

Закключение. Проведенными исследованиями установлено наличие выраженной индивидуальной и видовой чувствительности диких птиц к условиям зоопаркового содержания. Индекс H/L может быть рекомендован в качестве информативного биомаркера для оценки уровня стресса и степени адаптации птиц в искусственной среде.

Литература.

1. Cockrem, J. F. Stress, corticosterone responses and avian personalities / J. F. Cockrem // Journal of Ornithology. - 2007. - Vol. 148, Suppl. 2. - P. S169–S178.
2. Gross, W. B. Evaluation of the heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens / W. B. Gross, H. S. Siegel // Avian Diseases. - 1983. - Vol. 27. - P. 972–979.
3. Moberg, G. P. The biology of animal stress: basic principles and implications for animal welfare / G. P. Moberg, J. A. Mench. - Wallingford : CABI Publishing, 2000. — 377 p.
4. Morgan, K. N. Sources of stress in captivity / K. N. Morgan, C. T. Tromborg // Applied Animal Behaviour Science. - 2007. - Vol. 102. - P. 262–302.

УДК 613.48:677.49

**СИНТЕТИЧЕСКАЯ СПОРТИВНАЯ ОДЕЖДА КАК ИСТОЧНИК
МИКРОПЛАСТИКА: ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ И ПУТИ
СНИЖЕНИЯ**

Бонько Д.В., Стегашёва Д.С., Васёха А.А.

УО «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет», г. Витебск, Республика Беларусь

*В статье рассматривается проблема выброса микропластиковых волокон при стирке синтетической спортивной одежды. На основе анализа международных научных публикаций (2015-2025 гг.) выявлены масштабы выбросов для различных синтетических материалов и факторы, влияющие на интенсивность выбросов. Установлено, что технические и социальные меры способны снизить выбросы на 50-80%. Предложен комплекс мер для Республики Беларусь. **Ключевые слова:** микропластик, спортивная одежда, синтетические ткани, экологические риски, Республика Беларусь.*

**SYNTHETIC SPORTSWEAR AS A SOURCE OF MICROPLASTICS:
ENVIRONMENTAL RISKS AND MITIGATION STRATEGIES**

Bonko D.V., Stegashova D.S., Vaseha A.A.

Vitebsk State Order of Peoples Friendship Medical University, Vitebsk,
Republic of Belarus

*This article examines the release of microplastic fibers during washing of synthetic sportswear. Based on an analysis of international scientific publications (2015-2025), the scale of emissions for various synthetic materials and factors influencing emission intensity are identified. It has been established that technical and social measures can reduce emissions by 50-80%. A set of measures for the Republic of Belarus is proposed. **Keywords:** microplastics, sportswear, synthetic fabrics, environmental risks, Republic of Belarus.*

Введение. Современная спортивная индустрия демонстрирует устойчивый рост производства синтетического текстиля. Полиэстер, эластан, нейлон и другие синтетические материалы составляют более 60-70% ассортимента спортивной одежды благодаря влагоотведению, лёгкости, эластичности, износостойкости, доступности [1]. Однако всё больше научных данных указывает на серьёзную экологическую проблему: выброс микропластиковых волокон при стирке [2, 3].

Микропластик (частицы до 5 мм) образуется при истирании синтетических тканей в процессе стирки. Один цикл стирки куртки из флиса (полиэстер) может дать от 0,5 до 2 граммов микроволокон [2, 3]. Спортсмены и люди, ведущие активный образ жизни, стирают спортивную форму значительно чаще обычной одежды, что увеличивает масштаб проблемы.

В Республике Беларусь данная проблема остаётся практически не исследованной. Отсутствуют национальные нормативы по содержанию микропластика в сточных водах, не проводятся системные исследования выбросов от спортивного текстиля, нет просветительских программ для населения.

Цель данной статьи – оценить масштабы выбросов микропластика, выявить ключевые факторы, предложить практические меры по снижению экологических рисков для Республики Беларусь.

Материалы и методы исследований. Нормативную базу составили международные научные статьи, опубликованные в рецензируемых журналах за период 2015-2025 гг., посвящённые проблеме микропластика от текстиля. Поиск осуществлялся в базе данных Google Scholar. В работе использованы методы контент-анализа, сравнительного анализа, а также метод моделирования.

Результаты исследований. Анализ научных публикаций позволил установить, что различные синтетические материалы демонстрируют разную интенсивность выброса микроволокон. Полиэстер и акрил дают наибольшее количество частиц (до 1-2 г за стирку) [2,3], нейлон – меньше, однако он токсичнее [4]. Эластан (спандекс) высвобождает минимум волокон, но часто используется в смесовых тканях [2].

Важной закономерностью является то, что первая стирка новой одежды даёт пик выбросов – до 3-5 раз выше последующих стирок. Далее интенсивность выбросов снижается, но полностью не прекращается на протяжении всего срока службы изделия [3].

Последующая систематизация данных позволила выделить четыре группы факторов, влияющих на количество высвобождаемого микропластика [2-4].

1. Температура стирки: стирка при 30°C снижает выбросы на 30-50% по сравнению со стиркой при 60°C. Высокие температуры делают волокна более хрупкими и ускоряют их разрушение [3].

2. Обороты отжима: высокие обороты центрифуги (1000-1400 об/мин) усиливают механическое трение и истирание ткани. Использование низких оборотов (400-600 об/мин) позволяет существенно сократить выбросы [2].

3. Тип моющего средства: жидкие моющие средства менее абразивны, чем порошки, которые содержат твёрдые частицы, способствующие истиранию волокон. Кондиционеры для белья, в свою очередь, в некоторых исследованиях не снижают выбросы, а даже увеличивают их [4].

4. Использование фильтрующих устройств: специальные мешки для стирки задерживают до 50-80% высвобождающихся микроволокон [4].

Микроволокна поступают со сточными водами на очистные сооружения, которые задерживают лишь 10-30% микропластика; остальное попадает в водоёмы, где заглатывается гидробионтами (рыбы, моллюски и другие), что приводит к их попаданию в пищевые цепи, включая организм человека [5]. Для Беларуси, обладающей разветвленной речной сетью и системой водохранилищ, данная проблема актуальна, но собственных исследований нет.

На основе выявленных факторов предложена система мер, разделенная на три уровня [2-5]. Для населения и спортсменов: стирка при температуре 30°C, низких оборотах отжима; применение фильтрующих мешков; использование жидких моющих средств; полная загрузка стиральной машины; отказ от кондиционера при стирке. Для производителей спортивной одежды: разработка и внедрение биоразлагаемых тканей с пониженным истиранием волокон; маркировка продукции с указанием экологических рисков. Для Республики Беларусь: проведение собственных научных исследований по оценке выбросов микропластика от спортивного текстиля; мониторинг содержания микропластика в водоёмах; разработка информационно-просветительских материалов для населения.

Закключение. Проведённый анализ международных исследований подтверждает, что синтетическая спортивная одежда является значимым источником микропластика в окружающей среде [1-5]. При этом технические и социальные меры способны снизить выбросы на 50-80% без существенных затрат со стороны потребителя [4].

Комплексное применение предложенных мер – от индивидуальных действий потребителей до государственного регулирования – способно минимизировать экологические риски, связанные с использованием синтетической спортивной одежды, и внести вклад в обеспечение экологической безопасности Республики Беларусь.

Литература.

1. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks / M. A. Browne, P. Crump, S. J. Niven [et al.] // Environmental Science & Technology. – 2011. – Vol. 45, № 21. – P. 9175–9179.

2. Napper, I. E. Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: effects of fabric type and washing conditions / I. E. Napper, R. C. Thompson // Marine Pollution Bulletin. – 2016. – Vol. 112, № 1–2. – P. 39–45.
3. Evaluation of microplastic release caused by textile washing processes / F. De Falco, M. P. Gullo, G. Gentile [et al.] // Scientific Reports. – 2018. – Vol. 8, № 1. – P. 135–143.
4. Microfiber masses recovered from conventional machine washing of new or aged garments / N. L. Hartline, N. J. Bruce, S. N. Karba [et al.] // Environmental Science & Technology. – 2016. – Vol. 50, № 21. – P. 11532–11538.
5. Plastic Soup Foundation. Out of the box: the environmental impact of sportswear [Электронный ресурс]. – Amsterdam : Plastic Soup Foundation, 2021. – Режим доступа: <https://www.plasticsoupfoundation.org>. – Дата доступа: 14.04.2026.

УДК 502.55. (550.812.14) 551.583.1

АНАЛИЗ CO₂ И ПОЛЛЮТАНТОВ ГАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Васильева М.П., Васильева Т.Н.

ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и
агротехнологий Российской академии наук»,
г. Оренбург, Российская Федерация

*Исследование атмосферного воздуха в промышленной зоне направлено на изучение ключевых источников для дальнейшей разработки предложений по сокращению выбросов предприятий. В районе исследования среднесуточные концентрации CO₂, C12-19 и продукты сгорания выделялись в пределах нормы. Даже при отрицательной динамике выделения в атмосферу CO₂, сажи и других производных химических соединений при сжигании газа и нефти, производство вносит свой вклад в глобальное изменение климата. **Ключевые слова:** диоксид углерода, атмосферный воздух, газ.*

ANALYSIS OF CO₂ AND POLLUTANTS FROM THE GAS PRODUCTION AND PROCESSING INDUSTRY

Vasileva M.P., Vasileva T.N

Federal Research Center for Biological Systems and Agricultural Technologies
of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russian Federation

The study of atmospheric air in an industrial zone aims to understand key sources for the further development of proposals to reduce industrial emissions. In the study area, average daily concentrations of CO₂, C12-19, and