

РЕАЛИЗАЦИЯ ЦУР В СФЕРЕ ОБРАЩЕНИЯ С ЭЛЕКТРОННЫМИ ОТХОДАМИ: МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ

А. В. Петрашевская

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь,
petrala@bsu.by*

В статье анализируются актуальные подходы к реализации Целей устойчивого развития (ЦУР) в контексте обращения с электронными отходами на международном уровне. Особое внимание уделяется интеграции принципов циркулярной экономики, таких как расширенная ответственность производителей, повторное использование и переработка, в практики управления электронными отходами. На основе сравнительного анализа страновых стратегий и корпоративных инициатив раскрываются институциональные и технологические инструменты достижения ЦУР, в частности целей 12 (Рациональное потребление и производство), 13 (Борьба с изменением климата) и 3 (Хорошее здоровье и благополучие). Подчеркивается значительная диспропорция между развитыми и развивающимися странами в уровне образования и переработки электронных отходов, что требует активизации международного сотрудничества, трансфера технологий и нормативной гармонизации. Представленные результаты демонстрируют, что эффективное управление электронными отходами является неотъемлемой частью устойчивого развития и требует межсекторальной координации и долгосрочного стратегического планирования.

Ключевые слова: ЦУР; циркулярная экономика; электронные отходы; жизненный цикл; эко-дизайн; ресейлинг; бизнес-модель; устойчивое развитие.

IMPLEMENTATION OF SDGS IN THE SPHERE OF ELECTRONIC WASTE MANAGEMENT: INTERNATIONAL EXPERIENCE

A. V. Petrasheuskaya

*Belarusian State University,
4 Niezaliezhnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus, petrala@bsu.by*

The article analyzes current approaches to the implementation of the Sustainable Development Goals (SDGs) in the context of e-waste management at the international level. Particular attention is paid to the integration of circular economy principles, such as extended producer responsibility, reuse and recycling, into e-waste management practices. Based on a comparative analysis of country strategies and corporate initiatives, institutional and technological instruments for achieving the SDGs are revealed, in particular goals 12 (Sustainable Consumption and Production), 13 (Climate Action) and 3 (Good Health and Well-Being). A significant disparity between developed and developing countries in the level of e-waste generation and recycling is emphasized, which requires enhanced international cooperation, technology transfer and regulatory harmonization. The presented results demonstrate that effective e-waste management is an integral part of sustainable development and requires intersectoral coordination and long-term strategic planning.

Keywords: SDG; circular economy; e-waste; life cycle; eco-design; reselling; business model; sustainable development.

Современная структура потребления характеризуется высокой степенью технологической насыщенности, что выражается в масштабном производстве электрического и электронного оборудования, устройств информационно-коммуникационных технологий и телекоммуникационных систем. Возрастающий спрос на данную продукцию обусловлен как ростом численности населения и уровнем урбанизации, так и ускоренной сменой поколений техники, стимулируемой инновациями и маркетинговыми

стратегиями производителей. По завершении жизненного цикла эти изделия утрачивают свою потребительскую ценность и переходят в категорию электронных отходов (е-отходов), формируя одно из наиболее остро стоящих экологических и экономических вызовов современной индустриализированной цивилизации. Эскалация объемов е-отходов обусловлена как кратким жизненным циклом продуктов, так и отсутствием универсальных, высокоэффективных механизмов их возврата в экономический оборот. В 2022 г. глобальное производство электронных отходов составило **62 млн т**, что эквивалентно **7,8 кг на душу населения**. Из них только **22,3 %** было официально собрано и переработано (формальная переработка), остальное либо незаконно экспортировано, либо захоронено/сожжено в неподходящих условиях. Для сравнения, в 2019 г. объем мировых электронных отходов составлял 53,6 млн т, что на 21 % больше, чем в 2015 г., что свидетельствует о быстрых темпах развития технологий [1]. В 2022 г. наибольший удельный объем образования электронных отходов среди развитых стран зафиксирован в Норвегии – около 26 кг на душу населения, за ней следуют Великобритания (24 кг/чел.) и Швейцария (23 кг/чел.). Сравнительно высокие значения наблюдаются также в ряде других индустриально развитых государств, включая Данию, Австралию, Нидерланды, Японию, Германию, Францию и Канаду, где средний объем электронных отходов на душу населения находится в диапазоне от 19 до 22 килограмм в год. В развивающихся странах этот показатель варьируется от 2 до 7 кг/чел. Производство электронных отходов также значительно различается по регионам: на Азию приходится 46,4 % мировых электронных отходов, за ней следует Америка с 24,4 % [2]. Эти показатели свидетельствуют о высокой степени насыщенности потребительского рынка электронными устройствами и обостряют необходимость в эффективных системах управления отходами и расширенного цикла переработки.

На современном этапе электронные отходы представляют собой сложные многокомпонентные техногенные материалы, включающие широкий спектр компонентов различной природы. В их состав входят полимерные соединения, используемые в корпусах и изоляционных элементах, а также токсикологически важные неорганические компоненты, в том числе тяжелые металлы – свинец, ртуть, кадмий, бериллий и хром. Наличие указанных веществ обуславливает высокую экологическую опасность электронных отходов при их неконтролируемом накоплении, нарушении условий хранения или несоблюдении технологий утилизации и переработки. При несоблюдении стандартов утилизации, особенно в случаях открытого сжигания, происходит выделение высокотоксичных летучих соединений, оказывающих острое и хроническое воздействие на здоровье человека, включая заболевания дыхательной системы, онкологические патологии, дерматологические реакции, репродуктивные дисфункции и нейротоксические эффекты. Свинец, в частности, представляет особую опасность для детского организма, нарушая когнитивное развитие и функционирование почек, а в высоких концентрациях может быть летален. Неправильная утилизация электронных отходов ведет к загрязнению почв и водоносных горизонтов вследствие миграции тяжелых металлов, что обуславливает как ухудшение агроэкологических характеристик земель, так и накопление токсикантов в продовольственной продукции. Таким образом, формируется долгосрочная угроза устойчивости продовольственных систем и здоровью населения, особенно в развивающихся странах и регионах с низким уровнем экологического контроля.

В связи с вышеописанными рисками происходит трансформация государственного и корпоративного дискурса в сторону концепции циркулярной экономики, предполагающей закрытие производственно-потребительских циклов через повторное использование, восстановление и

переработку компонентов ЭЭО. Ключевыми стратегиями в данном контексте являются: продление жизненного цикла продуктов, извлечение вторичной материальной и функциональной ценности, сокращение потребления первичных ресурсов и минимизация негативного воздействия на климат посредством снижения объема выбросов парниковых газов. Одним из эффективных механизмов в рамках циркулярной модели выступает внедрение расширенной ответственности производителя, согласно которой производители несут институционально закрепленную финансовую и/или физическую ответственность за послепотребительскую фазу жизненного цикла продукции. Данная модель стимулирует как эко-дизайн, так и инновационные формы логистики возврата, переработки и безопасной утилизации.

В **2022 г.** программы переработки электронных отходов позволили избежать добычи **900 млн т первичной руды** и сэкономить около **93 млн т CO₂ эквивалента**, из которых **52 млн т** за счет металлургии [3]. Наиболее успешными примерами циркулярного управления электронными отходами являются такие страны, как Швейцария, Южная Корея, Япония, Германия и Нидерланды. В Швейцарии действует одна из первых и наиболее эффективных систем расширенной ответственности производителей. Производители и импортеры электроники обязаны финансировать сбор, переработку и утилизацию устройств. В 2022 г. уровень переработки электронных отходов в стране превысил 75 %. Южная Корея реализовала модель «экосистемы переработки», где технологии искусственного интеллекта используются для автоматизированной сортировки компонентов. Государственная корпорация *Korea Electronics Recycling Cooperative* занимается сбором и переработкой электронных отходов, добиваясь возврата более 80 % цветных и редкоземельных металлов. В Японии система управления электронными отходами основана на Законе об утилизации бытовой электроники. В стране действует более 400 центров переработки, и

уровень возврата материалов достигает 89 % по четырем основным категориям продукции (телевизоры, холодильники, кондиционеры, стиральные машины). В Нидерландах функционирует национальная платформа *Weee Nederland*, координирующая переработку электроники, а также стимулирующая вторичное использование через платформы обратной логистики. Практика ремонтных мастерских и ресейлинга входит в национальную стратегию сокращения отходов [3].

Многонациональные компании также играют ключевую роль в переходе к циркулярной модели. *Apple* реализует программу «*Daisy*» – роботизированную систему демонтажа смартфонов для возврата редкоземельных металлов. По данным компании, в 2022 г. более 20 % используемых металлов было получено из вторичных источников. Компания *Dell Technologies* запустила инициативу «*Closed Loop Recycling*», включающую использование переработанных пластиковых и металлических компонентов в новых продуктах. К 2030 г. компания ставит цель использовать не менее 50 % переработанных или возобновляемых материалов в своей продукции. Компания *HP* внедряет программы в 60 странах мира, перерабатывая принтеры, картриджи и ноутбуки, а также использует переработанный пластик для производства новых устройств. В 2023 г. около 75 % пластиковых деталей принтеров *HP* производились из вторичного сырья [3].

Тем не менее, эффективное внедрение принципов циркулярной экономики в управление электронными отходами требует системного и многоуровневого подхода, сочетающего как нормативно-правовые инструменты, так и институциональные, технологические и поведенческие механизмы. В качестве ключевых условий успешной реализации циркулярной модели следует выделить:

- нормативное закрепление расширенной ответственности производителей как правовой основы обращения с электронными отходами.

- формирование современной инфраструктуры переработки, способной эффективно извлекать ценные материалы с применением автоматизированных технологий и ИИ;
- стимулирование инновационного дизайна электронных устройств с ориентацией на модульность, ремонтопригодность и экологическую безопасность;
- усиление международного надзора и правоприменения в отношении незаконного трансграничного перемещения электронных отходов в развивающиеся страны;
- проведение просветительских и образовательных кампаний среди потребителей, направленных на осознание экологических и экономических последствий электронных отходов.

Мировой опыт демонстрирует, что интеграция циркулярной экономики в сферу обращения с электронными отходами способствует не только снижению антропогенной нагрузки на окружающую среду, но и формирует новые рынки, способствует технологической модернизации и укреплению ресурсного суверенитета. Реализация данных подходов позволяет рассматривать управление электронными отходами как стратегический элемент устойчивого развития национальных экономик.

Библиографический список

1. Electronic waste: Digital dumpsites and children's health // World Health Organization. – 02.10.2024. – URL: <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/children-and-digital-dumpsites-e-waste-and-health> (date of access: 02.06.2025).
2. Creating a Circular Economy for Electronic and Electrical Equipment // International Telecommunication Union. – URL: <https://www.itu.int/en/mediacentre/backgrounders/Pages/e-waste.aspx> (date of access: 02.06.2025).
3. Global E-waste Monitor 2024: Edition 2, Nov. 2024 / C. P. Baldé, R. Kuehr, T. Yamamoto [et al.] // E-Waste monitors. – URL: https://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2024/12/GEM_2024_EN_11_NOV-web.pdf (date of access: 02.06.2025).