

МИКРОПЛАСТИК ОТ ШИН И ТОРМОЗНЫХ КОЛОДОК: ПОЧЕМУ ДАЖЕ ЭЛЕКТРОМОБИЛИ ЗАГРЯЗНЯЮТ ВОЗДУХ МЕЛКИМИ ЧАСТИЦАМИ

Куприяничик И. В., Янушкевич Е. Л., студенты

Научный руководитель Клясова Ю. В.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

Анализ загрязнения среды микрочастицами от износа шин и тормозов. Тяжелые электромобили ускоряют этот процесс, становясь источником микропластика. Рассмотрено влияние частиц на здоровье и экосистемы, а также предложены технологические решения для снижения скрытого экологического вреда современного транспорта.

Ключевые слова: микропластик, шины, тормозные колодки, электромобили, загрязнение воздуха, твёрдые частицы, износ шин.

Введение. Когда обсуждается экологичность транспорта, основное внимание общественности и регулирующих органов обычно направлено на выхлопные газы. Переход на электромобили часто представляется как решение, способное очистить воздух в городах от вредных веществ. За последнее время научные данные стали показывать более сложную картину. Оказывается, что даже электрический транспорт не является полностью чистым: он активно загрязняет окружающую среду микроскопическими частицами, источником которых являются шины и тормозные колодки. Кроме того, из-за своей большой массы электромобили могут усилить эту проблему, в некоторых случаях производя больше загрязнения, чем автомобили с двигателями внутреннего сгорания.

1. Размеры беды: от выхлопных газов к износу. Современные исследования меняют сложившееся понимание источников твёрдых частиц в воздухе. Современные системы фильтрации выхлопных газов значительно уменьшили количество частиц, выбрасываемых из выхлопных труб автомобилей. По данным Агентства по охране окружающей среды США, прямые выбросы составляют примерно 1% всех твёрдых частиц, производимых автомобилем[1].

Основной источник загрязнения – износ шин. Аналитическая компания, в своём исследовании, пришла к выводу, что количество микрочастиц от износа шин может быть в 1000 раз больше по сравнению с количеством частиц, выбрасываемых из отфильтрованного выхлопа. Даже если учитывать, что большие частицы оседают, уровень загрязнения от шин всё равно в 400 раз выше, чем от выхлопных газов.

Глобальные масштабы проблемы велики. По информации из научных работ, ежегодно в мире выбрасывается около 2,9 миллиона тонн частиц от износа шин и 175 тысяч тонн от тормозных колодок. Другие подсчёты показывают, что один автомобиль в среднем теряет 4,1 кг веса в виде изношенной резины в год, что составляет около 6 миллионов тонн загрязнения в год во всём мире.

2. *Электромобиль: тяжёлый вес – основная проблема.* Почему электромобили создают эту проблему? Ответ прост: вес аккумуляторных батарей. Вес электромобиля вместе с батареей значительно превышает вес автомобиля с двигателем внутреннего сгорания. Средний вес обычного автомобиля составляет 1500-1800 кг, в то время как вес электромобиля превышает 2100 кг. Этот вес напрямую влияет на износ шин. Сравнительный анализ показал, что электромобиль, который на 33% тяжелее гибридного, производит примерно на 25% больше твёрдых частиц от износа шин.

Не только шины создают проблему. В электромобилях используется система рекуперативного торможения, которая снижает износ колодок, но не исключает его полностью. Частицы от тормозов – это смесь металлов и пластика, их выбросы также зависят от веса автомобиля и стиля вождения[2].

3. *Глобальный транзит микропластика: от автомагистралей до криосферы и Мирового океана*

3.1. *Механизм «взлета»: от трения к атмосферному дрейфу.* В момент контакта шины с асфальтом под воздействием высокой температуры и силы трения образуются частицы сложного состава. Они состоят из синтетических и натуральных каучуков, технического углерода (сажи), тяжелых металлов (цинка, меди, кадмия) и пластификаторов.

Частицы размером PM10 и меньше (менее 10 микрон) настолько легки, что турбулентные потоки воздуха, создаваемые движущимся транспортом, подбрасывают их в верхние слои тропосферы.

Здесь они подхватываются глобальными воздушными течениями. Среднее время пребывания таких частиц в атмосфере составляет от 17 до 37 дней. За этот период частица может совершить межконтинентальный перелет, пересекая государственные границы и океаны[3].

3.2. *Океанический финал: невидимый поток пластика.* Мировой океан является главным «стоком» для атмосферного микропластика. Согласно последним данным:

Около 30–34% всех выбросов от износа шин оседает непосредственно в океанические воды в результате сухого и влажного (с дождем) осаждения.

Ежегодный объем «шинного» микропластика, попадающего в океан из атмосферы, превышает 200 000 тонн.

Этот объем сопоставим с общим количеством пластикового мусора, выносимого всеми реками мира. Однако, в отличие от пластиковых бутылок,

частицы износа шин имеют более высокую плотность (из-за содержания минеральных наполнителей и металлов), поэтому они быстрее тонут, загрязняя глубоководные донные отложения и становясь частью рациона донных организмов.

3.3. Угроза для «белого безмолвия»: Арктика и ледники. Наиболее тревожным аспектом является перенос микрочастиц в удаленные и экологически уязвимые регионы — Арктику, Антарктику и высокогорные ледники. Исследования показывают, что до 50–60 тысяч тонн микрочастиц ежегодно достигают зон, покрытых снегом и льдом.

Эффект Альбеда: Белоснежная поверхность льда отражает до 90% солнечной энергии. Темные частицы шинного износа (в составе которых до 30% составляет технический углерод/сажа) поглощают солнечный свет и нагреваются. Это приводит к локальному подтаиванию льда вокруг каждой микрочастицы.

Климатическая обратная связь: Ускоренное таяние ледников обнажает темную почву или воду, которые поглощают еще больше тепла, что запускает катастрофическую цепочку глобального потепления. Таким образом, износ шин в Лондоне или Шанхае напрямую способствует исчезновению полярных льдов.

3.4. Биологическое воздействие: химическая «троянский конь». Путешествуя по планете, микрочастицы не просто механически загрязняют среду. Они выступают в роли «сорбентов», собирая на своей поверхности другие токсичные вещества из атмосферы (например, ПАУ — полициклические ароматические углеводороды). При попадании в воду или организмы частицы начинают вымывать опасные присадки. Одной из таких добавок является 6PPD-хинон (производное антиоксиданта для шин), который, как доказано учеными, вызывает массовую гибель лососевых рыб даже в крайне низких концентрациях.

4. Состав. Микропластик от шин — это не просто резина. Шины состоят из синтетического и натурального каучука, технического углерода, металлов и химических добавок, которые улучшают прочность и износостойкость. Особенно опасна добавка 6PPD — антиоксидант, который предотвращает разрушение резины[4]. При взаимодействии с озоном 6PPD превращается в 6PPD-хинон. Это токсичное вещество для некоторых видов рыб. Небольшие концентрации 6PPD-хинона вызывают отравления и гибель рыб. Попадая в реки с дорожным стоком, этот токсин представляет угрозу для водных экосистем.

5. Пути решения проблем с помощью комплекса мер:

Снижение веса автомобилей: Необходимо создавать более лёгкие электромобили, и использовать твердотельные аккумуляторы с высокой энергоёмкостью, чтобы снизить вес батарей и сохранить запас хода [5].

Новые материалы для шин: Нужны экологичные и износостойкие материалы, которые будут производить меньше микрочастиц и не содержать опасных добавок, таких как 6PPD.

Сбор частиц: Необходимо устанавливать на автомобили уловители тормозной пыли. Создать эффективные системы сбора и фильтрации ливневых стоков с дорог [6].

Регулирование: Ввести стандарты, которые будут ограничивать не только выхлопные газы, но и износ шин и тормозов. Этот вопрос обсуждается в разных странах.

Снижение интенсивности движения: Развитие общественного транспорта, каршеринга, создание условий для безопасного передвижения на велосипедах и пешком [7].

Заключение. Проблема микропластика от шин и тормозов не отменяет необходимости перехода на электромобили для борьбы с изменением климата и загрязнением воздуха выхлопными газами. Эта проблема показывает, что любое решение может иметь непредвиденные последствия. Электромобили не решают всех проблем, и игнорирование других источников загрязнения может свести на нет экологические улучшения. Важно понимать эту задачу, для разработки комплексной транспортной политики.

Литература

1. Об охране атмосферного воздуха : закон РФ; – М. : Проспект, 2024. – 48 с.
2. Азаров, В.К. Исследование невыхлопных выбросов твердых частиц легковыми автомобилями / В. К. Азаров, В. Ф. Кутенев, С. В. Гайсин // Журнал автомобильных инженеров. – 2018. – № 4 (111). – С. 44–48.
3. Васильев, А.В. Проблемы экологической безопасности электромобилей: мифы и реальность / А.В. Васильев // Экология и промышленность России. – 2021. – Т. 25, № 9. – С. 58–63.
4. Ворожейкина, Н.Г. Загрязнение атмосферного воздуха микрочастицами износа дорожного полотна и автомобильных шин / Н. Г. Ворожейкина // Экологические системы и приборы. – 2019. – № 11. – С. 15–22.
5. Голованов, В.О. Влияние массы транспортного средства на интенсивность износа шин / В.О. Голованов // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – № 1 (80). – С. 55–60.
6. Евтюков, С.А. Оценка выбросов продуктов износа шин и тормозных механизмов автотранспортных средств / С. А. Евтюков, Д. В. Рогов // Вестник гражданских инженеров. – 2017. – № 6 (65). – С. 273–281.
7. Кузнецов, И.В. Сравнительный анализ экологических характеристик автомобилей с двигателями внутреннего сгорания и электромобилей / И. В. Кузнецов // Транспортное дело России. – 2022. – № 2. – С. 180–183.