

УДК 330.34

JEL Q51

DOI: <http://doi.org/10.25728/econbull.2022.4.3-raslambekova>

## **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И СОЦИАЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

**Расламбекова Наталия Дмитриевна**

*Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия,  
e-mail: natalia\_raslambekova@mail.ru; SPIN-код: 8991-1872*

**Аннотация:** в статье рассматриваются вопросы актуальности утилизации отходов электротехнического и электронного оборудования (ОЭЭО). Актуальность правильного обращения с электронными отходами обусловлена тем, что количество ОЭЭО в мире увеличивается, что оказывает негативное воздействие на здоровье людей и окружающую среду. В данной статье проанализирована экологическая, социальная и экономическая эффективность от переработки отходов электрического и электронного оборудования. Представлены некоторые данные по образованию и составу отходов от электронного оборудования.

**Ключевые слова:** отходы электротехнического и электронного оборудования, обращение с отходами, утилизация, переработка e-waste

## **ECONOMIC, ENVIRONMENTAL AND SOCIAL EFFICIENCY OF E-WASTE RECYCLING**

**Raslambekova Natalia Dmitrievna**

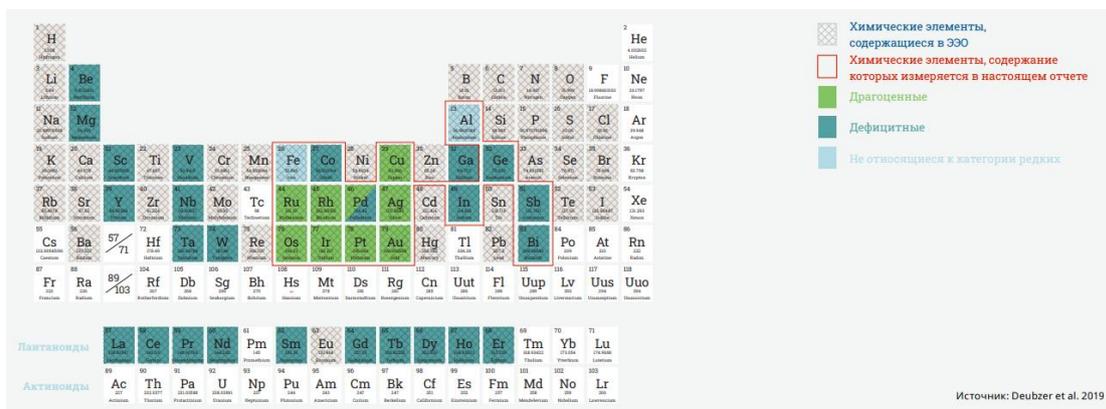
*Kuban State University, Krasnodar, Russia,  
e-mail: natalia\_raslambekova@mail.ru; SPIN code: 8891-1872*

**Abstract:** the article deals with the relevance of the disposal of waste electrical and electronic equipment (WEEE). The urgency of the correct handling of e-waste is due to the fact that the amount of WEEE in the world is increasing, which has a negative impact on human health and the environment. One of the main problems on the way to the formation of the industry for the processing of electronic waste in various countries can be identified as a low level of waste collection. This article analyzes the environmental, social and economic efficiency of recycling waste electrical and electronic equipment. Some data on the formation and composition of waste from electronic equipment are presented.

**Keywords:** waste electrical and electronic equipment, waste management, disposal, recycling, e-waste

**Введение.** При производстве электрического и электронного оборудования (ЭЭО) применяются самые разные материалы. В целом, в составе ЭЭО может быть обнаружено до 69 элементов Периодической таблицы, включая драгоценные металлы (например: золото, серебро, медь, платина, палладий, рутений, родий и др.), дефицитные сырьевые материалы (например: кобальт, палладий, индий и др.),

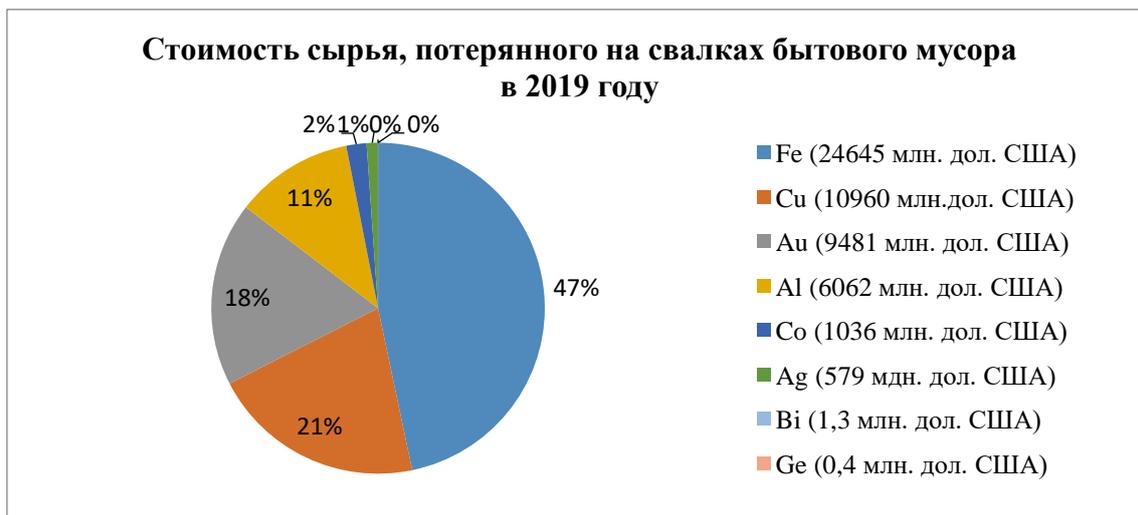
а также металлы, не относящиеся к категории редких (такие как алюминий и железо) (рис. 1).



**Рис. 1** – Периодическая таблица Менделеева, с указанием химических элементов, содержащихся в электронном и электротехническом оборудовании. Источник: [1]

Концентрация основных металлов (например, золота), используемых в некоторых устройствах, таких как мобильные телефоны и персональные компьютеры, относительно высока – 280 г на тонну электронных отходов.

**Экономическая эффективность от переработки ОЭЭО.** В 2019 году стоимость определенных видов сырьевых материалов, содержащихся в электронных отходах, равнялась примерно 57 млрд. долл. США, а их общее количество составляло 25 млн. т. Основную долю сырьевых материалов, содержащихся в электронных отходах, составляли железо, алюминий и медь (рис. 2).



**Рис. 2** – Стоимость сырья, потерянного на свалках бытового мусора в 2019 году. Источник: разработано автором на основе [2]

Электронные отходы – это золотая жила, поскольку в них содержится целый ряд ценных, редких и прочих металлов, которые после переработки можно использовать в качестве вторичного сырья. При этом уровень документально

оформленного сбора и переработки электронных отходов составляет всего 17,4% [2]. Из таких отходов во всем мире экологически чистыми способами можно получить сырье общей стоимостью 10 млрд. долл. США, и на последующую переработку может поступить 4 млн. т. сырья. Переработка железа, алюминия и меди позволит избежать выбросов 15 млн. т. эквивалента CO<sub>2</sub>, поскольку такое переработанное вторичное сырье может быть использовано вместо первичных материалов (рис. 3).

Крайне важно существенно повышать мировой показатель официального документированного сбора и переработки электронных отходов, особенно с учетом стремительного нарастания объемов ОЭЭО, а также наращивать переработку материалов, чтобы использовать их в рамках замкнутого цикла и снижать масштабы использования первичного сырья. Прогнозируется, что объем ОЭЭО к 2030 году достигнет 74,7 млн. т. [3].



**Рис. 3** – Распределение отходов электронного и электротехнического оборудования. Источник: [2]

Раздельный сбор и раздельная переработка электронных отходов могут быть экономически целесообразны в отношении устройств с высокой концентрацией и высоким содержанием драгоценных металлов. Однако уровень рециркуляции большинства дефицитных сырьевых материалов все еще очень низок, и в отношении драгоценных металлов его можно повысить, улучшив качество сбора и предварительной обработки электронных отходов. В тонне смартфонов золота в 100 раз больше, чем в тонне золотой руды. Самые богатые на земле залежи ценных материалов находятся на свалках или в домах людей. Если посмотреть на рынок смартфонов, то в 2017 году было продано 1,46 млрд. штук. Каждая единица в розничной торговле содержит электрические компоненты стоимостью более 100,49 долл. Таким образом, каждый год на рынке оказываются материалы, имеющие большую ценность. Если переработать только сырье, можно получить до 11,5 млрд. долларов США. Последние прогнозы показывают, что стоимость электронных отходов составляет 62,5 млрд. долларов США в год, что превышает ВВП большинства стран. Это также в три раза больше добычи всех серебряных рудников в мире [4].

Эффективное использование товаров – вторая жизнь, которая сохраняет материалы при более высокой стоимости. Глобальные рынки для второй жизни смартфонов хорошо развиты, особенно в верхней части рынка. Однако есть

значительные возможности для улучшения. Чтобы воспользоваться этой возможностью, важно двигаться к экономике замкнутого цикла для электроники.

**Экологическая эффективность от переработки ОЭЭО.** Электронные отходы содержат некоторые токсичные добавки или вредные вещества, например, ртуть, бромированные замедлители горения (БЗГ) и хлорфторуглероды (ХФУ) или гидрохлорфторуглероды (ГХФУ). Увеличение объемов электронных отходов, низкие показатели сбора, а также небезопасные с экологической точки зрения методы хранения и обработки таких потоков отходов создают серьезные риски для окружающей среды и здоровья людей. Ежегодно по всему миру в не оформленных официально потоках электронных отходов обнаруживается в общей сложности 50 т ртути и 71 тыс. т содержащих БЗГ пластмасс, значительная доля которых попадает в окружающую среду и оказывает вредное воздействие на здоровье работников [5].

Ненадлежащее управление электронными отходами способствует глобальному потеплению. Во-первых, если материалы, содержащиеся в электронных отходах, не подвергаются переработке, они не могут заменить собой первичное сырье и снизить выбросы парниковых газов, происходящие в ходе добычи и очистки такого сырья. Во-вторых, парниковые газы используются в качестве хладагентов в некоторых видах теплообменного оборудования. Из списанных холодильников и кондиционеров, не прошедших экологически чистую переработку, в атмосферу попало в общей сложности 98 млн.т эквивалента CO<sub>2</sub>. Это составило приблизительно 0,3% от всех связанных с энергетикой выбросов в 2019 году.

Влияние электронных отходов на окружающую среду и человека:

1. Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами и токсичными химическими веществами, при неправильной утилизации ОЭЭО (К примеру, кадмий, свинец содержится в источниках тока);

2. Неправильная переработка ОЭЭО вызывает загрязнение воздуха, почвы и воды:

– Загрязнение воздуха: при сжигании проводов (для извлечения меди из-под резиновой изоляции) в атмосферу выбрасываются углеводороды;

– Загрязнение воды: при неправильной утилизации токсины из электронных отходов попадают в пруды, озера и грунтовые воды;

– Загрязнение почвы: отходы переработки выбрасываются на поля или другие крупные свалки. Химические вещества выщелачиваются в землю и поглощаются растениями их почвы.

3. Увеличение количества добычи полезных ископаемых, может привести к глобальному потеплению;

4. Увеличение выбросов парниковых газов;

5. Вред здоровью человека из-за поглощения токсичных химических веществ через воздух и грунтовые воды, токсины могут попасть в пищу и питьевую воду. К примеру, бромированные антипирены, содержащиеся в печатных платах или коннекторах и кабелях, воздействуют на нервную систему или вызывают раковые заболевания.

**Социальная эффективность от переработки ОЭЭО.** В сентябре 2015 года ООН и все ее государства-члены приняли масштабную Повестку дня в области устойчивого развития на период до 2030 года и определили на последующие 15 лет 17 целей и 169 задач в области устойчивого развития (ЦУР), направленных на

избавление от нищеты, защиту планеты и создание всеобщего процветания. Увеличение объема электронных отходов, ненадлежащее и небезопасное обращение с ними, их вредная утилизация путем сжигания или вывоза на мусорные полигоны серьезно угрожают окружающей среде и здоровью человека, а также достижению целей и задач ЦУР.

Управление электронными отходами имеет непосредственное отношение ко многим ЦУР, например, к цели 8 (Достойная работа и экономический рост), цели 3 (Хорошее здоровье и благополучие), цели 6 (Чистая вода и санитария) и цели 14 (Сохранение морских экосистем). Например, учитывая высокий спрос на сырье для производства ЭЭО, электронные отходы взаимосвязаны с показателями ЦУР по ресурсозатратам (ЦУР 8.4.1 и 12.1.1) и с ЦУР по внутреннему материальному потреблению (ЦУР 8.4.2 и 12.2.2). Для отслеживания хода достижения ЦУР прибегают к показателям сравнительно общего характера. В отношении электронных отходов, напротив, смотрят на конкретный субпоказатель, позволяющий отслеживать рост потока отходов, что особенно важно как ввиду их потенциального вредного воздействия, так и высокой остаточной стоимости. Электронные отходы официально входят в план работы по достижению показателя ЦУР 12.5.1 и в документы, относящиеся к этому показателю. Вопрос о необходимости учета проблемы электронных отходов освещается и в материалах по показателю ЦУР 12.4.2 в отношении опасных отходов [6]. Люди часто подвергаются воздействию от неофициальной переработки электронных отходов, вдыхая токсичные испарения и взвешенные частицы, а также при попадании едких веществ и химикатов на кожу или потребляя загрязненную пищу и воду.

Во многих странах предприниматели и кооперативы, занимающиеся утилизацией электронных отходов, увеличивают объемы переработки, и проводят эксперименты с инклюзивными бизнес-моделями для эффективного управления электронными отходами. Предприниматели создали тысячи достойных рабочих мест в безопасных условиях для тех, кто раньше был неформальным работником в цепочке создания стоимости электронных отходов. При правильном сочетании политики и доступа к финансам, такие подходы могут быть расширены и масштабированы, создавая дополнительные рабочие места для десятков или даже сотен тысяч работников в экономике замкнутого цикла. При этом некоторые из них могут быть низкооплачиваемыми и низкоквалифицированными работниками, но со временем это изменится в широком диапазоне появления возможностей трудоустройства. Изменения приведут к необходимости новых сотрудников таких как дизайнеров, экономистов по замкнутому циклу, специалистов по городской добыче ресурсов и т. д.

**Заключение.** Электронные отходы воздействуют на окружающую среду, а также вносят свой вклад в каждую из сфер жизни человека и его образ жизни. Проанализировав последствия в каждой из сфер обращения электронных отходов, можно сделать вывод, что экологическая, экономическая и социальная эффективность в сфере обращения с отходами электронного и электротехнического оборудования имеют прямую корреляцию между собой. ОЭЭО могут принести экономическую выгоду для компаний, так как ежегодно цены на драгоценные металлы увеличиваются (рис.4), и при повторном использовании, можно снизить затраты компаний на покупку драгоценных металлов. Если компании начнут повторно пользоваться ресурсами, то сфера переработки начнет развиваться и со временем снизится стоимость переработки,

а также появятся новые рабочие места. С экологической точки зрения, ресурсы перестанут истощаться, снизится выделение CO<sub>2</sub>, объем свалок в мире уменьшится и т.д.



**Рис. 4** – Цена золота на Московской бирже с 1997г. по 2022 г. Источник: [7]

При правильной переработке ОЭЭО можно:

1. Добиться целей устойчивого развития;
2. Расширить сферы практического применения принципов экономики замкнутого цикла;
3. Сократить количество непереработанных электронных отходов;
4. Внедрить комплексную переработку электронного лома, с целью получения дополнительной прибыли за счет реализации попутных продуктов.

## Литература

1. Deubzer O, Herreras L, Najosi E Baseline and gap/obstacle analysis of standards and regulations – CEWASTE Voluntary Certification Scheme for Waste Treatment. –2019. –171 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа – URL: [https://cewaste.eu/wp-content/uploads/2020/03/CEWASTE\\_Deliverable-D1.1\\_191001\\_FINAL-Rev.200305.pdf](https://cewaste.eu/wp-content/uploads/2020/03/CEWASTE_Deliverable-D1.1_191001_FINAL-Rev.200305.pdf)
2. Форти, В., Корнелис П.Б., Рюдигер К. Глобальный мониторинг электронных отходов, 2020 год. Объем, потоки и потенциал циркулярной экономики. [Электронный ресурс]. – Режим доступа – URL: [https://www.itu.int/en/ITU-D/Environment/Documents/Toolbox/GEM\\_2020\\_RU\\_O21.pdf](https://www.itu.int/en/ITU-D/Environment/Documents/Toolbox/GEM_2020_RU_O21.pdf)
3. Годовой отчет 2018 // UNIDO – Организация ООН по промышленному развитию. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа – URL: [http://www.unido.ru/upload/files/a/annual\\_report\\_2018\\_rus.pdf](http://www.unido.ru/upload/files/a/annual_report_2018_rus.pdf)
4. A New Circular Vision for Electronics // United Nations with the World Economic Forum and the World Business Council for Sustainable Development. – 2019. [Электронный ресурс]. – Режим доступа – URL: [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_A\\_New\\_Circular\\_Vision\\_for\\_Electronics.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_A_New_Circular_Vision_for_Electronics.pdf)
5. Хьюнг, Н.Т.Т., Ларин О.Н. Электронная промышленность и правовые нормы по обращению с электронными отходами // Экономические отношения. – 2021. – Том 11. – №1. – с.162–182.
6. Джусупова, Д.Б., Сайлаубекова П.Н. Образование и утилизация электронных отходов как экологическая проблема современности// Норвежский журнал развития международной науки. – 2018.– №15. – с. 7–11.

7. ФИНАМ – [Электронный ресурс]. – Режим доступа – URL: <https://www.finam.ru/quote/tovary/gold/>

### **References**

1. Deubzer O, Herreras L, Hajosi E Baseline and gap/obstacle analysis of standards and regulations – CEWASTE Voluntary Certification Scheme for Waste Treatment. –2019. – 171 p. [Electronic resource]. – Access mode – URL: [https://cewaste.eu/wp-content/uploads/2020/03/CEWASTE\\_Deliverable-D1.1\\_191001\\_FINAL-Rev.200305.pdf](https://cewaste.eu/wp-content/uploads/2020/03/CEWASTE_Deliverable-D1.1_191001_FINAL-Rev.200305.pdf)

2. Forti, V., Cornelis P.B., Rudiger K. Global e-waste monitoring 2020. Volume, flows and potential of the circular economy. [Electronic resource]. – Access mode – URL: [https://www.itu.int/en/ITU-D/Environment/Documents/Toolbox/GEM\\_2020\\_RU\\_O21.pdf](https://www.itu.int/en/ITU-D/Environment/Documents/Toolbox/GEM_2020_RU_O21.pdf)

3. Annual report 2018// UNIDO – United Nations Industrial Development Organization. – [Electronic resource]. – Access mode – URL: [http://www.unido.ru/upload/files/a/annual\\_report\\_2018\\_rus.pdf](http://www.unido.ru/upload/files/a/annual_report_2018_rus.pdf)

4. A New Circular Vision for Electronics // United Nations with the World Economic Forum and the World Business Council for Sustainable Development. – 2019. [Electronic resource]. – Access mode – URL: [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_A\\_New\\_Circular\\_Vision\\_for\\_Electronics.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_A_New_Circular_Vision_for_Electronics.pdf)

5. Huong, N.T.T., Larin O.N. Electronic industry and legal norms for handling electronic waste // Economic relations. – 2021. – Vol. 11. – No. 1. – p.162–182.

6. Dzhusupova, D.B., Saylaubekova P.N. Formation and disposal of electronic waste as an environmental problem of our time // Norwegian Journal of the Development of International Science. – 2018. – No. 15. – p. 7–11.

7. ФИНАМ – [Электронный ресурс]. – Режим доступа – URL: <https://www.finam.ru/quote/tovary/gold/>

*Поступила в редакцию 12 декабря 2022 г.*