ссылке:

oceancleanwash.org/science/

Основная цель проекта – уменьшение поступления микропластика из сточных вод в европейские морские экосистемы за счет предотвращения отделения микроволокон от синтетики во время стирки. Проект был направлен на разработку рекомендаций по инновационным практикам для производителей пластикового волокна, текстильной промышленности, производителей моющих средств и домохозяйств. Выделенные в рамках исследований меры по сокращению отделения частиц [101] для производителей текстиля включают:

- При производстве синтетического волокна использовать более низкие температуры плавления, чтобы сохранить механические свойства волокон (прочность на растяжение и др.).
- Производить пряжу с непрерывными волокнами, она менее склонна к образованию микроволокон, чем пряжа из прерывистых или штапельных волокон.
- Производить многокруточные нити, так как они меньше подвержены образованию микроволокон, чем одинарные.

- Производить пряжу с высокой (креповой) круткой, так как она менее склонна к образованию микроволокон, чем пряжа с низкой круткой.
- Окрашивать пряжу, а не одежду, так как окрашивание одежды оказывает большее влияние на высвобождение микроволокон.
- Уменьшать скорость носителя нити, чтобы уменьшить повреждение волокон при процессе вязания.
- Как правило, большая часть микроволокон высвобождается во время первой стирки одежды. Предварительная стирка изготовленного предмета одежды может быть произведена на производстве, где установлена качественная система очистки воды*.

Больше мер – [в отчете проекта.](#)

**У производителей есть больше мощностей и возможностей для установки более качественных фильтров. Промышленная престирка также может помочь запуску пилотных проектов по сбору и переработке частиц. На производстве в большом объеме может стираться однородная одежда из известных тканей. Это позволит собрать большой объем идентичных микроволокон и исследовать возможность возврата микрочастиц в производственный цикл.*

Кейс: Mistra Future Fashion

Страна: Швеция

Даты проведения: 2011 – 2019

Сайт проекта: mistrafuturefashion.com

Ссылка на отчет:

Партнеры проекта: под руководством Шведского научно-исследовательского института, 13 научных (Chalmers University of Technology, Copenhagen Business School, MoRe Research, Stockholm Business School, IVL Swedish Environmental Research Institute и другие), 40 индустриальных партнеров (например, FOV Fabrics, H&M, HOUDINI SPORTSWEAR, Lindex, Lauffenmuehle и другие)

Это междисциплинарная исследовательская программа направленная на изучение осыпания микропластика с тканей. Предварительные выводы исследования показали, что риск выпадения микропластика из одежды снижается, если 1) меньше чистить ткань щеткой на стадии обработки ; 2) применять ультразвуковую резку в процессе кроя и шитья; 3) удалять микрочастицы на тканях на этапе производства (предпочтительно с использованием сухих методов). Больше выводов можно найти в [отчёте проекта.](#)

Исследование не подтвердило частое предположение о том, что ткани, изготовленные из переработанных полимеров, линяют больше, чем из первичных.

Кейс: The Microfiber Innovation Challenge

Это международный конкурс для компаний, которые работают над разработкой технологий, направленных на: 1) замену синтетических материалов на

биоразлагаемые аналоги; 2) улучшение обработки текстиля, чтобы уменьшить выделение микропластика в окружающую среду. Конкурс поддерживается крупной коалицией партнеров, включая: Under Armour, Another Tomorrow, The Biomimicry Institute, Canopy, Fashion For Good, Finisterre, Materevolve, Material Innovation Initiative, The Microfibre Consortium, The North Face, The Ocean Foundation, Oceanic Global, Ocean Wise, Queen of Raw, Think Beyond Plastic Foundation и другие.

Примеры проектов — победителей и участников конкурса в 2022 году в основном фокусировались на разработке новых материалов, например:

[Natural Fiber Welding](#), Иллинойс, США, изменяя водородные связи в натуральных волокнах (таких как хлопок), меняют их форму на молекулярном уровне.

Запатентованная технология позволяет получить натуральную ткань, которая обладает свойствами синтетических тканей.

Разработка австралийского национального научного агентства [CSIRO](#) позволяет усиливать структурную целостность пряжи из хлопка и полиэстера с минимальными изменениями и затратами на производстве.

Самый интересный проект – [PANGAIA x MTIX Microfiber Mitigation](#) (Великобритания). Он фокусируется не на производстве новых материалов для замены синтетики, а на технологии обработки ткани, позволяющей сократить отделение микроволокон. PANGAIA и MTIX разработали новое применение лазерного улучшения поверхности (MLSE®) MTIX волокон в ткани. MLSE® быстро изменяет поверхность текстиля в зоне высокоэнергетической реакции, которая генерируется комбинированным мощным импульсным ультрафиолетовым лазером и плазмой высокочастотного электрического разряда. Обработка на наноуровне «запечатывает» потенциальные микроволокна обратно в структуру ткани, в результате чего получаются более прочные и однородные волокна.

Кейс: Polartec Power Air и Houdini Project Mono Air

Сайт проекта: polartec.com/fabrics/insulation/power-air

В 2018 году Polartec разработала технологию Power Air, которая уменьшает количество микроволокон, выпадающих в процессе стирки. В обычном флисе воздух изолирует и согревает нас. Но Polartec переосмыслили структуру ткани, поместив «пушистую» часть внутрь. «Пух» — это то, что помогает нам согреться, но также и больше всего линяет. Технология основана на инкапсуляции надутых воздухоулавливающих волокон в многослойную структуру ткани. Это улучшает характеристики ткани, обеспечивая превосходную теплоизоляцию, а также уменьшает выпадение волокон до 5 раз. Сейчас продукцию с технологией Power Air можно найти у таких производителей спортивной одежды как Mammut, Ferrino, Burton, Nobull, Hikerkind, Reigning Champ, ABSNT, FW, Agocic, Houdini, Santini, Montura, 66°North.

7 октября 2020 года шведский бренд Houdini выпустил Project Mono Air в сотрудничестве с Polartec. Это – проект с открытым исходным кодом, распространяющий полезные практики. Открытый код позволяет любому получить доступ к полной последовательности создания одежды — от схем шитья до технологии, лежащей в основе ткани.

Кейс: The Microfiber Consortium

Страна: международный консорциум, зарегистрирован в Великобритании

Сайт проекта: microfibreconsortium.com

Организация работает с производителями и продавцами текстиля, распространяя результаты исследований и научных разработок по борьбе с отделением микропластика и объединяя разные действующие лица текстильного сектора. В консорциум входят через принятие обязательств Microfibre 2030 Commitment (это рамочная структура для работы консорциума). Среди подписантов известные бренды спортивной одежды (Adidas, Nike, Bergans, Decathlon, Mammut, Marmot, The North Face, Patagonia), а также научно-исследовательские центры (RISE, University of Leeds, Sintef). Пока о результатах работы судить сложно, но объединение и обмен опытом такого широкого списка партнеров (уже более 80 подписантов) — точно шаг в нужную сторону.

В заключение

И небольшие, и крупные производители заинтересованы в новых технологиях и улучшении качества тканей. В первую очередь это говорит об озабоченности потребителей и их желании покупать вещи, которые будут наносить меньший урон окружающей среде. Уже сегодня можно найти рекомендации по улучшению технологического процесса, которые подтверждены лабораторными исследованиями [101, 102]. Но набирающая популярность тематика не защищена от «гринвошинга». Начинают появляться инициативы, которые не раскрывают технологий за своими продуктами и лабораторий, где оценивалась действенность их средств. Поэтому еще одна рекомендация для производителей — не только разрабатывать и внедрять новые технологии, но и увеличивать прозрачность и открытость.

Ссылки на источники

- [1] Geyer, Roland & Jambeck, Jenna & Law, Kara. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. Science Advances. 3. e1700782. 10.1126/sciadv.1700782.
- [2] J. R. Jambeck, R. Geyer, C. Wilcox, T. R. Siegler, M. Perryman, A. Andrady, R. Narayan, K. L. Law, Plastic waste inputs from land into the ocean. Science 347, 768–771 (2015).
- [3] Heinrich Böll Foundation, Break Free From Plastic, 2019. Plastic Atlas 2019: facts and figures about the world of synthetic polymers, second edition; Available from: https://www.boell.de/sites/default/files/2020-01/Plastic%20Atlas%202019%202nd%20Edition.pdf?dimension1=ds_plastikatlas
- [4] Ellen MacArthur Foundation (2017) A new textiles economy: Redesigning fashion's future. Available from: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/A-New-Textiles-Economy_Full-Report_Updated_1-12-17.pdf
- [5] Boucher, Julien & Friot, Damien. (2017). Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources. 10.2305/IUCN.CH.2017.01.en.
- [6] Gavigan J, Kefela T, Macadam-Somer I, Suh S, Geyer R (2020) Synthetic microfiber emissions to land rival those to waterbodies and are growing. PLoS ONE 15(9): e0237839. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237839>
- [7] Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks. Mark Anthony Browne, Phillip Crump, Stewart J. Niven, Emma Teuten, Andrew Tonkin, Tamara Galloway, and Richard Thompson. Environmental Science & Technology 2011 45 (21), 9175-9179 DOI: 10.1021/es201811s
- [8] Paul W. Morgan (1981) Brief History of Fibers from Synthetic Polymers, Journal of Macromolecular Science: Part A - Chemistry, 15:6, 1113-1131, DOI: 10.1080/00222338108066456
- [9] Changing Markets Foundation, 2022. Dressed to Kill: Fashion brands' hidden links to Russian oil in a time of war; Available from: http://changingmarkets.org/wp-content/uploads/2022/11/Dressed-to-Kill_Webversion.pdf.pdf
- [10] Remy, N., E. Speelman, and S. Swartz, 2016. Style that's sustainable: A new fast-fashion formula; Available from: <https://www.proquest.com/docview/2372072480>. Accessed at ???
- [11] World Bank. How Much Do Our Wardrobes Cost to the Environment? <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2019/09/23/costo-moda-medio-ambiente>. Accessed at December 22, 2022
- [12] United Nations Framework Convention on Climate Change <https://unfccc.int/news/un-helps-fashion-industry-shift-to-low-carbon>. Accessed at December 22, 2022

- [13] Environmental Audit Committee, 2019. Fixing fashion: clothing consumption and sustainability; Available from: <https://publications.parliament.uk/pa/cm201719/cmselect/cmenvaud/1952/full-report.html#heading-7>.
- [14] Transport and Environment, 2020. The beginning of the end of the oil era?; Available from: <https://www.transportenvironment.org/newsroom/blog/beginning-end-oil-era> Accessed at December 25, 2022
- [15] Changing Markets Foundation, 2021. Fossil fashion: The hidden reliance of fast fashion on fossil fuels; Available from: http://changingmarkets.org/wp-content/uploads/2021/01/FOSSIL-FASHION_Web-compressed.pdf.
- [16] McKinsey Sustainability, 2016. Style that's sustainable: A new fast-fashion formula. Available from: <https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/style-thats-sustainable-a-new-fast-fashion-formula> Accessed at January 5, 2023
- [17] Mishra S, Rath CC, Das AP. Marine microfiber pollution: A review on present status and future challenges. Mar Pollut Bull. 2019 Mar;140:188-197. doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.01.039. Epub 2019 Jan 25. PMID: 30803634.
- [18] Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks
Mark Anthony Browne, Phillip Crump, Stewart J. Niven, Emma Teuten, Andrew Tonkin, Tamara Galloway, and Richard Thompson Environmental Science & Technology 2011 45 (21), 9175-9179 DOI: 10.1021/es201811s
- [19] Imogen E. Napper, Richard C. Thompson, Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: Effects of fabric type and washing conditions, Marine Pollution Bulletin, Volume 112, Issues 1–2, 2016, Pages 39-45, ISSN 0025-326X, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.09.025>.
- [20] Simon Hann, Chris Sherrington, Olly Jamieson, Molly Hickman, Peter Kershaw, Ayesha Bapasola, George Cole, 2018. Investigating options for reducing releases in the aquatic environment of microplastics emitted by (but not intentionally added in) products; Available from: https://bmbf-plastik.de/sites/default/files/2018-04/microplastics_final_report_v5_full.pdf.
- [21] Peeken, I., Primpke, S., Beyer, B. et al. Arctic sea ice is an important temporal sink and means of transport for microplastic. Nat Commun 9, 1505 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03825-5>
- [22] A. Kelly, D. Lannuzel, T. Rodemann, K.M. Meiners, H.J. Auman, Microplastic contamination in east Antarctic sea ice, Marine Pollution Bulletin, Volume 154, 2020, 111130, ISSN 0025-326X, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111130>.
- [23] Wright, S.L., J. Ulke, A. Font, K.L.A. Chan, and F.J. Kelly, 2020. Atmospheric microplastic deposition in an urban environment and an evaluation of transport. Environment International. 136(December 2019): p. 105411.

- [24] Allen, S., Allen, D., Phoenix, V.R. *et al.* Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment. *Nat. Geosci.* 12, 339–344 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0335-5>
- [25] Trainic, M., Flores, J.M., Pinkas, I. *et al.* Airborne microplastic particles detected in the remote marine atmosphere. *Commun Earth Environ* 1, 64 (2020). <https://doi.org/10.1038/s43247-020-00061-y>
- [26] Allen S, Allen D, Moss K, Le Roux G, Phoenix VR, Sonke JE. Examination of the ocean as a source for atmospheric microplastics. *PLoS One*. 2020 May 12;15(5):e0232746. doi: 10.1371/journal.pone.0232746. PMID: 32396561; PMCID: PMC7217454.
- [27] Kane IA, Clare MA, Miramontes E, Wogelius R, Rothwell JJ, Garreau P, Pohl F. Seafloor microplastic hotspots controlled by deep-sea circulation. *Science*. 2020 Jun 5;368(6495):1140-1145. doi: 10.1126/science.aba5899. Epub 2020 Apr 30. PMID: 32354839.
- [28] Guardian. Plastic fibres found in tap water around the world, study reveals <https://www.theguardian.com/environment/2017/sep/06/plastic-fibres-found-tap-water-around-world-study-reveals>. Accessed at December 25, 2023
- Pivokonsky M, Cermakova L, Novotna K, Peer P, Cajthaml T, Janda V. Occurrence of microplastics in raw and treated drinking water. *Sci Total Environ*. 2018 Dec 1;643:1644-1651. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.08.102. Epub 2018 Aug 8. PMID: 30104017.
- [29] Mason SA, Welch VG, Neratko J. Synthetic Polymer Contamination in Bottled Water. *Front Chem*. 2018 Sep 11;6:407. doi: 10.3389/fchem.2018.00407. PMID: 30255015; PMCID: PMC6141690.
- [30] Yang D, Shi H, Li L, Li J, Jabeen K, Kolandhasamy P. Microplastic Pollution in Table Salts from China. *Environ Sci Technol*. 2015 Nov 17;49(22):13622-7. doi: 10.1021/acs.est.5b03163. Epub 2015 Nov 2. PMID: 26486565.
- [31] Liebezeit G, Liebezeit E. Non-pollen particulates in honey and sugar. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*. 2013;30(12):2136-40. doi: 10.1080/19440049.2013.843025. Epub 2013 Oct 28. PMID: 24160778.
- [32] Liebezeit G, Liebezeit E. Synthetic particles as contaminants in German beers. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*. 2014;31(9):1574-8. doi: 10.1080/19440049.2014.945099. Epub 2014 Aug 11. PMID: 25056358.
- [33] Lisbeth Van Cauwenberghe, Colin R. Janssen, Microplastics in bivalves cultured for human consumption, *Environmental Pollution*, Volume 193, 2014, Pages 65-70, ISSN 0269-7491, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.06.010>.
- [34] Al-jaibachi, Rana & Cuthbert, Ross & Callaghan, Amanda. (2018). Up and away: Ontogenic transference as a pathway for aerial dispersal of microplastics. *Biology letters*. 14. 10.1098/rsbl.2018.0479.
- [35] Julia Carlin, Casey Craig, Samantha Little, Melinda Donnelly, David Fox, Lei Zhai, Linda Walters, Microplastic accumulation in the gastrointestinal tracts in birds of prey in central

Florida, USA, Environmental Pollution, Volume 264, 2020, 114633, ISSN 0269-7491, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114633>.

[36] Gea Oliveri Conti, Margherita Ferrante, Mohamed Banni, Claudia Favara, Ilenia Nicolosi, Antonio Cristaldi, Maria Fiore, Pietro Zuccarello, Micro- and nano-plastics in edible fruit and vegetables. The first diet risks assessment for the general population, Environmental Research, Volume 187, 2020, 109677, ISSN 0013-9351, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109677>.

[37] Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks Mark Anthony Browne, Phillip Crump, Stewart J. Niven, Emma Teuten, Andrew Tonkin, Tamara Galloway, and Richard Thompson. Environmental Science & Technology 2011 45 (21), 9175-9179 DOI: 10.1021/es201811s

[38] Dris R, Gasperi J, Mirande C, Mandin C, Guerrouache M, Langlois V, Tassin B. A first overview of textile fibers, including microplastics, in indoor and outdoor environments. Environ Pollut. 2017 Feb;221:453-458. doi: 10.1016/j.envpol.2016.12.013. Epub 2016 Dec 16. PMID: 27989388.

[39] Penelope K. Lindeque, Matthew Cole, Rachel L. Coppock, Ceri N. Lewis, Rachael Z. Miller, Andrew J.R. Watts, Alice Wilson-McNeal, Stephanie L. Wright, Tamara S. Galloway, Are we underestimating microplastic abundance in the marine environment? A comparison of microplastic capture with nets of different mesh-size, Environmental Pollution, Volume 265, Part A, 2020, 114721, ISSN 0269-7491, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114721>.

[40] Cox KD, Covernton GA, Davies HL, Dower JF, Juanes F, Dudas SE. Human Consumption of Microplastics. Environ Sci Technol. 2019 Jun 18;53(12):7068-7074. doi: 10.1021/acs.est.9b01517. Epub 2019 Jun 5. Erratum in: Environ Sci Technol. 2020 Sep 1;54(17):10974. PMID: 31184127.

[41] Plastic Soup Foundation, 2022. Do clothes make us sick? Fashion, fibres, and Human health; Available from: <https://www.plasticsoupfoundation.org/wp-content/uploads/2022/10/Do-clothes-make-us-sick-Fashion-fibers-and-human-health-PSF2022-.pdf>.

[42] The Great Nurdle Hunt. Tackling worldwide nurdle pollution <https://www.nurdlehunt.org.uk/the-problem.html#prob>. Accessed at December 10, 2022

[43] OECD (2021), Policies to Reduce Microplastics Pollution in Water: Focus on Textiles and Tyres, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/7ec7e5ef-en>.

[44] Edgar Hernandez, Bernd Nowack, Denise M. Mitrano. Polyester Textiles as a Source of Microplastics from Households: A Mechanistic Study to Understand Microfiber Release During Washing. Environmental Science & Technology 2017 51 (12), 7036-7046. DOI: 10.1021/acs.est.7b01750

[45] Manshoven, Saskia & Smeets, Anse & Tenhunen-Lunkka, Anna & Mortensen, Lars & Malarciuc, Christian. (2022). Microplastic pollution from textile consumption in Europe. Available from: <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-ce/products/etc-ce-products/etc-ce-report-1-2022-micr>

[oplastastic-pollution-from-textile-consumption-in-europe/@@download/file/ETC_microplastics%20and%20textiles.pdf](https://www.researchgate.net/publication/354000000/microplastic-pollution-from-textile-consumption-in-europe/@@download/file/ETC_microplastics%20and%20textiles.pdf)

[46] Iyare, Paul & Ouki, Sabeha & Bond, Tom. (2020). Microplastics removal in wastewater treatment plants: A critical review. Environmental Science: Water Research & Technology. 6. 10.1039/D0EW00397B.

[47] Coalition Clean Baltic, 2017. Concrete ways to reduce microplastics in stormwater and waste water. Available from:
<https://www.ccb.se/publication/guidance-on-concrete-ways-to-reduce-microplastics-in-storm-water-and-sewage>

[48] Ellen Macarthur Foundation, Fashion and the circular economy
<https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/explore/fashion-and-the-circular-economy>.
Accessed at January 12, 2023

[49] ThredUp, 2022. Resale report; Available from:
<https://www.thredup.com/resale/#size-and-impact>. Accessed at ??

[50] Zamani, B., Sandin, G. and Peters, G., 2017. Life cycle assessment of clothing libraries: can collaborative consumption reduce the environmental impact of fast fashion?, Journal of Cleaner Production 162, 1368– 1375.

[51] Farrant, L., et al., 2010. Environmental benefits from reusing clothes, The International Journal of Life Cycle Assessment 15(7), pp. 726-736 (DOI: 10.1007/s11367-010-0197-y).

[52] Wrap, 2017. Valuing Our Clothes: the cost of UK fashion; Available from:
https://wrap.org.uk/sites/default/files/2020-10/WRAP-valuing-our-clothes-the-cost-of-uk-fashion_WRAP.pdf

[53] Imogen E. Napper, Aaron C. Barrett, Richard C. Thompson, The efficiency of devices intended to reduce microfibre release during clothes washing, Science of The Total Environment, Volume 738, 2020, 140412, ISSN 0048-9697,
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140412>.

[54] Erdle, Lisa & Nouri Parto, Dorsa & Sweetnam, David & Rochman, Chelsea. (2021). Washing Machine Filters Reduce Microfiber Emissions: Evidence From a Community-Scale Pilot in Parry Sound, Ontario. Frontiers in Marine Science. 8. 10.3389/fmars.2021.777865

[55] Matter, Research initiative on recycling microfibers
<https://matter.industries/matter-materials>. Accessed at December 21, 2022

[56] Plus one, Washing machines will be able to filter out microplastics
<https://plus-one.rbc.ru/ecology/stiralnye-mashiny-s-filtratsiey-mikroplastika>. Accessed at December 21, 2022

[57] Grundig, How to use the Microfiber Filter in your Grundig Washing Machine?
https://www.youtube.com/watch?v=dZETgYwbvE&ab_channel=Grundig. Accessed at December 21, 2022

[58] Grundig, FiberCatcher
<https://www.grundig.com/fibercatcher>. Accessed at December 21, 2022

[59] Electrolux Group, Electrolux launches microplastic filter
<https://www.electroluxgroup.com/en/electrolux-launches-microplastic-filter-to-help-tackle-rising-tide-of-plastic-pollution-34151/>. Accessed at December 21, 2022

[60] Microfiber Release to Water, Via Laundering, and to Air, via Everyday Use: A Comparison between Polyester Clothing with Differing Textile Parameters
Francesca De Falco, Mariacristina Cocca, Maurizio Avella, and Richard C. Thompson.
Environmental Science & Technology 2020 54 (6), 3288-3296 DOI:
10.1021/acs.est.9b06892

[61] United Nations Environment Programme. The resumed session of UNEA-5 (UNEA-5.2).
<https://www.unep.org/environmentassembly/unea-5.2>. Accessed at January 12, 2023

[62] United Nations Environment Programme. Historic day in the campaign to beat plastic pollution: Nations commit to develop a legally binding agreement.
<https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/historic-day-campaign-beat-plastic-pollution-nations-commit-develop>. Accessed at January 12, 2023

[63] United Nations Environment Programme. What you need to know about the plastic pollution resolution.
<https://www.unep.org/news-and-stories/story/what-you-need-know-about-plastic-pollution-resolution>. Accessed at January 12, 2023

[64] Resolution adopted by the United Nations Environment Assembly on 2 March 2022
5/14. End plastic pollution: towards an international legally binding instrument
<https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/39764/END%20PLASTIC%20POLLUTION%20-%20TOWARDS%20AN%20INTERNATIONAL%20LEGALLY%20BINDING%20INSTRUMENT%20-%20English.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

[65] Société Générale de Surveillance, 2022. New Environmental Labeling Decree in France. Available from:
<https://www.sgs.com/en/news/2022/05/safeguards-05822-new-environmental-labeling-decree-in-france> Accessed at January 12, 2023

[66] Prévention des pollutions, des risques et des nuisances (Articles L541-10 à L541-10-17), 2021; Available from:
https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000041599086/

[67] Intertek. French AGECE Law.
<https://www.intertek.com/consumer/insight-bulletins/decree-n-2022-748-issued/>. Accessed at January 12, 2023

[68] Apparel Insider. France laws to target microplastic waste.
<https://apparelinsider.com/france-laws-to-target-microplastic-waste/>. Accessed at January 12, 2023

[69] Ocean Clean Wash, 2021. Australia and California join the fight against microfibers from clothes; Available from:
<https://www.oceancleanwash.org/2021/03/australia-and-california-join-the-fight-against-microfibers-from-clothes/>. Accessed at January 12, 2023

[70] Open States. Washing machines: microfiber filters: state laundry facilities: pilot program. <https://openstates.org/ca/bills/20192020/AB1952/>. Accessed at January 12, 2023

[71] California Globe. Environmental Regulations For California Owned Washing Machines Under AB 1952. <https://californiaglobe.com/articles/environmental-regulations-for-california-washing-machines-under-ab-1952/>. Accessed at January 12, 2023

[72] Australian Government. Department of Agriculture, Water and Environment, 2021. National Plastic Plan 2021; Available from: <https://www.dcceew.gov.au/sites/default/files/documents/national-plastics-plan-2021.pdf>.

[73] Nature Communications. Examples of current regulations for polymers, additives and primary microplastics around the globe. <https://www.nature.com/articles/s41467-020-19069-1/tables/1>.

[74] European Commission. Microplastics. https://environment.ec.europa.eu/topics/plastics/microplastics_en. Accessed at January 12, 2023

[75] Make the Label Count. <https://www.makethelabelcount.org/>. Accessed at January 12, 2023

[76] Tekstilrevolutionen, 2022. Microplastics Why should we care? Available from: <https://www.tekstilrevolutionen.dk/publikationer/>. Accessed at January 12, 2023

[77] Vahvaselkä, M. & Winqvist, E. 2021. Existing and emerging technologies for microplastics removal: Review report of the FanPLESStic-sea project. Natural resources and bioeconomy studies 81/2021. Natural Resources Institute Finland. Helsinki. 34 p

[78] Zöhre Kurt, Irmak Özdemir, Arthur M. James R., Effectiveness of microplastics removal in wastewater treatment plants: A critical analysis of wastewater treatment processes, Journal of Environmental Chemical Engineering, Volume 10, Issue 3, 2022.

[79] Jing Sun, Xiaohu Dai, Qilin Wang, Mark C.M. van Loosdrecht, Bing-Jie Ni, Microplastics in wastewater treatment plants: Detection, occurrence and removal, Water Research, Volume 152, 2019, Pages 21-37, ISSN 0043-1354, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.12.050>.

[80] Habib, R. , Thiemann, T. and Al Kendi, R. (2020) Microplastics and Wastewater Treatment Plants—A Review. *Journal of Water Resource and Protection*, **12**, 1-35. doi: 10.4236/jwarp.2020.121001.

[81] NABU, 2021. Plastics in Soils; Available from: https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/konsumressourcenmuell/2021_factsheet_nabu_plastics_soils_english.pdf.

[82] Poerio T, Piacentini E, Mazzei R. Membrane Processes for Microplastic Removal. *Molecules*. 2019 Nov 15;24(22):4148. doi: 10.3390/molecules24224148. PMID: 31731829; PMCID: PMC6891368.

- [83] Ziajahromi S, Neale PA, Rintoul L, Leusch FD. Wastewater treatment plants as a pathway for microplastics: Development of a new approach to sample wastewater-based microplastics. *Water Res.* 2017 Apr 1;112:93-99. doi: 10.1016/j.watres.2017.01.042.
- [84] Talvitie J, Mikola A, Koistinen A, Setälä O. Solutions to microplastic pollution - Removal of microplastics from wastewater effluent with advanced wastewater treatment technologies. *Water Res.* 2017 Oct 15;123:401-407. doi: 10.1016/j.watres.2017.07.005.
- [85] Nguyen ML, Nakhjiri AT, Kamal M, Mohamed A, Algarni M, Yu ST, Wang FM, Su CH. State-of-the-Art Review on the Application of Membrane Bioreactors for Molecular Micro-Contaminant Removal from Aquatic Environment. *Membranes (Basel)*. 2022 Apr 15;12(4):429. doi: 10.3390/membranes12040429. PMID: 35448399; PMCID: PMC9032214.
- [86] Lares M, Ncibi MC, Sillanpää M, Sillanpää M. Occurrence, identification and removal of microplastic particles and fibers in conventional activated sludge process and advanced MBR technology. *Water Res.* 2018 Apr 15;133:236-246. doi: 10.1016/j.watres.2018.01.049.
- [87] Matin Funck, Mohammed S.M Al-Azzawi, Aylin Yildirim, Oliver Knoop, Torsten C. Schmidt, Jörg E. Drewes, Jochen Tuerk, Release of microplastic particles to the aquatic environment via wastewater treatment plants: The impact of sand filters as tertiary treatment, *Chemical Engineering Journal*, Volume 426, 2021, 130933, <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.130933>.
- [88] Ana Pilar Martín-García, Ágata Egea-Corbacho, Ana Amelia Franco, Gemma Albendín, Juana María Arellano, Rocío Rodríguez-Barroso, María Dolores Coello, José María Quiroga, Application of intermittent sand and coke filters for the removal of microplastics in wastewater, *Journal of Cleaner Production*, Volume 380, Part 1, 2022, 134844, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134844>.
- [89] Radhakrishnan Yedhu Krishnan, Sivasubramanian Manikandan, Ramasamy Subbaiya, Natchimuthu Karmegam, Woong Kim, Muthusamy Govarthan, Recent approaches and advanced wastewater treatment technologies for mitigating emerging microplastics contamination – A critical review, *Science of The Total Environment*, Volume 858, Part 1, 2023, 159681, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159681>.
- [90] Directive (EU) 2018/851 amending Directive 2008/98/EC on Waste (the WFD). Available from: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/851>.
- [91] Communication from the Commission to the European parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, A new Circular Economy Action Plan, For a cleaner and more competitive Europe. Brussels, 11.3.2020 (COM/2020/98 final).
- [92] Communication from the Commission to the European parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. The European Green Deal. Brussels, 11.12.2019 (COM/2019/640 final).
- [93] Köhler, A., Watson, D., Trzepacz, S., Löw, C., Liu, R., Danneck, J., Konstantas, A., Donatello, S. and Faraca, G., Circular Economy Perspectives in the EU Textile sector, EUR 30734 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2021, ISBN 978-92-76-38646-9, doi:10.2760/858144, JRC125110.

[94] David Watson, Kerli Kant Hvass, Harri Moora, Kristiina Martin, Viktorija Nausédé, Inga Gurauskiene and Dace Akule. 2020. Post-consumer textile circularity in the Baltic countries. Current status and recommendations for the future; Available from: <https://www.norden.org/en/publication/post-consumer-textile-circularity-baltic-countries>.

[95] Circle Economy, EigenDraads, Fashion for Good, 2022. Sorting for circularity Europe: an evaluation and commercial assessment of textile waste across Europe; Available from: <https://reports.fashionforgood.com/report/sorting-for-circularity-europe/>.

[96] Hartline, N.L. et al., 2016. Microfiber Masses Recovered from Conventional Machine Washing of New or Aged Garments. Environmental Science and Technology, 50(21), pp.11532–11538.

[97] Åström, L., 2016. Shedding of synthetic microfibres from textiles. Gothenburg University. Available from: <https://dokumen.tips/documents/shedding-of-synthetic-microfibers-from-textiles-shedding-of-fibers-is-a-relatively.html?page=1>.

[98] Pirc, U. et al., 2016. Emissions of microplastic fibres from microfiber fleece during domestic washing. Environmental Science and Pollution Research, 23(21), pp.22206–22211.

[99] Plastic in textiles: potentials for circularity and reduced environmental and climate impacts, Eionet Report - ETC/WMGE 2021/1;

[100] Notes from workshop on Microplastics from Synthetic Textiles: Knowledge, Mitigation, and Policy Supported by the Government of Sweden Summary note, 2020;

[101] Mermaids. Ocean Clean wash, 2019. Handbook for zero microplastics from textiles and laundry; Available from: <https://www.oceancleanwash.org/wp-content/uploads/2019/08/Handbook-for-zero-microplastics-from-textiles-and-laundry-developed.pdf>.

[102] Sandra Roos, Oscar Levenstam Arturin, Anne-Charlotte Hanning, 2017. Microplastics shedding from polyester fabrics, ISBN: 978-91-88695-00-0; Available from: <http://mistrafuturefashion.com/wp-content/uploads/2017/06/MFF-Report-Microplastics.pdf>.