

Fanplesstic-sea



Проектная история
FanPLESStic-sea
«Балтийское море без
микропластика»



СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. О проекте Fanplesstic-sea	5
1.1. Общая информация	5
1.2. Методы отбора и обработки проб, использованные в рамках проекта	7
2. Системный взгляд на загрязнение окружающей среды микропластиком	8
2.1. Обзор существующих стратегий, законодательства и исследований в области микропластика.....	8
2.2. Источники микропластика. Модель для расчета потоков микропластика в городской среде	11
2.2.1. Микропластик в сточных водах	11
2.2.2. Микропластик в ливневых водах	15
2.2.3. Другие источники	19
2.2.4. Инструмент расчета попадания микропластика в окружающую среду от различных источников	21
2.3. Микропластик в окружающей среде	22
3. Обзор существующих технологий по извлечению микропластика	25
3.1. Извлечение микропластика в процессе очистки сточных вод	25
3.2. Очистка ливневого стока	26
3.3. Технологии фильтрации	26
3.4. Химические методы	27
3.5. Биологические методы	28
3.6. Методы с использованием растительности	29
3.7. Сравнение различных технологий по удалению микропластика	29
4. Пилотные установки по удалению микропластика	31
4.1. Тростниковый фильтр для очистки талых вод	31
4.2. Фильтрующее оборудование для талой воды	32
4.3. Система ветландов для стока с очистных сооружений	33
4.4. Система ветландов для очистки ливневой воды	35
4.5. Установка для очистки ливневой воды	36
5. Создание потенциала для смягчения проблемы загрязнения окружающей среды микропластиком	37
5.1. Распространение информации	37
5.2. Microplastics Alliance	40

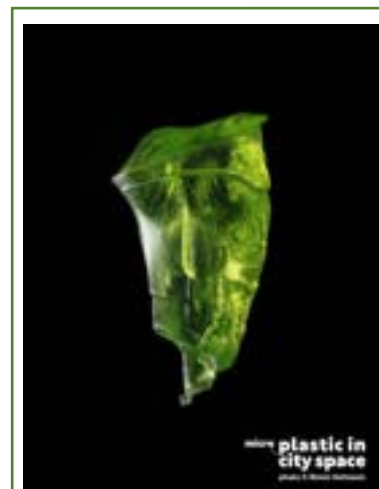


Введение

О негативных последствиях использования пластика ученые говорят уже давно, можно сказать с начала его массового производства и распространения (60-е года XX века). Однако до недавнего времени, если внимание вопросу загрязнения среды пластиком и уделялось, то скорее на уровне крупного мусора, к вопросу же загрязнения среды микропластиком мы подошли сравнительно недавно.

В 2004 году группа английских ученых во главе с Ричардом Томпсоном провели изучение грунтов пляжей и донных отложений прибрежной части Плимута (Англия). При этом они обнаружили множество мелких частиц, представленных искусственно созданными полимерами, большинство из них - это синтетические волокна. Тогда в своей статье «Lost at Sea: Where is all the plastic?»¹ Ричард Томпсон впервые предположил, что пластиковый мусор, попавший в океан, не разлагается, а распадается на мелкие кусочки и продолжает существовать в окружающей нас среде. Эта статья считается первым упоминанием термина «микропластик», который и сейчас используется для обозначения пластиковых частиц размером менее 5 мм.

В настоящее время посчитать точное количество микропластика, содержащегося в окружающей среде, невозможно, поэтому основные усилия направлены на изучение путей и объемов его попадания и дальнейшее поведение в природной среде. По происхождению принято



Частичка детской игрушки

Реальный размер: 2,9 мм
Материал: полиолефин
(полиэтилен, полипропилен).



Изоляционный материал для автомобиля

Реальный размер: 2,99 мм
Материал: углеводородные полимеры.

различать два вида микропластика: первичный и вторичный. Первичный микропластик представляет собой пластиковые гранулы, которые изначально производятся и используются размером не более 5 мм, вторичный - образуется в результате распада крупных пластиковых предметов под действием внешних факторов. Основными источниками загрязнения микропластиком на суше являются: косметика и средства гигиены, текстиль и одежда (синтетические волокна), наземный транспорт (пыль от шин, изоляционные материалы) и производители, распространители пластика (полимерные гранулы, используемые при его производстве продукции из пластмассы). Источники в море – это, в основном, рыбодобывающая отрасль и судоходство.²

Датой общемирового принятия проблемы загрязнения окружающей среды микропластиком, а соответственно и толчком массового развития исследований в этой сфере, можно считать 2010 год, когда вопросом заинтересовались крупнейшие научные организации. Например, группа экспертов по научным аспектам защиты морской среды Организации Объединенных Наций – ГЕСАМП выпустила публикацию «Материалы международного семинара ГЕСАМП: частицы микропластика как переносчик

¹ «Потерянный в море: где весь этот пластик?»

² Пластиковый мусор и микропластик в Мировом океане. Глобальное предостережение и исследование, призыв к действиям и руководство по изменению направления политики. ЮНЕП, 2016, Найроби/UNEP (2016). Marine plastic debris and microplastics – Global lessons and research to inspire action and guide policy change. United Nations Environment Programme, Nairobi.



Рыболовная сеть

Реальный размер:
ширина узла - 0,71 мм
Материал: нейлон.

стойких и токсичных веществ, способных к биоаккумуляции в океанах (28-30 июня 2010 года, Париж)». Уже в 2016 году вышел в свет большой всеобъемлющий доклад «Пластиковый мусор и микропластик в океане. Глобальное предостережение и исследование, призыв к действиям и руководство по изменению направления политики» (ЮНЕП), в котором рассмотрены все основные, известные на тот момент аспекты, связанные с присутствием микропластика в водной среде.

Последние годы помимо общих исследований количественного и качественного состава микропластика, путей его попадания возрастает количество работ, рассматривающих непосредственно уже практические методы и технологии его удаления, извлечения. Так, уже в 2020 году Программой ООН по окружающей среде был опубликован отчет «Воды, загрязненные пластиком и микропластиком: обзор технических решений от источника к морю».

Балтийское море в силу своего географического положения также испытывает на себе существенное антропогенное воздействие, в том числе, через загрязнение прибрежных территорий и акватории пластиковым мусором. Так, начиная с 2014 года Хельсинская комиссия по защите морской среды Балтийского моря (ХЕЛКОМ) неоднократно указывала на необходимость проведения исследований поступления микропластика с суши, его количественного содержания в морской среде и изучению способов, технологий, предотвращающих загрязнение морской среды этим видом мусора. С 2019 года при поддержке программы «Интеррег. Регион Балтийского моря» 11 партнерских организаций из 8 стран региона Балтийского моря объединились для реализации проекта FanpLESStic-sea «Инициатива по удалению микропластика до его попадания в Балтийское море», который направлен на изучение путей попадания микропластика в море, а также оценку существующих и потенциальных технологий по его извлечению. Настоящий отчет подготовлен ГАУ КО «ЕКАТ» в рамках проекта FanpLESStic-sea и содержит информацию об основных результатах и выводах проделанной работы.



Кухонная губка

Реальный размер: 3,86 мм
Материал: полиэстер,
нейлон.

1. О ПРОЕКТЕ FANPLESSTIC-SEA

1.1. Общая информация

Полное название проекта: Инициатива по удалению микропластика до его попадания в Балтийское море

Акроним: FanpLESStic-sea

Срок реализации: январь 2019 – декабрь 2021

Бюджет проекта: 2.97 млн. евро

Главный партнер, осуществляющий общее администрирование проектом: Шведский институт водных исследований (SWR), www.swedenwaterresearch.se/en/projekt/fanplesstic-2.



Партнеры проекта:

- Шведский институт водных исследований (SWR)
- Университет Оольборга (AAU)
- Водоканал г. Гданьска (GIWK)
- Станция водоподготовки в г. Гданьск (GW)
- Шяуляйская торгово-промышленно-ремесленная палата (SCCIC)
- Латвийский институт водной экологии (LIAE)
- Комиссия по защите морской среды Балтийского моря (HELCOM)
- Финский институт природных ресурсов (Luke)
- Технологический университет Лулео (LTU)
- Консалтинговая фирма Salt Lofoten As (SALT)
- Государственное автономное учреждение Калининградской области «Экологический центр «ЕКАТ-Калининград» (ECAT)

Основные цели проекта:

- рассмотреть текущие исследовательские и законодательные инициативы с точки зрения предотвращения загрязнения морской среды микропластиком;
- изучить ряд источников поступления микропластика в Балтийское море: с помощью лабораторных исследований оценить количественные и качественные характеристики загрязнения;
- изучить возможные технологические решения по предотвращению попадания микропластика в морскую среду, оценить существующие технологии и разработать возможные инвестиционные проекты для реализации таких решений;
- повысить осведомленность общественности, а также лиц, принимающих решения, для обеспечения дальнейшей эффективной работы по предотвращению загрязнения окружающей среды микропластиком.

Для достижения поставленных целей проект предусматривает четыре рабочих пакета: **общее управление проектом, обзор системы загрязнения окружающей среды микропластиком, технологии по извлечению микропластика, создание потенциала для смягчения проблемы.** Каждый рабочий пакет включает в себя ряд тематических мероприятий по указанным направлениям.



По итогам реализации проекта были достигнуты следующие результаты:

- Составлен обзор политик и исследований, связанных с загрязнением окружающей среды микропластиком на различных уровнях;
 - Подготовлена карта модельного региона с потоками микропластика, которая потенциально может быть применима к городам региона Балтийского моря;
 - Проведены научно обоснованные исследования количественного и качественного состава микропластика, поступающего в Балтийского море из различных источников;
 - Составлен обзор существующих и потенциальных технологий удаления микропластика;
 - Разработаны методы взаимодействия с целевыми аудиториями, проведены мероприятия по повышению осведомленности общественности;
 - Создан «Micoplastics Alliance» - карта организаций, вовлеченных в деятельность, связанную с изучением, анализом и решением проблемы загрязнения среды микропластиком.

1.2. Методы отбора и обработки проб, использованные в рамках проекта

Одним из основополагающих мероприятий проекта является эмпирическое определение количества и видов микропластика, поступающего в Балтийское море от различных источников. Создание инструментальной базы для проведения таких исследований проводилось экспертами Оольборгского университета (Дания). В основу исследований легла методика, разработанная в рамках ранее реализованного международного проекта BASEMAN³.

Так, для отбора проб применялось специально подготовленное оборудование – универсальный фильтрующий объект UFO (Universal filtering object). Каждый партнер, используя инструкцию разработчиков, отбирал пробы в обозначенном источнике и передавал их в лабораторию Оольборгского университета, где проводились обработка и анализ проб. Всего за время проекта было собрано и обработано 43 пробы. До получения результатов, пригодных для финального анализа, каждая проба проходит 11 этапов лабораторной обработки и около 5 промежуточных фильтраций между некоторыми из этапов.

Изучение содержания большинства частиц микропластика в пробах осуществлялось путем инфракрасной спектроскопии с фурье-преобразованием (μ FTIR). Однако, данный метод не подходит для определения частиц шин, образующихся при их стирании, из-за их цвета. Для этой цели использовался метод Пиролиз – газовой хроматографии – масс-спектрометрии (Py-GCMS).



³ BASEMAN – европейский исследовательский проект, направленный на создание единой методики исследований микропластика для развития потенциальных инструментов мониторинга. Проект был реализован в 2016-2018 годах совместной программной инициативой «Здоровые и продуктивные моря и океаны» (The Joint Programming Initiative Healthy and Productive Seas and Oceans - JPI Oceans).

2. СИСТЕМНЫЙ ВЗГЛЯД НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

2.1. Обзор существующих стратегий, законодательства и исследований в области микропластика

В декабре 2019 года вышел отчет «Обзор существующих стратегий, законодательства и исследований в области микропластика», подготовленный Хельсинской комиссией по защите морской среды Балтийского моря (ХЕЛКОМ) при поддержке партнеров проекта FanpLESStic-sea. Данный отчет подготовлен в двух вариантах: полный и краткий обзор, последний был переведен на русский язык.



Отчет разделен на две части. Первая часть освещает вопросы политических и законодательных инициатив, которые взаимосвязаны с проблемой загрязнения среды микропластиком и могли бы в дальнейшем способствовать ее решению. Вторая часть посвящена текущим исследованиям по микрозагрязнителям, включая микропластик. Информация в обеих частях представлена в зависимости от географического охвата: глобальный, региональный (регион Балтийского моря), европейский и национальный.

Информация о глобальных инициативах была подготовлена на основании открытых источников, тогда как информация на уровне стран региона собиралась через опрос партнеров проекта и соответствующих заинтересованных сторон. Краткое резюме этого документа:

- На высшем уровне нет официальных соглашений и инструментов, которые поднимали бы проблему загрязнения среды микропластиком отдельным вектором. Данный вопрос, в большинстве случаев, рассматривается как следствие загрязнения среды крупным мусором и, таким образом, отмечает лишь вторичный микропластик, тогда как первичный остается вне фокуса. Исключением являются некоторые наработки Ассамблеи ООН по окружающей среде.

- На уровне региона Балтийского моря важнейшим инструментом является Региональный план действий ХЕЛКОМ по морскому мусору, который регулярно обновляется (последнее обновление было в 2021 году). Он включает в себя, среди прочего, специальные мероприятия, направленные на сокращение поступления микропластика из различных источников, в том числе, сточных и ливневых вод.

- Европейский союз имеет широкий спектр инструментов, напрямую или косвенно направленных на проблему загрязнения морской среды пластиковым мусором. Такие инструменты включают несколько Директив и Стратегий. Например, Рамочная директива по морской стратегии (Marine Strategy Framework Directive (MSFD)), Директива об отходах (the Waste Directive), Директива об одноразовом пластике (Single-Use Plastics Directive (SUP)), Директива о портовых приемных сооружениях для борьбы с морским мусором. Кроме того, в рамках перехода к циркулярной экономике была разработана Стратегия по пластику, частью которой и является SUP.

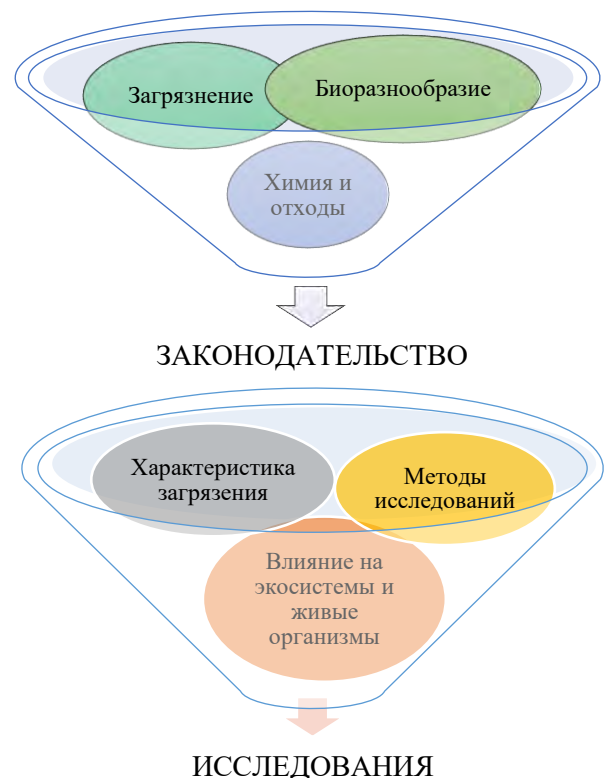
- В результате обзора национальных политик выявлено, что среди стран Балтийского моря только в Швеции принят закон о запрете на добавление микропластика в смываемую косметику. Другие страны, например, Дания, Финляндия и Польша уже инициировали процессы по регулированию добавленного микропластика в косметические средства. В части вторичного микропластика существует несколько действующих и планируемых стратегий и законов, которые фокусируются на вопросах использования пластика в Финляндии, Польше и России. Помимо вышеперечисленных, в регионе Балтийского моря встречаются соответствующие законы и рекомендации в части использования искусственных газонов (Дания и Швеция), ливневого стока, в том числе с дорог (Финляндия, Литва, Норвегия, Польша, Россия и Швеция). Такие законы и инициативы, в частности по ливневым водам, не фокусируются на проблеме микропластика, но могут упоминать его в совокупности с другими загрязнителями.

Все виды законодательных актов и инициатив если и рассматривают проблему загрязнения среды микропластиком, то с трех точек зрения: микропластик непосредственно как часть загрязнителей окружающей среды, как продукт химической промышленности и как фактор сокращения биоразнообразия (главным образом из-за гибели животных от пластикового мусора).

В области научных исследований проблемы следует отметить существенный рост работ на указанную тему за последние несколько лет. В связи с этим в отчете представлены только крупнейшие труды, например, обзор публикаций ГЕСАМП – объединенной группы экспертов по научным аспектам защиты морской среды (является консультативным органом Организации Объединенных Наций), отчеты Международного союза охраны природы (МСОП).

Следует отметить, что исследования проблемы загрязнения окружающей среды микропластиком проводятся по трем основным направлениям:

- Микропластик - загрязнитель окружающей среды. Исследуются источники его поступления, количественные характеристики. В последнее время также ведется учет поведения и перемещений микропластика в среде.
- Изучение методов исследований. Отсутствие единой методики исследований микропластика приводят к невозможности сравнения результатов таких исследований. Кроме



того, это так же затрудняет разработку методов мониторинга и внедрения соответствующих технологий.

- Влияние частиц микропластика на живые организмы и экосистемы в целом. Несмотря на то, что сами по себе частицы являются нейтральными, они могут накапливать на своей поверхности вредные вещества и служить переносчиком таких веществ, а также вирусов и бактерий.

На уровне региона Балтийского моря существует две работы: результат проекта HELCOM SPICE по региональным исследованиям микромусора и сборник исследований по микропластику в северной биоте (Северный Совет). Что касается биоты, наиболее часто изучаемыми видами рыб в регионе Балтийского моря являются треска, атлантическая и балтийская сельдь, европейская килька и голубые мидии.

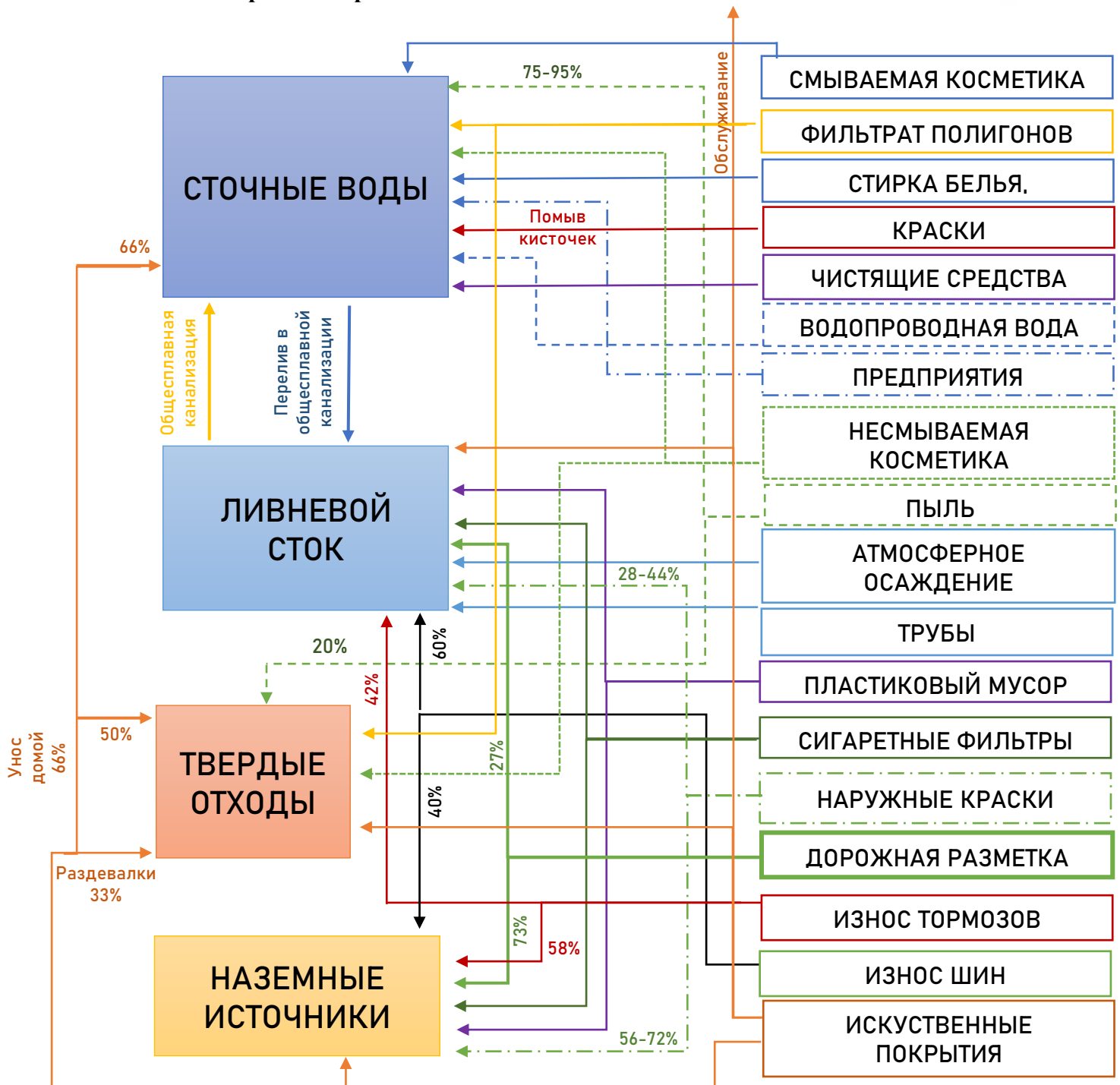
Европейская комиссия также подготовила ряд отчетов, связанных с морским мусором и микропластиком: два отчета по добавленному микропластику (первичный микропластик) и непреднамеренно образованному микропластику (вторичному). В частности, по первичному микропластику отчеты фокусируются на таких источниках, как косметические средства и продукты гигиены, моющие средства, промышленные абразивы и т.д. Кроме того, Европейский союз проводит исследования, связанные с рисками для здоровья из-за присутствия микропластика и нанопластика.

В последние несколько лет на национальных уровнях также ведутся различные исследования по нескольким категориям: источники микропластика, микропластик на очистных сооружениях, микропластик от автопокрышек, дорожной пыли и дождевого стока, микропластик в питьевой воде.

Первая категория – источники микропластика: подобного рода работы были проведены в Дании, Германии, Норвегии, Швеции и Финляндии. Следующая категория – исследования, связанные с микропластиком на очистных сооружениях и возможностью его удержания на очистных, осуществлялись в Дании, Финляндии, Германии, Норвегии, Польше, России и Швеции. Согласно проведенным исследованиям современные очистные сооружения с использованием технологий доочистки способны улавливать до 95-99% микропластика. Однако, из-за значительных объемов сточных вод такие инфраструктурные объекты продолжают оставаться крупным источником поступления микропластика в водную среду. Третья категория – исследования поступления микропластика от автомобильных покрышек и дорожной пыли. Подобные исследования были проведены в Норвегии, проводятся в Дании, Финляндии, Германии, Норвегии и Швеции.



2.2. Источники микропластика. Модель для расчета потоков микропластика в городской среде



2.2.1. Микропластик в сточных водах

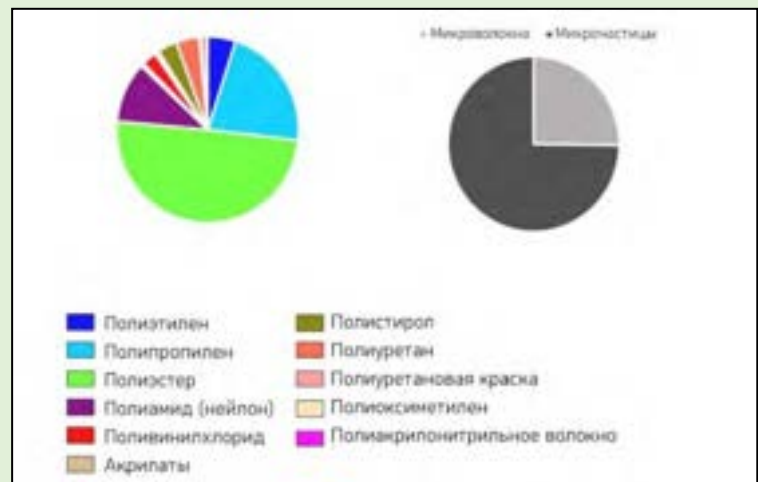
Основными источниками поступления микропластика в сточные воды являются отдельные домохозяйства и предприятия.

Водопроводная вода. В данном отчете водопроводная вода рассматривается как источник поступления микропластика в сточные воды. Микропластик в питьевой воде может встречаться в результате недостаточной очистки или его попадания в процессе очистки и транспортировки. В 2019 году было предположено, что микропластик также попадает в водопроводную воду от

пластиковых труб, однако эксперимент, исследовавший воду до и после прохождения через 5 км полиэтиленовых труб, не выявил качественных или количественных изменений.

Оценка содержания микропластика в воде, используемой для питьевых целей

В рамках проекта был осуществлен отбор проб воды на входе на станцию водоподготовки в одном из городов Польши. По итогам анализа содержание микропластика в такой воде составляет 184 частиц на м³, что равно 16 мг/м³. При чем наибольшая доля микропластика представлена микрочастицами, в качественном отношении преобладают полиэстер, полипропилен и полиамид.



Результаты исследований воды на входе на станцию водоподготовки

Источники микропластика от отдельных домохозяйств.

Стирка белья, прачечные. Микропластик попадает в сточные воды в результате стирки синтетических тканей. Данные о количестве такого микропластика сильно варьируются от одного исследования к другому. Сток микропластика с прачечных может быть рассчитан по формуле:

$$E_{\text{laundry}} = (T_{\text{washed}} * S_{\text{share}}) * EF$$

T_{washed} – количество стираемого белья в кг на душу населения в год

S_{share} – процент синтетики в стираемой одежде

EF – фактор выделения, основанный на научных данных. Например, в последних экспериментальных исследованиях, имитирующих весь процесс стирки белья, был получен фактор выделения для полиэстера, равный 33-399 мг/кг. На данный момент эти значения могут использоваться и для других синтетических волокон. Однако стоит учитывать и частные факторы, например, пропилен выделяет меньше волокон, чем полиэстер, акрил – больше. Кроме того, вязанный полиэстер выделяет меньше микропластика, чем акрил.

Наиболее распространенные полимеры, попадающие в среду в результате стирки белья – полиэстер, акрил и полиамид.

Осаждаемая пыль. Существует несколько исследований по содержанию микропластика в осаждаемой домашней пыли. На основе доступных исследований были обозначены несколько факторов, влияющих на количество микропластика в пыли, один из них - скорость осаждения.

Расчет количества микропластика от осаждаемой пыли может быть рассчитано по формуле:

$$MP = Dust_{\text{dep}} * S_{\text{shape}}$$

$Dust_{\text{dep}}$ – количество частиц, осаждаемых на м² в год

S_{shape} – процент синтетических частиц.

Микропластик, осаждаемый с пылью, в итоге попадает как в сточные воды, так и в состав твердых коммунальных отходов. Установлено, что около 79-95% микропластика удаляется во время уборки пылесосом, 20% во время влажной уборки. Главным образом в пыли содержатся микроволокна от используемых тканей.

Продукты личной гигиены. Продукты личной гигиены могут содержать микропластик. Существует два типа таких продуктов: смываемая косметика (скрабы, зубные пасты, гели для душа и т.д.) и несмываемая косметика (лосьюны, макияж). Так, по данным исследований 2016-2017 годов в средствах для очищения лица содержится от 2 до 124 частиц на грамм продукта, а скраб для лица включает в себя 5219-50391 частиц на грамм продукта. Формула расчёта выделения микропластика для такого источника может быть:

$$E_{\text{wastewater}} = \text{Потребление} * \text{Население}$$

Потребление – годовой сток в расчете на человека

Население – количество населения, обслуживаемого очистными сооружениями.

Чаще всего для продуктов личной гигиены используются полиэтилен и полиуретан в виде микрочастиц.

Чистящие средства. Микропластик может быть использован в чистящих средствах, например, для полировки поверхностей. В 2016-2017 проведено как минимум три исследования по стоку микропластика с такими средствами, в которых показатели варьируются от 0,02 до 0,4 грамм на душу населения в год. Формула расчета идентична формуле для продуктов личной гигиены.

Наиболее распространенный полимер в данном источнике – полиуретан в виде мелкого порошка с размером частиц менее 600 мкм, а также полиэтилен.

Краски. Полимерные частицы могут попадать в сточные воды в результате промывки кистей, в данном отчете имеется в виду, главным образом, бытовое применение красок на водной основе, т.к. для профессиональной сферы будут другие расчеты и показатели. Формула расчета:

$$E_{\text{paint}} = \text{Paint}_{\text{purchased}} * \text{Paint}_{\text{used}} * \text{MP}_{\text{content}} * \text{EF}$$

$\text{Paint}_{\text{purchased}}$ – проданная краска на водной основе - данные торговых сетей о продаваемой продукции

$\text{Paint}_{\text{used}}$ – использованная краска на водной основе (процент использования краски оценивается в 75-90%)

$\text{MP}_{\text{content}}$ – содержание микропластика в красках на водной основе может быть определено двумя способами. Некоторые исследования демонстрируют содержание микропластика в таких красках 5-30%, тогда как производители красок на водной основе утверждают о наличии только 1%. Такое различие ведет к большим разбросам в определении поступления микропластика из такого источника от 220 тонн в год до 3500 тонн в год.

EF – фактор выделения, рассчитанный на основе экспериментов в 2016 году, составляет 1,6%.

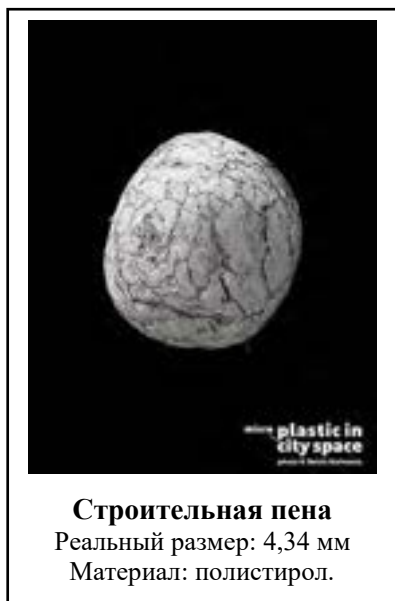
По данным промышленных предприятий используемые полимеры представлены частицами акрила (5-80 мкм) и полиакрилонитрильным волокном длиной 4-50 мм и диаметром 10 мкм.



Синтетическая ткань

Реальный размер:

ширина кусочка – 0,466 мм
Материал: полиэстер, нейлон, акрил и др.



Другие потенциальные источники. К другим источникам относятся, например, влажные салфетки, ошибочно смываемые в унитаз, или контактные линзы. Кроме того, не учитывается также микропластик, заглатываемый людьми и выводящийся из их организма.

Микропластик от предприятий и других источников (не домохозяйств).

Распространение микропластика от предприятий и промышленных источников может значительно варьироваться в зависимости от типа предприятия. Главным образом, это предприятия, использующие пластик в технологических процессах, а также процессах, связанных с производством, например, использование абразивного мыла рабочими, предварительная стирка на швейных производствах и т.п.

Фильтрат полигонов может быть существенным источником поступления микропластика в сточные воды, если этот фильтрат попадает на очистные сооружения. В результате исследования 11-ти полигонов из северных стран в фильтрате полигонов было обнаружено от 0,16 до 4,51 частиц на литр (0,08-2,36 мкг), однако в фильтрате двух из них микропластик не был обнаружен вовсе.

Кроме того, эффективность удерживания зависит от вида микропластика: микрочастицы задерживаются лучше, чем микроволокна.

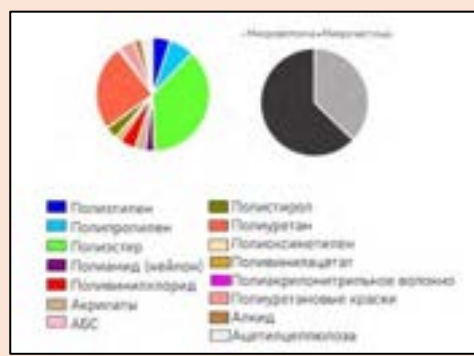
Дальнейшие пути.

Большинство сточных вод в водосборе Балтийского моря поступают на муниципальные очистные сооружения. Эффективность удержания микропластика такими очистными варьируется в зависимости от технологий очистки. Так, например, во время вторичной очистки может удерживаться 96-99%, с применением третичной очистки процент извлечения микропластика может вырастать до 90-99,9%.

Оценка содержания микропластика в сточных водах до и после очистки

В рамках проекта было проведено определение содержания микропластика в сточных водах до очистки (Польша) и после очистки (сток с трех очистных сооружений в 3-х странах Региона Балтийского моря). В результате в неочищенных сточных водах было обнаружено в среднем 2 774 000 частиц микропластика на м³, в весовом отношении среднее значение составило 766 500 мкг/м³. По составу микропластик больше всего представлен частицами полиэстера и полиуретана.

В среднем после очистки сточных вод содержание микропластика в них снижается до 14 484 частиц на м³, вес микропластика изменяется до 10 631,1 мкг/м³. По составу также преобладают микрочастицы полиэстера и полиуретана. Таким образом, по данным результатам можно говорить, что в среднем очистные сооружения могут задерживать до 98% микропластика в сточных вод.



Результаты анализа содержания микропластика в сточных водах до и после очистки

2.2.2. Микропластик в ливневых водах

Атмосферное осаждение. Установлено, что микропластик может быть транспортирован посредством атмосферного переноса. В конечном итоге такой микропластик, оседая на твердых поверхностях, попадает прежде всего в ливневой сток. Существует ряд исследований по определению микропластика в дождевых водах крупных городов, таких как Париж (0,3-60 частиц/м³), Гамбург (136,5-260,6 частиц/м³), Гдыня (1-30 частиц/м³), Лондон (12-925 частиц/м³). Таким образом, размер населенного пункта является одним из ключевых факторов, определяющих количество микропластика в ливневых водах. Кроме того, на этот показатель влияет количество осадков, скорость и направление ветра, а также его происхождение – ветра с суши переносят больше микропластика, чем морские.

Доля микропластика, попадающего в ливневой сток в результате атмосферного осаждения, может быть рассчитана по формуле:

$$E_{\text{urban water}} = MP_{\text{dep}} \cdot \text{hard surfaces},$$

MP_{dep} – скорость осаждения (берутся показатели для изученных городов)

hard surfaces – площадь твердых покрытий. Для определения годового осаждения полученный результата необходимо умножить на 365.

Наиболее распространенные полимеры, переносимые в атмосфере, представлены волокнами полиэстера и полиакрилонитрила.

Искусственные покрытия. Есть два основных источника микропластика, связанного с искусственными покрытиями – резиновое наполнение и синтетический ворс.

При изучении поступления микропластика от **резинового наполнителя** некоторые исследователи приравнивают количество резинового наполнения к потерям микропластика в окружающую среду, однако этот подход не учитывает степень уплотнения резинового полотна. Таким образом существует два подхода в определении эмиссий микропластика от искусственных покрытий.

Варианты расчета стока микропластика от искусственных покрытий:

- в случаях, когда известно количество материала, затрачиваемого на обновление покрытия за год, может быть использована формула:

$$E_{\text{infill}} = \text{refill} \cdot (100 - \text{compaction})$$

refill – количество гранулята, добавляемого на поле за год

compaction – остаток материала на поле после уплотнения в процентах.

- в случаях, когда количество добавляемого материала неизвестно, но известен размер частиц, используется формула:

$$E_{\text{infill}} = \text{pitch size} \cdot \text{infill} \cdot EF_{\text{infill}}$$

infill – количество наполнения поля (по результатам некоторых исследований приравнивается к 10-16 кг/м²)

EF_{infill} – фактор выделения (1% - при качественном обслуживании, 4% - при ненадлежащем).



Изоляция электрического кабеля

Реальный размер: 2,10 мм
Материал: поливинилхлорид (ПВХ), полиэтилен и др.



Часть покрытия детской площадки

Реальный размер: 3,06 мм
Материал: углеводородные соединения, тяжелые металлы.

Далее, отделившийся от такого покрытия материал разносится игроками. Проведенные исследования говорят о том, что за 60-120 минут игры каждый участник может унести с собой 0,7 гр. пластика в сухую погоду и 2,2 гр. при влажной погоде.

В результате обслуживания полей образуется значительное количество микропластика. В регионах с высоким снежным покровом микропластик может выделяться при уборке полей и такие потери могут достигать до 11% в зависимости от методов уборки. Обслуживающая машина может захватывать до 15 грамм гранулята, тогда как во влажных условиях это значение вырастает до 1765 гр.

Существует значительная разница между результатами исследований касательно дальнейшего перераспределения микропластика, поступающего в окружающую среду с искусственных покрытий. Однако, все сходятся во мнениях, что основными приемниками такого микропластика являются ливневой сток и почва.

В настоящее время эмиссии микропластика от ворса искусственных покрытий изучены недостаточно подробно. Однако, предложенная формула для такого определения выглядит следующим образом:

$$E_{pile} = \text{Pitch size} * \text{pile} * EF_{pile},$$

pile – это количество ворса на поле (по некоторым экспериментам оно составляет 0,6-1,6 кг/м²)

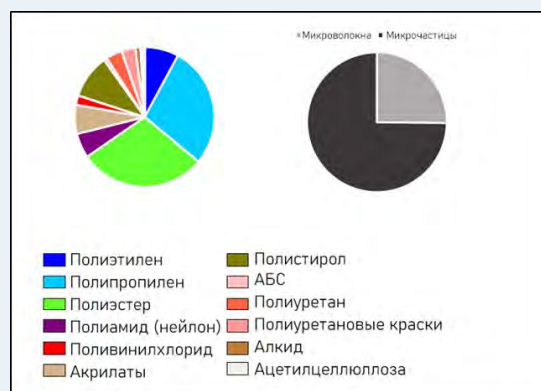
EF_{pile} – фактор выделения (определен как 0,5-0,8%)

В части вопроса о дальнейшем пути такого микропластика в настоящий момент нет официально опубликованных научных работ, только наброски, согласно которым около 16% микропластика попадает в ливневой сток.

По составу различают несколько поколений искусственных покрытий в зависимости от типа используемого материала: первое поколение состоит из полиамидного волокна, во втором поколении используется полипропилен с песком. В составе третьего присутствуют полиэтилен, бутадиен-стирольный каучук, а также этилен, этилен-пропиленовый каучук, термопластичные эластомеры и органические материалы. Представители четвертого поколения изготавливаются из полиэтилена и могут содержать песок.

Оценка поступления микропластика в ливневой сток с искусственного покрытия футбольного поля

В проекте FanpLESStic-sea был проведен анализ дождевой воды, стекаемой с футбольного поля с искусственным покрытием, расположенного в Норвегии. По результатам исследования в таком стоке среднее содержание микропластика составило 197 частиц на м³, средний вес - 245,6 мкг/м³. В составе микропластика преобладали частицы полиэстера и полипропилена.



Результаты анализа содержания микропластика в ливневом стоке футбольного поля с искусственным покрытием

Сигаретные фильтры. Сигаретные фильтры - это самый распространенный вид пластикового мусора. Основным полимер, используемый для изготовления фильтров – ацетилцеллюлоза. В 2020 году в Швеции прошла национальная кампания по подсчету мусора. В результате реализации этой инициативы выявлено, что за год на 1 м² попадает в среднем около 25 окурков. Более того, был также исследован процесс распада сигаретного фильтра в условиях, имитирующих условия морской среды: каждый год один окурков теряет 15% своего веса, в результате чего в окружающую среду высвобождается около 100 микроволокон в день (размером менее 2 мм). Следует также учитывать, что наиболее высокий темп распада наблюдается в первые 30 дней, после чего процесс замедляется.

Учитывая, что в большинстве случаев окурки, попавшие на твердую поверхность, становятся микропластиком примерно за год, в любом случае этот микропластик в дальнейшем смывается дождевой водой. Была предложена формула для расчета количества смываемого микропластика:

$$E_{\text{urban water}} = CF_{\text{littered}} * \text{hard surfaces}$$

CF_{littered} – количество выброшенных окурков на м²

hard surfaces – площадь твердой поверхности в городе.

Наружные краски. Крашеные поверхности могут выделять микропластик. Здесь также, как и в случае с обычными красками, для расчета может использоваться информация от продавцов:

$$E_{\text{paint}} = \text{Paint}_{\text{purchased}} * \text{Paint}_{\text{used}} * \text{Paint}_{\text{exterior}} * P_{\text{degradation}} * EF_{\text{wear/removal}}$$

$\text{Paint}_{\text{purchased}}$ – количество закупленной краски (данный показатель должен быть использован отдельно от краски, купленной для личного пользования), кроме того этот показатель должен быть разделен по цели использования (наружные, внутренние). В некоторых странах такое разделение определено как: 25% для наружного пользования и 63% на другие виды использования. Кроме того, такие покрытия могут разрушаться во время эксплуатации ($P_{\text{degradation}}$). На данный момент за данную величину принимается степень разрушения 67%. Еще один фактор, влияющий на выделение микропластика от наружных красок – фактор выделения. Т.е. процент потерь краски окрашенной поверхностью, наиболее часто встречающиеся показатели таких потерь 2,5-3%.

Несмотря на то, что не все частицы в краске являются полимерами (по различным данным 20-95% в зависимости от типа краски), тем не менее их приравнивают к микропластику. Наиболее часто используемые полимеры для красок: полиуретан, полиэстер, полиакрилат, полистирол, алкилы и эпоксидные смолы.

Большая часть микропластика от использования краски первоначально попадает в почву (по разным оценкам от 56 до 72%), остальная масса микрополимеров достигает водной среды.

Смыв микропластика с дорог.

Автомобильные шины. Для определения выделения микропластика от автомобильных шин используют два подхода. В первом применяется фактор эмиссии микропластика от одного автомобиля при прохождении одного километра в пересчете на общий километраж. Второй метод использует в качестве основы для расчетов степень износа автомобильных шин за определенный период эксплуатации. Закономерно, что в городских районах выделение микропластика от шин выше, чем в малонаселенных районах. Количество частиц, выделяемых в результате использования автомобильных шин, может быть рассчитано по формуле:



Сигаретный окурков
Реальный размер: 2,46 мм
Материал: ацетилцеллюлоза.



$E_{\text{tyres}} = (T.A.\text{vehicle type} * \text{urban share}) * EF_{\text{urban}}$,
 $T.A.\text{vehicle type}$ – интенсивность трафика для различных типов автотранспорта,

urban share – доля определенного типа автотранспорта в городской среде (эту информацию можно найти в национальных или Европейских базах данных). В качестве фактора выделения (EF_{urban}) берется скорость износа автомобильных шин на городских дорогах и устанавливается от 0,06 до 0,85 в зависимости от типа автотранспорта. В ряде исследований все частицы, выделяемые автопокрышками, принимаются за микропластик, в некоторых случаях учитывается только резиновая составляющая.

Автомобильные шины могут состоять как из искусственной, так и натуральной резины. Тяжелый автотранспорт, например, автобусы, грузовики зачастую имеют больше натуральных компонентов в покрышках, тогда как в автопокрышках автомобилей для личного пользования присутствует больше синтетических составляющих. Общий полимер, используемый в автошинах – стирол-бутадиеновый

каучук.

Дальнейшие пути микропластика от автомобильных шин достаточно трудно определить. Часть микропластика может задерживаться в порах асфальта, остальная часть попадает в среду вдоль дорог.

Износ тормозов. Также, как и при использовании шин, использование тормозов приводит к выбросам микропластика в окружающую среду. Такие выбросы рассчитываются по формуле:

$$E_{\text{brakes}} = (T.A.\text{vehicle type} * \text{urban share}) * EF_{\text{vehicle type}} * \text{coarse fraction},$$

$T.A.\text{vehicle type}$ – интенсивность трафика для различных автотранспортных средств,

$EF_{\text{vehicle type}}$ – фактор выделения для различных типов автотранспорта.

До настоящего времени нет специально рассчитанного показателя для фактора выделения. По результатам ряда исследований фактор ограничивается размером частиц в 10 мкм. Согласно Швейцарским исследованиям фактор выделения фракций от 5 до 10 мкм составляет 2-38%.

Процент полимерных частиц в составе тормозных колодок оценивается в 20-40%.

Основной риск, вызванный частицами, отделяемыми от тормозов, заключается в их размере, распространении по воздуху, что способствует их прямому попаданию в дыхательные пути людей. Главные приемники такого микропластика, за исключением воздушной среды и внутренней среды автотранспорта, это почва, ливневой сток и, как следствие, водная среда.

Дорожная разметка. Зачастую этот источник рассматривается в совокупности как часть стока микропластика с дорог. Однако, ряд исследований фокусируются именно на дорожной разметке в качестве источника выделения микропластика в окружающую среду. В среднем выделение микропластика от дорожной разметки оценивается как 19 кг/км/год.

Для разметки дорог используются следующие полимеры: полиэтилен, полиуретан и полиамид. Кроме того, существует несколько типов состава для дорожной разметки (термопласты, краски на водной основе, краски, на основе растворителей, двухкомпонентные системы, дорожная

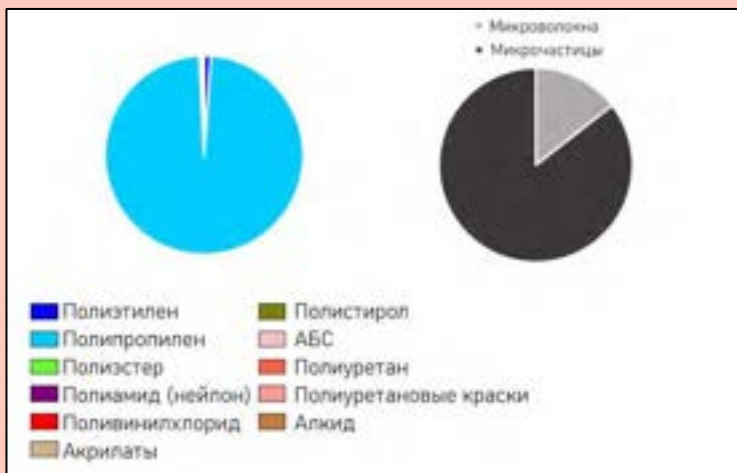


лента), соответственно состав полимеров должен дополнительно оцениваться для каждого конкретного случая.

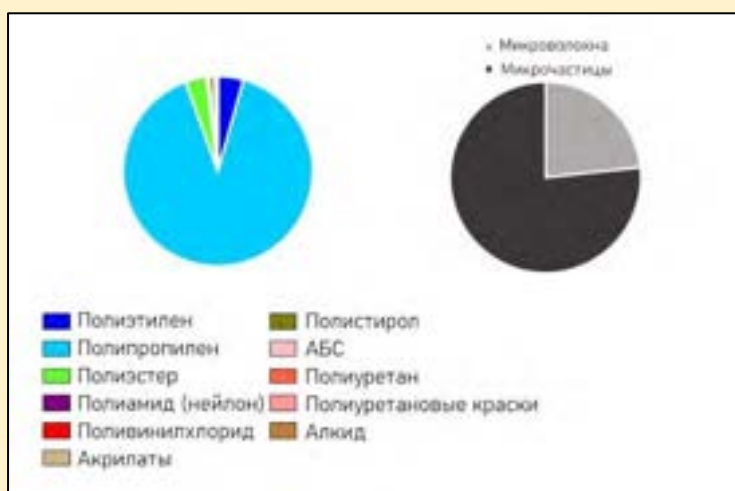
Приемниками микропластика от дорожной разметки, так же, как и в предыдущих случаях, считаются почва и ливневой сток.

Оценка поступления микропластика в окружающую среду с шоссе

В рамках проекта были отобраны пробы ливневой воды с шоссе, которые также продемонстрировали наличие микропластика в таких водах. В среднем в одном литре ливневой воды с шоссе содержится 2090 частиц микропластика, что соответствует примерно 27,2 мкг. Микропластик представлен, главным образом, частицами полипропилена.



Результаты анализа содержания микропластика в ливневом стоке шоссе.



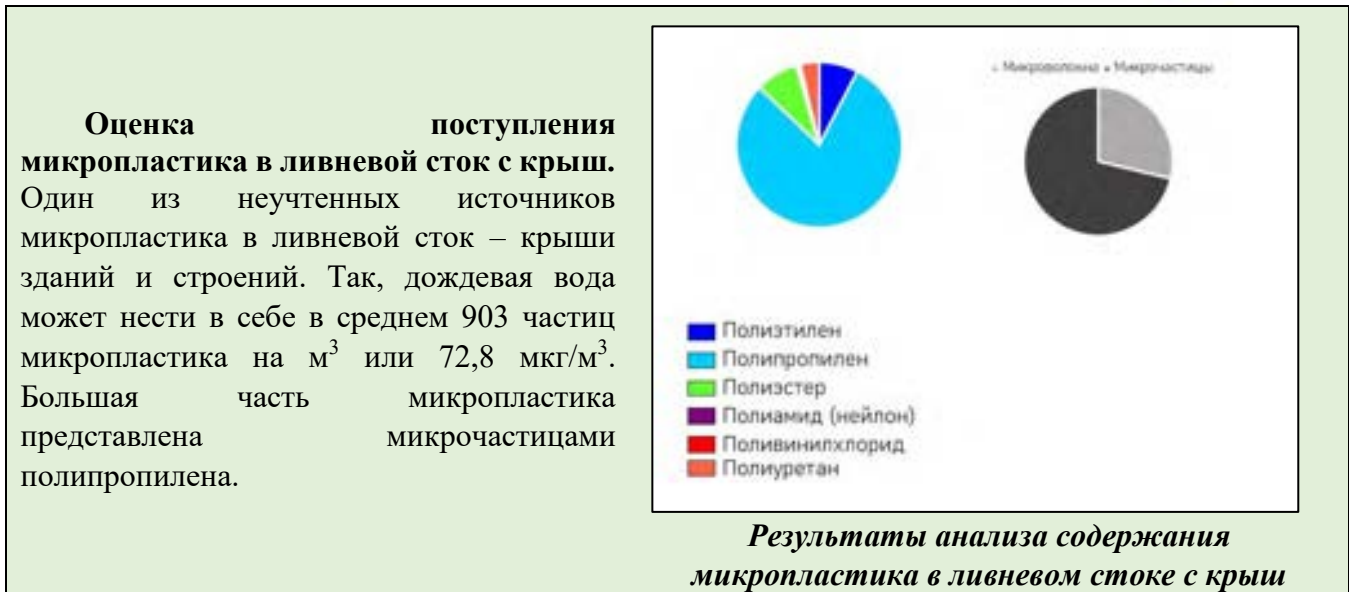
Результаты анализа содержания микропластика в ливневом стоке парковки.

Оценка поступления микропластика в ливневой сток с парковки

Анализ проб воды в ливневом стоке парковки продемонстрировал присутствие частиц микропластика, представленного, главным образом, полипропиленом. Среднее содержание частиц составило 643 000 единиц в одном м³ ливневой воды, что соответствует 45 200 мкг/м³.

2.2.3. Другие источники

Существует несколько потенциальных источников микропластика, которые являются незначительными, либо информация о которых ограничена, равно как и возможность их точной оценки.



Пластиковый мусор. Замусоривание территорий пластиковыми предметами также приводит к появлению микропластика в результате распада такого мусора. Получение точной информации о роли данного источника загрязнения затруднено по двум причинам: невозможность точного подсчета пластикового мусора и отсутствие данных о скорости его распада, так как процесс фрагментации напрямую зависит от внешних условий. Однако уже предпринимаются многочисленные попытки закрыть эти пробелы.

В результате Шведской национальной кампании оп подсчету пластикового мусора было обнаружено около 0,07 пластиковых предметов на м², что в пересчете на год равно 3,64 предмета на м², а в весовом отношении составляет 9 гр/м²/год.

Скорость распада пластика до микропластика зависит от множества условий: от температуры, интенсивности излучения, солености воды, а также от типа самого пластика. В среднем для морской среды степень распада оценивается в пределах от 1 до 5%.

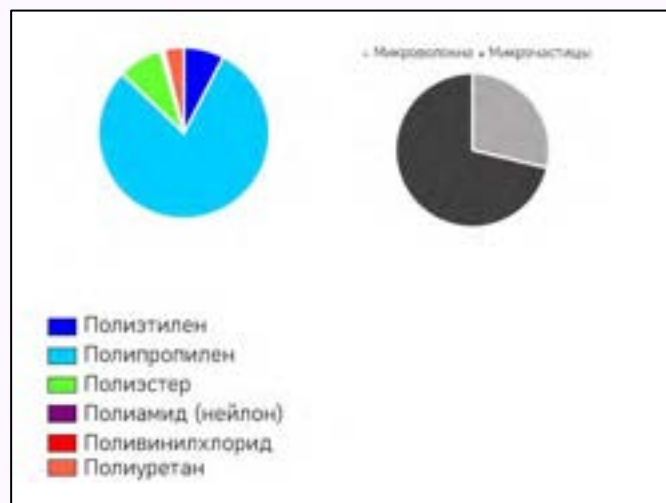
Пластиковые трубы. Как уже упоминалось ранее, существуют исследования воды, проходящей через полипропиленовые трубы систем водоподачи. На основании этих данных выявлено отсутствие влияния таких труб на содержание микропластика в воде, тем не менее также проводятся исследования по другим типам пластиковых труб. В 2021 году был проведен анализ микропластика в воде и осадке водосточных труб ливневой канализации из поливинилхлорида. В результате анализа было обнаружено 4,2% поливинилхлорида в воде и 12,5% в осадке.



Зажигалка
 Реальный размер: 5 мм
 Материал: ацеталь/
 полиоксиметилен (ПОМ)

Оценка содержания микропластика в ливневом стоке

С целью определения микропластика в ливневой воде были отобраны пробы воды на насосной станции небольшого поселения. В результате анализа было обнаружено 5 907 частиц в м³ воды, 736,6 мкг/м³ в весовом отношении. Главным образом, это микрочастицы пропилена.



Результаты анализа содержания микропластика в ливневом стоке

2.2.4. Инструмент расчёта попадания микропластика в окружающую среду от различных источников

По результатам второго рабочего пакета проект Шведский институт водных исследований разработал специальную таблицу (в формате Excel), с помощью которой можно потенциально рассчитать количество микропластика от различных источников, указанных в модели расчета потока микропластика. Для расчета потребуется сбор первичной информации, которую необходимо занести в таблицу.

Список необходимых переменных представлен ниже.

Источник	Наименование переменной
Водопроводная вода	Количество поступаемых на очистные сооружения сточных вод, либо количество воды, потребляемое человеком в год.
Стирка белья/ прачечные	Количество стираемого текстиля на душу населения. В среднем одна загрузка в Европе – 3-4 кг, количество циклов стирки от 1,2 до 1,5, в зависимости от страны. Процент синтетики в стираемой одежде. В 2018 году процент синтетики в проданной в Европе одежде составил 34%.
Пыль	Общая жилая площадь, обслуживаемая очистными сооружениями.
Продукты личной гигиены	Количество людей, обслуживаемых очистными сооружениями.
Чистящие средства	Количество людей, обслуживаемых очистными сооружениями.
Краски	Количество краски на водной основе, закупленное потребителями в стране или регионе.
Фильтрат полигонов	Количество фильтрата, сбрасываемого на очистные сооружения за год. Очищенный или неочищенный фильтрат, в случае очистки должна быть учтена ее эффективность.
Атмосферное осаждение	Площадь твердого покрытия в городе.
Искусственное покрытие	Поколение искусственного покрытия и типа наполнителя. Количество полей в городе или регионе.

	Размер поля или количество материала для восстановления за год. Частота использования поля. Количество игроков в единицу времени.
Сигаретные фильтры	Площадь твердой поверхности в городе. Наличие уборки улиц и ее эффективность.
Наружные покрытия	Количество краски, закупленное для профессионального и личного использования. Информация от продавцов, какая краска используется для наружных поверхностей.
Автомобильные шины	Интенсивность трафика для различных автомобилей (В случае отсутствия такого показателя можно использовать средние расчеты, выполненные в Швейцарии только для резиновой составляющей – 1,29±0,45 кг/ед./год).
Дорожная разметка	Километраж дорог в городе.

2.3. Микропластик в окружающей среде



Основными конечными приёмниками микропластика в окружающей среде являются вода и почва. Воздух, хоть и рассматривается как приемник, служит, скорее, промежуточным этапом транспорта микропластика в окружающей среде. Основные факторы, обуславливающие опасность присутствия полимерных частиц в среде и, как следствие, необходимость предотвращения его попадания в среду:

1. Микропластик, как и любой пластик, чрезвычайно устойчив в окружающей среде.

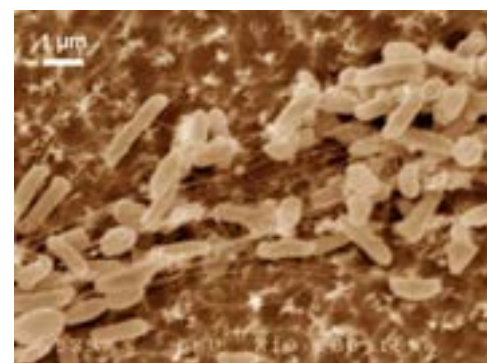
2. Так же, как и крупные пластиковые предметы, микропластик зачастую состоит из более чем одного компонента и может содержать углерод, термостабилизаторы, пластификаторы и другие вещества, улучшающие свойства конечного продукта, которые, в свою очередь, являются токсичными для биологических организмов.

3. Микропластик, являясь химически нейтральным, способен аккумулировать на своей поверхности опасные вещества, например, устойчивые органические загрязнители, при чем

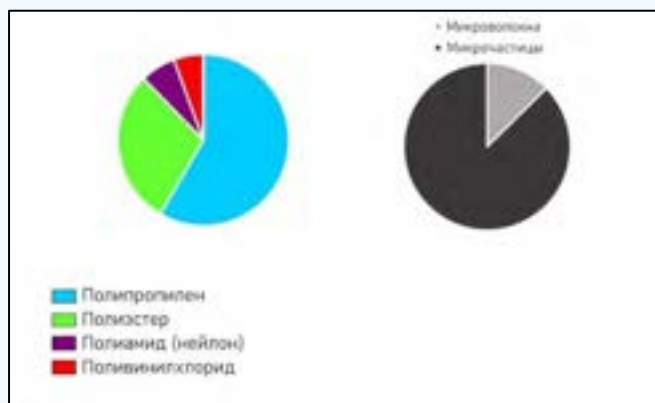
концентрация таких загрязнителей на частице микропластика может значительно превышать концентрации микропластика в прилегающей среде.

Несмотря на то, что скорость разложения микропластика невысока, этот процесс постепенно происходит под воздействием солнечного света, дождя, ветра и биологического разложения, при чем по результатам последних исследований солнечный свет может оказывать наибольшее влияние на скорость разложения пластика. Так, например, было изучено, что полистирол может полностью окисляться в результате фотохимической реакции до диоксида углерода, и частично до растворенного углерода. Более того, согласно оценкам продолжительность цикла полного и частичного фотохимического окисления сопоставимо с масштабами десятилетия и столетия.

Пластиковые полимеры в почве менее подвержены воздействию солнечных лучей, но в таких случаях



происходит процесс биоразложения, по крайней мере ряд бактерий и грибов способны разлагать пластик до некоторой степени. Путем скрининга естественных микробных сообществ на участке переработки ПЭТ-бутылок ученые смогли изолировать новую бактерию *Ideonella sakaiensis* 201-F6, которая разлагает ПЭТ и использует его в качестве основного источника энергии и углерода. Однако скорость такого разложения вероятно в разы ниже скорости производства и использования пластиковых продуктов.



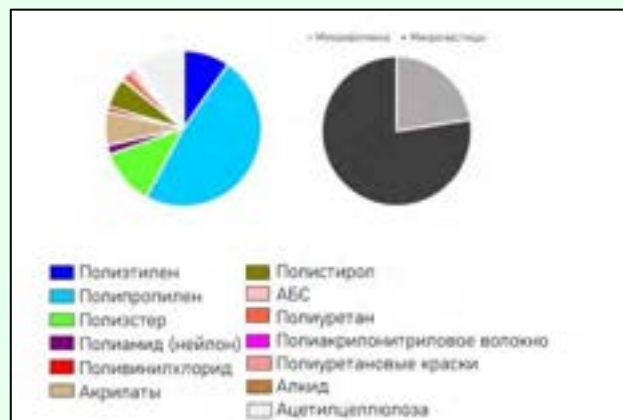
Результаты анализа содержания микропластика в воде ледникового озера (Норвегия)

Оценка содержания микропластика в воде ледникового озера

В ряде исследований неоднократно утверждалось, что микропластик уже присутствует во всех средах. Проект FanPLESStic-sea также исследовал ледниковую воду на предмет содержания в ней микропластика: в ледниковой воде может содержаться в среднем 20 частиц в м³ или 19,1 мкг/м³. Предположительно попадание частиц пластика в воду ледникового озера происходит в результате атмосферного переноса и осаждения частиц из атмосферы.

Оценка содержания микропластика в речной воде урбанизированных территорий

В рамках проекта были проведены исследования речной воды в городской черте г. Гданьск. В результате было обнаружено 3206 частиц/м³ или 616 мкг/м³. По составу это, в основном, частицы полипропилена.



Результаты анализа содержания микропластика в речной воде (Гданьск, Польша).



Результаты анализа содержания микропластика в воде реки, протекающей по сельскохозяйственной местности

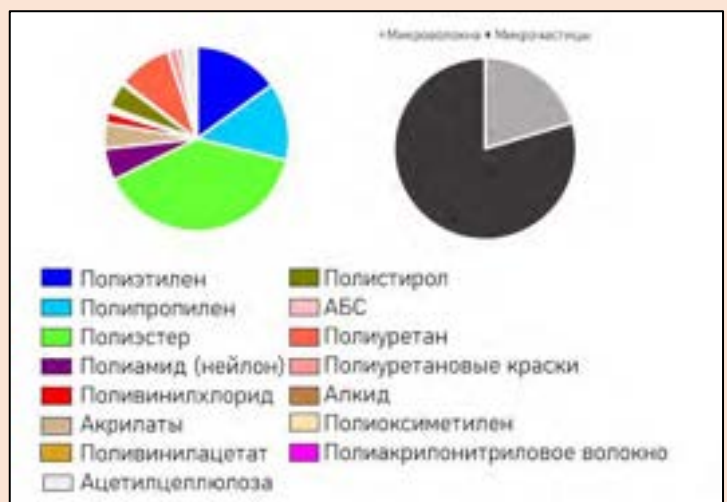
Оценка содержания микропластика в речной воде на сельскохозяйственных территориях

Закономерно, что объемы обнаруженного микропластика в сельскохозяйственной местности ниже, чем в городских и промышленных зонах, однако в среднем в такой воде было обнаружено 910 частиц на м³, средний вес - 119,7 мкг/м³.

Оценка содержания микропластика в речной воде промышленной зоны

При проведении подобных исследований большое значение имеет, какие именно предприятия располагаются в исследуемой промзоне. В случае, если производство связано с использованием пластиковых гранул (первичный микропластик), не исключено попадание таких гранул в водную среду в результате технологических потерь.

Исследования, проведенные в проекте, показали среднее содержание микропластика 1652 частиц/м³, 209,2 мкг/м³



Результаты анализа содержания микропластика в воде реки, протекающей по промышленной зоне

3. ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПО ИЗВЛЕЧЕНИЮ МИКРОПЛАСТИКА

Извлечение микропластика из водной среды в настоящее время является невыполнимой задачей, тогда как удаление пластика до его попадания в водную среду может стать первой мерой по предотвращению загрязнения. В рамках проекта FanPLESStic-sea обширный блок работы был посвящен именно рассмотрению технологий извлечения микропластика из сточных и ливневых вод, а также всесторонней оценке их применимости.

По результатам работы Финским институтом природных ресурсов был подготовлен и опубликован соответствующий отчет. Представленная в настоящей главе информация является выдержкой из этого отчета.

Рассмотренные в процессе реализации проекта технологии подразделяются на три типа в зависимости от используемых методов: фильтрация, химический и биологический методы.



3.1. Извлечение микропластика в процессе очистки сточных вод

Очистка сточных вод подразумевает удаление взвешенных частиц и органического вещества из воды. Привычная схема очистки воды состоит из 3-4 этапов: предварительная очистка, первичная, вторичная и третичная очистка. Сам процесс очистки осуществляется физическими, химическими и биологическими методами.



Вопреки тому, что основные используемые технологии очистки изначально не были рассчитаны непосредственно на удаление микропластика, в настоящее время их эффективность изучается, в том числе, и для решения этой проблемы. По различным оценкам современные

очистные сооружения могут удерживать от 88 до 99,9% микропластика из сточных вод. Средний показатель в регионе Балтийского моря составляет 93%.

Ряд исследований были посвящены изучению степени очистки воды на разных этапах технологического процесса. Таким образом было установлено, что после первичной очистки из воды может быть удалено от 50 до 98% микропластика, особенно наиболее крупных частиц. В процессе вторичной очистки улавливается около 0,2-14%. Третичная очистка также обеспечивает дополнительное удаление частиц. Таким образом, после прохождения всех этапов очистки в воде остается от 0,2 до 2% микропластика размером от 20 до 190 мкм.

Несмотря на такие впечатляющие результаты, следует учитывать, что удержанный на очистных сооружениях микропластик не растворяется и нигде не исчезает, а остается в осадке сточных вод и его дальнейшая судьба зависит от технологии обращения с осадком в каждом конкретном случае. По некоторым данным концентрация пластика в осадке может составлять от 3 до 240 частиц на грамм сухого осадка.

3.2. Очистка ливневого стока

Для очистки ливневого стока от твердых частиц и загрязнителей применяются следующие технологии: увлажненные и сухие водоудерживающие пруды, инфильтрационные бассейны, ветланды и различные системы фильтрации.

Исследования, проведенные в Дании в 2019 году, установили, что в воде удерживающих прудов может содержаться от 500 до 23 000 частиц на м³, вес микропластика при этом оценивается в 0,09-1,1 мг/м³. В свою очередь осадок таких прудов содержал от 1 500 до 130 000 частиц в килограмме сухого вещества, в весовом отношении - от 0,12 до 29 мг/кг сухого вещества соответственно. Из приведенных данных можно судить о некоторой способности прудов удерживать микропластик.

Также были проведены исследования по распределению микропластика в таких прудах, а именно в воде, донных отложениях и организмах позвоночных. Наибольшая концентрация микропластика наблюдалась в донных отложениях - 400 мг на кг сухого вещества, наименьшая концентрация - в воде 4,2 мг на м³. Ориентировочно эффективность удерживающих прудов оценивается в 85%.

3.3. Технологии фильтрации

Фильтрация – это распространенный метод, используемый для очистки воды от твердых примесей. Данный метод, в частности песчаные и дисковые фильтры, биофильтры, мембранные биореакторы и ультрафильтрация были изучены в рамках исследований общей эффективности работы очистных сооружений.

В процессе фильтрации через песчаные фильтры вода проходит через последовательность слоев загрузки с различным размером частиц, в дополнение к привычному процессу удержания, микропластик также концентрируется на поверхности частиц песка. Средняя эффективность песчаных фильтров в удалении микропластика варьируется от 74 до 97%.

Еще одна разновидность систем - дисковые фильтры, которые часто используются в качестве завершающего этапа очистки воды на очистных сооружениях. Дисковые фильтры представляют собой резервуар, содержащий несколько круглых панелей с тканевой поверхностью. Наиболее распространенный размер пор, применяемый для очистки воды, 10-40 мкм. Очистка воды происходит за счет удержания частиц в фильтре и образования осадка в центре панелей фильтра. По ряду исследований эффективность дисковых фильтров в удалении микропластика оценивается от 40 до 98,5%. Существенный разброс показателей эффективности обусловлен ее зависимостью от таких факторов как размер пор, уровень давления в системе. Следует учитывать,

что при сильном давлении мелкие частицы могут беспрепятственно проходить через такие фильтры.

В последнее время для удаления или удержания загрязняющих веществ из воды все большую популярность приобретают различные природные конструкции. В одном финском исследовании изучалась эффективность такого удаления загрязняющих веществ из талой воды с городских автомагистралей с помощью применения различных биофильтров. Так, для изучения эффективности удержания микропластика использовались полиэтиленовые шарики диаметром до 10 мкм. В качестве загрузки использовались различные дробленые глиняные заполнители, дробленый бетон и песок. Поверх этих материалов был добавлен слой смеси торфа и песка для поддержания роста тростниковой растительности. В результате было установлено, что наилучшей удерживающей способностью обладает биофильтр с песчаной загрузкой, причем частицы микропластика концентрировались в каналах вдоль корней растительности.

Кроме того, в Швеции провели эксперимент по определению удерживающей способности ячеек биоудержания с растительностью и ячеек с песчаной загрузкой без растительности. В результате для микропластика размером от 100 до 300 мкм эффективность ячеек обоих типов превышала 70%. Однако для удержания частиц каучука и битума фильтрующая ячейка с растительностью показала лучшие результаты.

Мембранные биореакторы – это технология, сочетающая в себе микрофильтрацию или ультрафильтрацию и процесс биологической очистки. Другими словами, это все та же очистка воды при помощи активного ила, но с заменой отстойников на мембранные фильтры. Существует ряд преимуществ мембранных биореакторов в сравнении с обычным процессом биологической очистки, а именно: лучшее качество очищенного стока, меньшая занимаемая площадь, гибкость в отношении изменчивости стока. В рамках ряда исследований установлено, что эффективность мембранных биореакторов (размер пор мембран 0,4 мкм) достигает 99,9%. Снижение эффективности может наблюдаться в тех случаях, когда частицы микропластика беспрепятственно проходят через мембраны под воздействием давления.



3.4. Химические методы

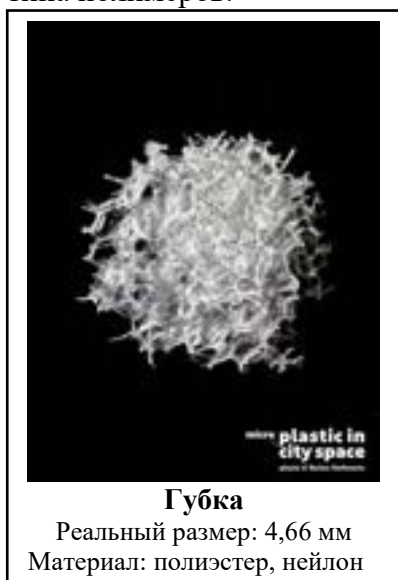
Выделяют пять химических методов очистки воды: коагуляция и флокуляция, электрокоагуляция, очистка с применением золь-гель технологии, озонирование и напорная флотация (флотация растворенным воздухом).

Коагуляция и флокуляция – это методы, обычно используемые в качестве предварительной очистки сточных вод, а также для очистки питьевой воды. В основе методов лежит использование солей железа или алюминия, а также органических коагулянтов для удаления взвешенных веществ. Объем информации об эффективности коагуляции/флокуляции с целью удаления микропластика из воды довольно ограничен. Однако ряд исследований установили, что, например, хлорид железа может удалять до 99,4% частиц микропластика, а органические коагулянты хуже справляются с удалением частиц микропластика, чем неорганические соединения.

В процессе электрокоагуляции для создания коагулянтов используются металлические электроды. В результате эксперимента была получена эффективность удаления микропластика

более 90% в диапазоне значений pH от 3 до 10. Наилучшая степень удаления микропластика (99,2%) наблюдалась при значении pH 7,5.

В качестве альтернативы традиционным флокулянтам был разработан новый подход в удалении микропластика из воды с использованием органосиланов – золь-гель процесс. Органосиланы состоят из одной органической и трех реакционноспособных групп. На первом этапе органическая группа органосиланов прикрепляется к поверхности частиц микропластика и таким образом собирает частицы в агломераты. На втором этапе три реакционноспособные группы формируют твердый гибридный силикагель, который в дальнейшем гидролизует до высоко реактивных силанолов и далее образуют силоксановые связи. При увеличении агломератов повышается возможность их извлечения. Проведенные исследования демонстрируют достаточно высокие показатели эффективности удаления микропластика в процессе использования золь-гелевой технологии: 97,5% для деминерализованной воды, 99,4% для соленой воды и 98,7% для вторичных сточных вод. Преимуществом использования такого метода является высокая вариативность органосиланов, что позволяет выполнить коррекцию наполнителя в зависимости от типа полимеров.



Еще один метод, используемый на очистных сооружениях в качестве третичной очистки для удаления остатков после коагуляции – озонирование. Данный метод также может разрушать полимеры до функциональных групп, содержащих кислород. Озонирование как процесс удаления микропластика был изучен на финальной стадии очистки сточных вод, согласно проведенным исследованиям эффективность данного метода составляет 89,9%. Однако возможность широкого применения озонирования связано с высокой стоимостью и побочными продуктами такого процесса, которые могут быть вредны для здоровья человека.

Метод флотации растворенным воздухом подразумевает насыщение воды газами под давлением: в процессе такого насыщения пузырьки газа захватывают взвешенные вещества и всплывают на поверхность, откуда загрязнители извлекаются скребком. Важным фактором, влияющим на эффективность такой

очистки, является размеры пузырьков и, соответственно, характер частиц, которые они могут захватить. Эффективность напорной флотации в извлечении микропластика составляет 95%. Однако следует отметить, что в процессе эксперимента был использован хлорид полиалюминия для улучшения процесса флокуляции.

3.5. Биологические методы

Биологические методы извлечения микропластика основаны на активности микроорганизмов и высших организмов. Внеклеточные полимерные вещества (ВПВ), выделяемые микроорганизмами, состоят, главным образом, из углеводов и белков, а сложные молекулы образуют сети, биопленки. Такие вязкие или гелеобразные структуры могут улавливать или связывать различные взвешенные вещества, что делает их подходящей экологичной альтернативой коагулянтам и неорганическим солям.

Так, в процессе экспериментов, проводимых с одноклеточной пресноводной цианобактерией *Cyanothece* sp., было установлено, что при увеличении концентрации наночастиц полистирола от 1 до 10 мг/л увеличивалась продукция выделяемых ВПВ, что возможно явилось

механизмом самозащиты бактерий. Внеклеточные полимерные вещества, выделяемые бактерией *Pseudomonas aeruginosa*, могут удерживать до 80% частиц микропластика.

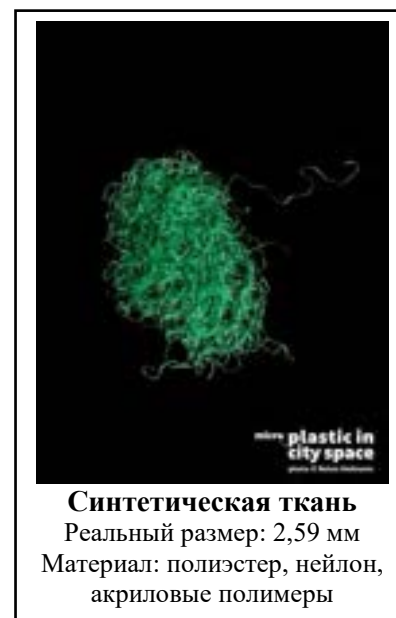
Кроме бактерий также изучены способности к удалению микропластика выделений ряда видов медуз, а именно изучалась удерживающая способность выделяемого ими секрета. Секрет представляет собой смесь воды (95%), муцина (3%) и нуклеиновых кислот (2%). Установленная эффективность удержания микропластика секретом составила 50%.

В части разложения микропластика бактериями проводились исследования бактерий рода *Bacillus*. Степень деградации изучалась на основании изменения веса полимеров. Таким образом, рассчитанная степень разложения частиц микропластика бактериями *Bacillus cereus* за 40 дней составила 1,6% для полиэтилена (PP), 6,6% для полиэтилентерефталата (PET) и 7,4% для полистирола (PS).

3.6. Методы с использованием растительности

Данные по использованию растительности для извлечения микропластика до сих пор являются ограниченными. Однако совсем недавно была продемонстрирована способность растений к поглощению субмикронного и микрометрового размера частиц пластика. Так, растения поглощают и накапливают микропластик в корнях, а затем переносят его от корней до других частей растений.

Потенциально используемыми процессами извлечения микропластика из почв могут быть фитоэкстракция и фитофильтрация. При фитофильтрации (ризофильтрации) загрязняющие вещества либо адсорбируются на поверхности корней, либо поглощаются растениями. Как только корни насыщаются, растения собираются с последующей утилизацией. Таким образом проводимые в настоящее время эксперименты подразделяются на два типа: преднамеренная высадка растений на определенном этапе очистки вод либо же изучение фильтрующей способности уже существующих зеленых решений, например, способность зеленых стен в городском ландшафте удерживать микропластик.



3.7. Сравнение различных технологий по удалению микропластика

В данном разделе представлена сравнительная характеристика всех методов, которые могут быть использованы для удаления микропластика из воды. Следует отметить, что при планировании реализации тех или иных технологий должна быть принята во внимание оценка жизненного цикла технологии для изучения влияния на окружающую среду. Кроме того, при планировании технических решений также необходим технико-экономический анализ используемых технологий.

Метод	Эффективность удаления микропластика (%)	Комментарии
Песчаные фильтры	74-97	Прост в управлении, низкая стоимость. Эффективность удаления мелких частиц микропластика не определена.

Дисковые фильтры	40-99	Сравнительно низкое энергопотребление. Засорение фильтровой ткани.
Мембранные биореакторы	До 100	Очень высокая эффективность удаления микропластика, высокое качество стока, высокая объемная загрузка, низкое образование осадка сокращает расходы на обращение с ним. Загрязнение мембран, высокое энергопотребление.
Обычный процесс активного ила	91-98	Надежный в эксплуатации, экономически эффективный, адаптивный, очистка широкого спектра концентраций загрязнителей. Длительное время удержания, высокие энергозатраты, а также стоимости на обработку, утилизацию осадка.
Динамические мембраны	Нет данных	Низкая стоимость, легко очищаются, низкое энергопотребление. Технология была протестирована на микрочастицах, отличных от микропластика.
Коагуляция	17-99	Подходит для извлечения мелких частиц микропластика, простые механические установки, низкое энергопотребление. Необходимо значительное количество химикатов, большой объем образуемого осадка.
Электрокоагуляция	99	Подходит для удаления мелких частиц микропластика, энергоэффективен, адаптивен к автоматизации, не требует химических коагулянтов, меньше образование осадка. Повторяющаяся необходимость замены жертвенного анода, нейтрализация катода.
Золь-гель процесс агломерации	99	Альтернатива традиционным флокулянтам. Эффективность удаления строго зависима от химического состава и свойств поверхности частиц микропластика.
Биоагломерация (био-флокуляция)	50-80	Биофлокулянты производятся микробами и медузами. Представлены только лабораторные результаты.

Удерживающие пруды	85	Используется для управления ливневым стоком. Данные исследований по эффективности удаления микропластика все еще ограничены.
Биоудерживающие системы	70-84	Для управления ливневым стоком.
Фитофильтрация (накопление растительностью)	Нет данных	Данные исследований все еще ограничены.

4. ПИЛОТНЫЕ УСТАНОВКИ ПО УДАЛЕНИЮ МИКРОПЛАСТИКА

Помимо обзора существующих технологий в рамках проекта FanpLESStic-sea были проведены собственные исследования эффективности работы пилотных установок, технологий, которые могли бы использоваться для извлечения микропластика из воды до его попадания в морскую среду. Так, партнерами было исследовано/реализовано 5 пилотных установок, среди них:

1. Тростниковый фильтр
2. Фильтрующее оборудование для очистки талой воды
3. Система ветландов для очистки стока с очистных сооружений
4. Система ветландов для очистки ливневой воды
5. Очистка ливневых вод

4.1. Тростниковый фильтр для очистки талых вод

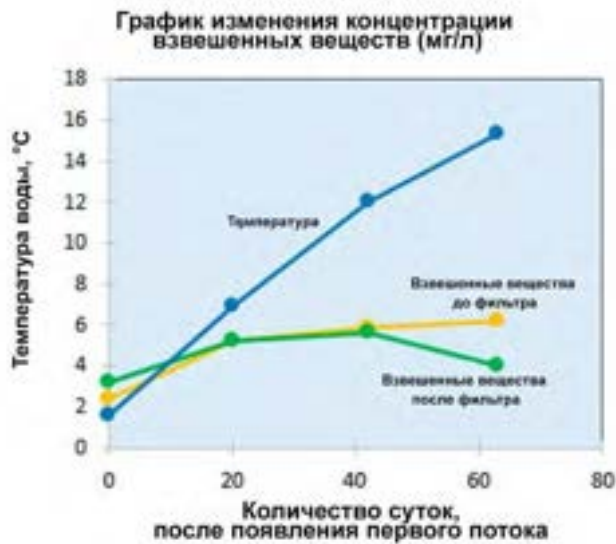
В 2020 году в Финляндии была успешно протестирована технология очистки дождевой воды с помощью тростниковых растительных фильтров, представляющих собой связки и тюки срезанного тростника. В связи с тем, что данные фильтры демонстрировали впечатляющие результаты удержания взвешенных частиц и биогенов из ливневого стока, было решено также протестировать их способность задерживать микропластик в талых водах от снега с городских районов.

В ноябре 2020 года был создан тростниковый фильтр на выходе талого стока с площадки накопления снега до его попадания в реку Кюмийоки. Для создания фильтра было использовано



около 350 связок тростниковой растительности длиной 120-200 см и диаметром около 20 см. Для придания фильтру устойчивости тюки были зафиксированы бревнами.

Обор проб для анализ эффективности технологии осуществлялся в трех источниках: снег с площадки накопления до его таяния, талая вода до фильтра и после фильтра. Кроме того, были также отобраны пробы для оценки других показателей воды.



По результатам проведенных исследований было установлено, что такие фильтры могут удерживать около 35% взвешенных веществ в стоке, при чем этот эффект возрастает с ростом температуры воды. Однако, эффект по удержанию микропластика незначителен, соответственно применение этого метода требует дальнейшей оценки и доработки.

4.2. Фильтрующее оборудование для талой воды

Во время обычной зимы по всей Финляндии, как и в других скандинавских странах, образуются значительные массы снега, которые собираются с городских территорий и вывозятся на специальные площадки накопления. В течение стандартной зимы на площадки-накопители свозится порядка 50 000 грузовиков снега, пятая часть которого при таянии стекает в Балтийское море без какой-либо очистки.

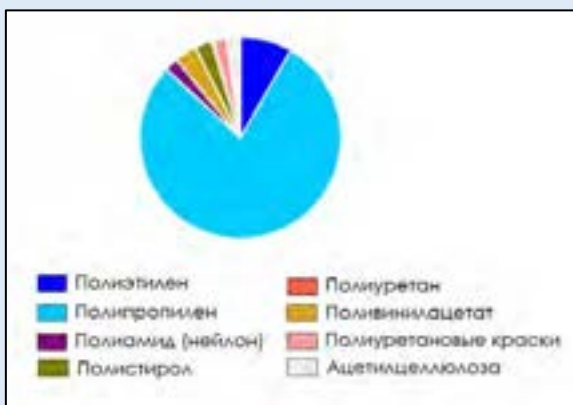
Финская компания Clewat Ltd (<https://clewat.com/ru/>) обратила внимание на эту проблему и создала уникальное оборудование, которое могло бы непрерывно растапливать снег и очищать талую воду наиболее устойчивым образом. В процессе растапливания снега используются сила текущей воды и температура морской воды либо тепловые потери сети центрального отопления и возобновляемая энергия. Снег и вода фильтруются, отделенные отходы собираются в емкости. Сама установка может располагаться как на суше, так и на воде.



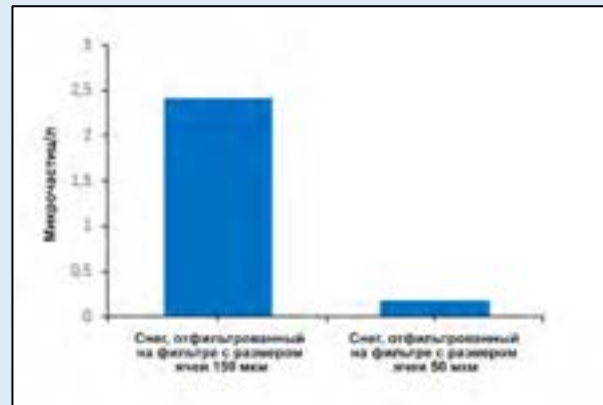


Производительность установки – 10 грузовиков в час (150 м³/ч). В зависимости от загрязненности загрузки требуется до 2-х перерывов в работе в сутки для обслуживания установки общей длительностью менее часа. При тестировании пилотной установки в г. Хельсинки зимой 2021 года было установлено, что один грузовик снега приносит в среднем 30-50 кг гравия и макромусора, в том числе 1 кг – плавающего мусора и 10 литров мелкого песка и микромусора.

Для изучения эффективности работы установки по удалению микропластика были использованы фильтры с размерами ячеек 50 мкм и 150 мкм. В результате анализа наиболее эффективное удаление микропластика происходит при использовании фильтра с размером ячеек 50 мкм. Микропластик в талой воде, а соответственно и в снеге, представлен 8 видами полимеров, большая часть — это полипропилен и полиэтилен. Концентрация микропластика варьировалась от 0 до 2 частиц на литр, что меньше, чем в воде ледникового озера.



Результаты исследования содержания микропластика в талой воде



Результаты анализа эффективности фильтров с различным размером ячеек

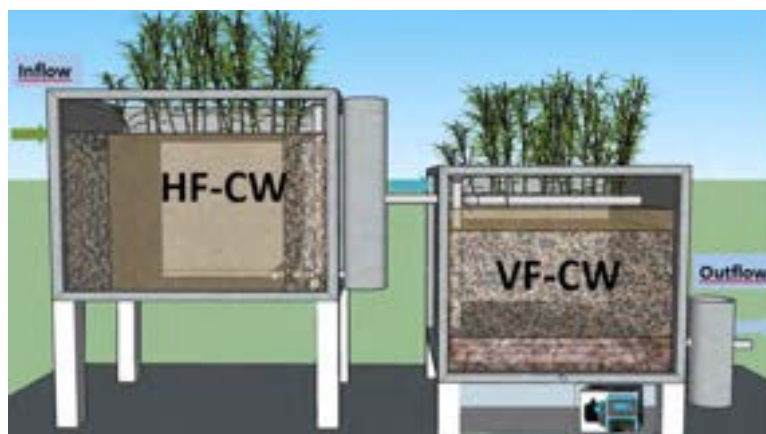
4.3. Система ветландов для стока с очистных сооружений

Целесообразность создания ветландов обусловлена их способностью производить биологическую и механическую очистку воды. Как правило такая технология применяется в качестве завершающей стадии очистки стоков либо же для очистки ливневых, дренажных вод.

Конструкция ветланда предусматривает биологическую очистку посредством использования растительности, например, тростник, мох, рогоз. Очистка воды в ветландах

обеспечивается за счет длительного действия света, адсорбции корнями растений и естественной биопленки, при чем происходит очистка не только от биогенов, но также и от пластика, фармацевтических веществ и токсинов.

Исследование эффективности удаления микропластика ветландами происходило на базе уже существующей пилотной конструкции, разработанной в рамках проекта IWAMA (www.iwama.eu) на очистных сооружениях города Гданьска (Польша). Установка представляет собой гибридную двухступенчатую систему ветландов двух разных типов, что отличает их друг от друга по условиям и характеристикам функционирования. Растительность, используемая в ветландах – тростник вида *Phragmites australis*.



Первый этап – ветланд с горизонтальным потоком воды (HF-CW)

Основные характеристики:

Длина – 120 см

Ширина – 80 см

Рабочая глубина (заполнена фильтрующим материалом) – 80 см

Общая глубина – 100 см

Уклон дна к выпускному отверстию – 1%

Фильтрующий материал: верхний слой – гравий 16-32 мм, основной слой – песок 2-8 мм, нижний слой – гравий 16-32 мм; проницаемость фильтрующей загрузки – 1 м/сек.

Распределение сточных вод по ветланду обеспечивается за счет перфорированного трубопровода из нержавеющей стали длиной 74 см и диаметром 1 дюйм, проложенного горизонтально в верхней части ложа в пяти сантиметрах от края и от поверхности фильтра. Отвод воды осуществляется посредством аналогичного трубопровода в нижнем, дренажном слое. Кроме того, для обеспечения эффективности работы конструкция предусматривает наличие вентиляции в системе.

Второй этап – ветланд с вертикальным потоком воды (VF-CW)

Основные характеристики:

Длина – 100 см

Ширина – 100 см

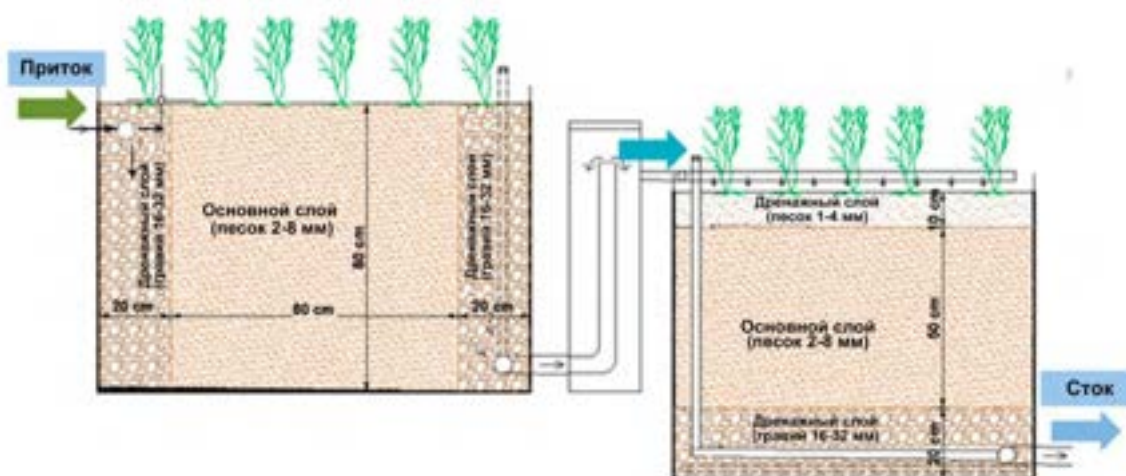
Рабочая глубина (заполнена фильтрующим материалом) – 80 см

Общая глубина – 100 см

Уклон дна к выпускному отверстию – 1%

Фильтрующий материал: верхний слой – песок 1-4 мм, основной слой – песок 2-8 мм, нижний слой – гравий 16-32 мм; проницаемость фильтрующей загрузки – 1 м/сек.

Приток сточных вод осуществляется с помощью перфорированного трубопровода, проходящего на 3 сантиметра выше от поверхности ветланда.



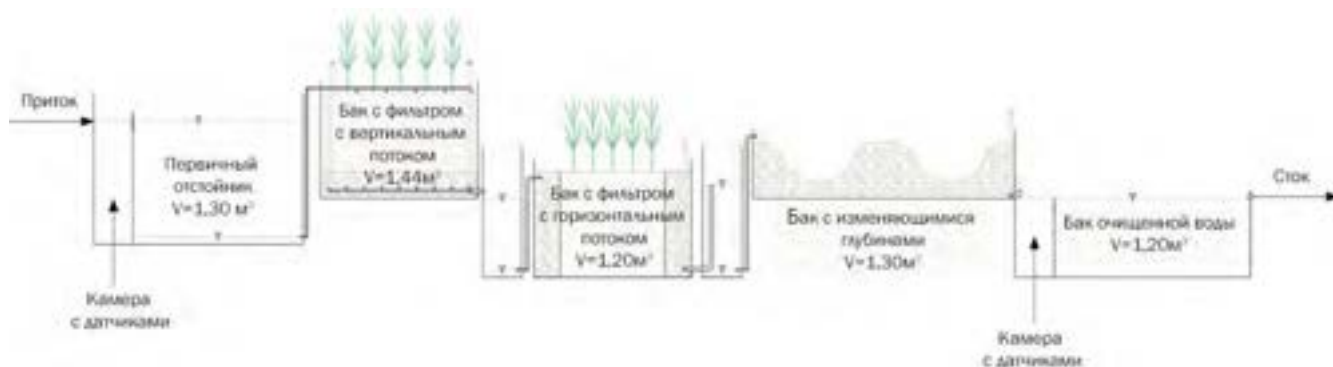
Для определения эффективности удаления микропластика на различных стадиях очистки воды, пробы отбирались с трех точек:

- сточная вода до очистки
- сточная вода после очистных сооружений, но до пилотной установки (после механической и биологической очистки)
- сточная вода после пилотной установки.

К сожалению, в связи с распространением новой коронавирусной инфекции COVID-19 и связанными с ней ограничениями, лабораторный анализ проб затянулся, в связи с чем на момент написания настоящего отчета пробы после пилотной установки находятся в процессе обработки и анализа в лаборатории университета Оольборга (Дания).

4.4. Система ветландов для очистки ливневой воды

Система ветландов для очистки ливневого стока - это специально разработанная конструкция на базе природоподобных технологий. В процессе работы системы ливневой сток с резервуара накопителя поступает на пилотную установку, состоящую из 5-ти стальных баков. В первом баке расположены датчики, с помощью которых измеряются основные параметры воды, поступающей на станцию. Он также играет роль первичного отстойника в системе очистки. Следующие два бака заполнены фильтрующей загрузкой и засажены тростником обыкновенным (*Phragmites australis*). После прохождения баков №2 и №3 вода поступает в четвертый бак,



выполняющий функции пруда-очистителя. В бак №5 поступает уже очищенная вода, где также установлена измерительная система.

Пилотная конструкция является стационарной и очищает ливневой сток с высоко урбанизированной территории площадью 1,735 га. За 10 месяцев тестовой работы через систему прошло 110 м³ воды (средняя скорость потока 5-50 л/ч).

В связи с тем, что частицы микропластика могут нести на поверхности также вредные вещества, для изучения эффективности работы установки также проводились анализы по таким показателям как БПК, ХПК, взвешенные вещ-ва, металлы, фосфор, азот, фталаты, ПАУ и др. Согласно проведенным исследованиям в среднем в ливневой воде может содержаться от 250 до 2300 частиц микропластика. Основная доля микропластика представлена волокнами, по составу преимущественно полипропилен и полиэтилен.

В результате проведенных анализов была установлена способность такой конструкции очищать ливневой сток от микропластика, в частности достигнута эффективность в 96,8% по удержанию полиэтилена, 99,4% - полипропилена, 75,1% - полиэстера, 100% - алкидов.

4.5. Установка для очистки ливневой воды

Еще одна технология, которая, предположительно, может способствовать очищению ливневой воды от микропластика – метод ультрафильтрации при помощи мембран. Установка с данной технологией была сконструирована в густонаселенной городской зоне г. Лунд (Швеция) возле пруда для ливневого стока.

Основные цели применения установки: эффективное очищения ливневой воды для дальнейшего ее использования в бытовых целях, а также для орошения.



Производительность установки - 1000 литров в час, размер пор 0,2 мкм. Процесс очистки представляет собой следующие процедуры. При помощи вакуумного насоса вода перекачивается из пруда в установку, максимально допустимый объем 700 литров. Затем под давлением вода направляется через блок с мембранами, где и происходит основной процесс очистки. Стоки, прошедшие очистку, могут как собираться в специальные резервуары для дальнейшего использования, так и направляться обратно в пруд.

5. СОЗДАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ДЛЯ СМЯГЧЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ МИКРОПЛАСТИКОМ

Процесс построения потенциала заключается в донесении актуальной и достоверной информации до основных целевых групп. Из-за повсеместного использования полимеров в настоящее время проблема загрязнения окружающей среды микропластиком охватывает все сферы нашей деятельности. Таким образом, информация должна распространяться широкому кругу заинтересованных лиц: органы власти, производители и потребители товаров и услуг, молодежь и научные институты и т.д. Кроме того, создание потенциала для решения проблемы невозможно без поиска организаций со схожими целями и интересами, а также, совместных действий и мероприятий.

При реализации проекта FanpLESStic-sea в рамках создания потенциала можно выделить два основных вектора:

- распространение информации;
- создание «Microplastics alliance».

5.1. Распространение информации

Методы или форматы, используемые партнерами проекта для распространения информации, условно можно разделить на три группы: обучение, информационные кампании, публичные выступления, дискуссии.

Первый метод – *обучение*, подразумевает не только получение новых знаний, но и навыков. С этой целью партнерами проекта разрабатывались различного рода информационные материалы, широко использовался известный формат интерактива – сортировка пластиковых предметов по виду пластика согласно кодам переработки. Подобная активность проводилась в Гданьске в рамках празднования Всемирного дня воды в 2021 году.



В России интерактив был адаптирован под игру и назывался «Пластиковый крокодил», проводился три раза: в рамках международной акции «Чистый берег» в Санкт-Петербурге 11.09.2021, в день рождения эко-площадки «Зеленый кот» (пос. Сосновка, Калининградская обл.) и на всероссийском слете Ассоциации «Зеленые ВУЗы России» (декабрь 2021, Москва). Данное мероприятие всегда сопровождалось лекцией о микропластике в ее классическом понимании. Например, лекция для обучающихся школы экологического лидерства «Эко-лидер», для студентов высших учебных заведений, лекции, проводимые в рамках массовых мероприятий, образовательная станция в рамках акции «Чистый берег» или же лекция во время открытия музея мусора «МУМУКа» в Калининграде.





Отчасти этот метод был применен в разработке настольной игры – FanpLESStic, во время которой игрокам помимо информационной составляющей в виде вопросов представляется возможность практическому обучению через мини-игры: рассортировать пластиковые предметы, придумать альтернативу или же выбрать продукт гигиены без пластика.

Информационные кампании. Данный метод может включать в себя широкий список мероприятий. В частности, партнерами проекта активно использовались социальные сети и ресурсы масс медиа. Водоканал г. Гданьска с целью охвата более широкой аудитории сотрудничал с известным блогером Польши, компания Гданьские воды подготовила ряд информационных материалов, которые были размещены по всему городу. Наиболее любопытный из них – граффити на асфальте с различными слоганами и акцентом на проблему загрязнения ливневого стока пластиковым мусором, брошенным на улице.

Хорошим инструментом в этом формате послужили различного рода конкурсы, соревнования, выставки. Один из конкурсов был DEEP-Microplastic Challenge, организованный Финским институтом природных ресурсов (LUKE) совместно с Helsinki Think Company. «Разработать инновационные идеи для защиты Балтийского моря от загрязнения микропластиком» – именно такое задание получили участники недельного Хакатона, проходившего 24 ноября – 1 декабря 2019 года в Хельсинки (Финляндия). Хакатон – это формат мероприятия, на котором участники из различных сфер объединяются в небольшие команды и в течение ограниченного времени работают над решением определенной проблемы. К участию в конкурсе был приглашен широкий спектр специалистов: от микробиологов и инженеров до дизайнеров и маркетологов. В результате участниками были предложены совершенно разные решения: от фильтров на основе мицелия грибов, способных переваривать



частицы пластика из талых и ливневых вод до измерителя, который бы показывал влияние водительских привычек на вклад в поступление микропластика в окружающую среду.

Кампания по уборке мусора «Чистые игры на реке Неман», прошедшая 21 сентября 2019 года, также содержала в своей основе соревновательный момент. В частности, команды-участники должны были не просто собрать больше мусора, но разделить его по составу – стекло, пластик, металл. За полуторачасовую уборку



было собрано более тонны мусора, в акции приняло участие больше сотни человек. Команды-победители были награждены памятными призами.

Несмотря на активное информирование общественности, многие все же слабо представляют себе масштабы проблемы. «Все мы видим пластик, но микропластик невидим для невооруженного взгляда». Для того, чтобы понимание проблемы стало ближе простому жителю, были применены попытки наглядно продемонстрировать людям микропластик. Так, во время открытия музея мусора «МУМУКА» в Калининграде сотрудники ЕКАТа организовали небольшую станцию, где все желающие могли взглянуть на свою косметику под микроскопом и биноклем.



Более того, Латвийский институт водной экологии при сотрудничестве с фотографом Рейнис Хофманис организовали интерактивную выставку «Microplastic in city space»⁴. На выставке представлены фотографии мелких частицы пластиковых предметов (около 2 мм) с указанием названия, размера, материала, из которого они сделаны, и дополнительного описания к каждой из них. Выставка выполнена на английском языке и размещена на сайте: www.mpincityspace.eu.



И последний формат – *дебаты, дискуссии*. Так, за время реализации проекта были проведено множество дискуссий с научными институтами по вопросам изучения микропластика, с экологическими активистами в части пропаганды и доведения информации до широкой публики, с экспертами в сфере управления водных ресурсов по вопросам и перспективам внедрения тех или иных технологий с учетом их эффективности по удалению микропластика и т.п. Так, наиболее успешный пример представили Норвежские партнеры проекта, рассказывающий о дискуссии по поиску и применению альтернатив использованию пластика для спортивных полей и площадок. В результате активных дебатов участниками мероприятия был подготовлен соответствующий законопроект.

⁴ «Микропластик в городском пространстве»

5.2. Microplastics Alliance

«Microplastic Alliance» (далее - Альянс) - это интерактивная карта организаций в регионе Балтийского моря, задействованных в изучении, решении, освещении проблемы загрязнения среды микропластиком.

Карта составлена на основе Google карт в результате взаимодействия партнеров проекта с заинтересованными и партнерскими организациями. Предположительно, представленные в Альянсе организации смогут обеспечить дальнейшее использование результатов проекта и .

Всего в Альянс вошли 78 организаций из 10 стран, которые включают в себя органы власти, научные институты, организации водопроводно-коммунального хозяйства и другие организации, в том числе НКО.



Отчет подготовлен ГАУ КО «ЕКАТ» в рамках проекта FanpLESStic-sea «Балтийское море без микропластика» программы «Интеррег. Регион Балтийского моря».
При использовании информации из настоящего отчета просим ссылаться на проект FanpLESStic-sea и данный отчет.