

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ КОММЕРЧЕСКОЙ И СОЦИАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТОВ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ОТХОДОВ

Светлана Валерьевна РАТНЕР^а, Дарья Михайловна БАГАЕВА^б

^а доктор экономических наук, главный научный сотрудник лаборатории экономической динамики и управления инновациями,
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Москва, Российская Федерация
lanarat@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3485-5595>
SPIN-код: 7840-4282

^б аспирантка, лаборатория управления инновациями в технических системах,
Кубанский государственный университет (КубГУ),
Краснодар, Российская Федерация
bagaeva.d@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4794-8483>
SPIN-код: 6740-9120

* Ответственный автор

История статьи:

Рег. № 261/2022
Получена 30.05.2022
Получена
в доработанном виде
13.06.2022
Одобрена 20.06.2022
Доступна онлайн
29.06.2022

УДК 338.2

JEL: C67, Q58

Ключевые слова:

электронные отходы,
коммерческая
эффективность,
социальная
эффективность,
прогнозирование,
система обратной
логистики

Аннотация

Предмет. Экономическая и социальная эффективность проектов по переработке электронных отходов. Возможность прогнозирования объемов образования отходов электронного и электрического оборудования на выбранной территории.

Цели. Разработка и апробация методики прогнозирования объемов образования электронных отходов на уровне отдельных территорий на основе открытых данных, публикуемых Росстатом.

Методология. Использованы методы проектного анализа, анализа временных рядов, а также методика Партнерства в области Глобальной статистики электронных отходов (GESP).

Результаты. Получен прогноз по объемам образования электронных отходов для 10 регионов Российской Федерации, оценен потенциал создания новых рабочих мест в сфере переработки электронных отходов для каждого из рассмотренных регионов.

Выводы. Полученные данные могут быть использованы при расчетах показателей коммерческой и социальной эффективности проектов по строительству промышленных объектов переработки. Уточнение результатов прогноза возможно за счет проведения эмпирических исследований для идентификации изменений в потребительском поведении российских граждан в ответ на изменение экономической ситуации и возникновение проблем с доступностью ряда электронных товаров.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2022

Для цитирования: Ратнер С.В., Багаева Д.М. Методологические аспекты оценки коммерческой и социальной эффективности проектов по переработке электронных отходов // *Финансы и кредит*. — 2022. — Т. 28, № 6. — С. 1332 — 1357.
<https://doi.org/10.24891/fc.28.6.1332>

Введение

Во всем мире управление электронными отходами (e-waste) является важной проблемой, особенно в городских районах. Отсутствие эффективной и хорошо спланированной стратегии управления электронными отходами приводит к многочисленным рискам для здоровья человека (рост сердечно-сосудистых заболеваний, астмы, пневмонии) и для окружающей среды (биоаккумуляция, загрязнение пищевых продуктов, загрязнение воздуха) [1]. Прирост населения, рост уровня жизни, быстрое развитие и урбанизация привели к существенному увеличению производства электронных отходов в последние годы. Согласно данным международного Партнерства в области Глобальной статистики электронных отходов (GESP) в 2014 г. в мире было произведено около 44,4 млн т электронных отходов (ЭО), что составляет в среднем 6,4 кг на человека, а в 2019 г. уже 53,6 млн т со среднемировым показателем 7,3 кг на человека [2, 3]. При этом даже в наиболее развитых странах уровень переработки не превышает 43% [4], тогда как для развивающихся стран управление отходами в целом и управление электронными отходами в частности представляет собой серьезную проблему в силу недостатка технологий, инвестиционных ресурсов и низкого уровня экологического самосознания общества [5]. Чаще всего общественность не осведомлена о рисках, связанных с электронными отходами, и о неадекватных процедурах обработки отходов, используемых в развивающихся странах. Кроме того, существенной проблемой является отсутствие статистики по количеству производимых электронных отходов [6, 7]. Как показывают многочисленные исследования, профессиональные операторы электронных отходов обычно сталкиваются со значительными препятствиями из-за низкого процента участия общественности и ненадежных систем сбора [8–10].

Между тем электронные отходы представляют собой ценный источник многих редкоземельных элементов и металлов. Так, материнская плата современного компьютера содержит 80–100 г/т золота, 350–400 г/т серебра, 5 г/т палладия, а плата мобильного телефона содержит 323 г/т золота, 2 922 г/т серебра, 7 г/т платины и 162 г/т палладия [11, 12]. Существующие на сегодняшний день технологии переработки электронных отходов —

гидрометаллургическая и пирометаллургическая переработка — являются достаточно эффективными с экономической точки зрения¹ [12], однако отсутствие системы сбора и транспортировки электронных отходов к месту переработки ставит под вопрос экономическую целесообразность всего процесса. Согласно имеющимся данным о коммерческой составляющей процесса переработки, минимальные производственные мощности должны быть обеспечены объемом электронного лома в объеме 500 кг в день (или 182,5 т в год)². В отличие от традиционных источников лома, которые локализованы в местах потребления металлосодержащей продукции (таких как промышленные предприятия, здания и сооружения), электронные отходы относительно равномерно (с учетом различий в уровне дохода) распределены по всей территории проживания населения [12]. В регионах, где плотность населения является низкой, формирование эффективной системы сбора и транспортировки электронных отходов (ЭО) может быть проблематичным, и, как следствие, отсутствие такой системы ставит вопрос о загрузке производственных мощностей по переработке. Поэтому вопросы прогнозирования объемов образования электронных отходов и их территориального распределения являются актуальными для разработки оптимальной топологии сети сбора и переработки ЭО и оценки коммерческой эффективности проектов по строительству перерабатывающих мощностей.

Однако, как было уже отмечено, для многих стран, в том числе и для России, сегодня актуальной также является проблема статистического учета объемов образования ЭО. К сожалению, статистика электронных отходов на систематической основе собирается пока только в странах — членах Евросоюза [6]. В рамках деятельности международного Партнерства в области глобальной статистики электронных отходов (GESP) была разработана методология оценки и прогнозирования сбора электронных отходов, которая основывается на данных о продажах электронного и электрического оборудования. Благодаря международным усилиям в 2017—2020 гг. были изданы первые и пока единственные статистические сборники об объемах образования, переработки и учета электронных отходов практически во всех странах мира. Данные по России были предоставлены Аналитическим центром при Правительстве Российской Федерации³.

¹ Сапинов Р.В., Куленова Н.А., Саденова М.А., Суюндинов М.М. Извлечение олова из электронных отходов с помощью гидрометаллургических методов // Вестник Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева. 2020. № 4. С. 173—178.

² Бизнес-план завода по переработке электронных отходов.
URL: <https://www.electronicsforu.com/technology-trends/must-read/business-setup-e-waste-recycling>

³ Официальный сайт Международного союза электросвязи.
URL: https://www.itu.int/en/ITU-D/Environment/Documents/Toolbox/GEM_2020_RU_O21.pdf

В 2021 г. Партнерство выпустило сборник, содержащий статистические сведения об объемах образования, сбора и переработки электронных отходов по странам СНГ и Грузии, в котором статистика по России была собрана на основе открытых источников: сайта Роспотребнадзора (отчеты по форме № 2-ТП), единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС) и сайта Федеральной службы государственной статистики⁴. Данные по всем странам, в том числе и России, были представлены в агрегированном виде, без территориальной разбивки. К сожалению, невозможность получения из открытых источников данных с одновременной разбивкой по типам отходов и по регионам не позволяет прогнозировать объемы образования ЭО в российских городах и муниципалитетах с достаточной точностью, необходимой для разработки коммерческих проектов. Вероятность получения необходимых для расчетов коммерческих данных об объемах продаж электронного и электрического оборудования была невелика и ранее, а в связи со снятием требований о публикации корпоративной статистики и сокрытием данных об импорте из-за проведения Россией специальной военной операции на Украине и последующих жестких экономических санкций в ближайшем будущем стремится к нулю.

Целью настоящего исследования является разработка методики оценки и прогнозирования объемов образования электронных отходов по территориальным образованиям в России (регионам, муниципалитетам) на основе открытых данных, публикуемых Федеральной службой государственной статистики на ежегодной основе.

Материалы и методы

Информационную базу исследования составили сборники Федеральной службы государственной статистики «Регионы России. Социально-экономические показатели» за 2017—2021 гг. В разделе «Уровень жизни населения» эти сборники публикуют данные о наличии предметов длительного пользования в домохозяйствах, среди которых приводятся данные о наличии большинства видов электронного и электрического оборудования, относящегося по окончании срока эксплуатации к электронным отходам по международным классификациям: телевизоров, видео- и кинокамер, персональных компьютеров, телефонов, холодильников, микроволновых печей, кондиционеров и т.д. Данные являются результатами выборочного обследования и приводятся в расчете

⁴Официальный сайт Партнерства в области глобальной статистики электронных отходов.
URL: <https://api.globalewaste.org/publications/file/280/Regional-E-waste-Monitor-CIS-Georgia-2021.pdf>

на одно домохозяйство, поэтому для оценки реального количества пула бытовой техники и гаджетов, находящихся у населения в данный период времени, требуют пересчета. Пересчет данных проводился в соответствии со следующей формулой:

$$Q_{ki}(t) = \frac{K_i(t)}{S_i(t)} \cdot \frac{p_{ki}(t)}{100},$$

где $Q_{ki}(t)$ — количество предметов длительного пользования вида k в i -ом регионе в год t (штук);

$K_i(t)$ — количество населения в i -ом регионе (чел.) в год t ;

$S_i(t)$ — средний размер домохозяйства (чел.) согласно данным переписи населения 2010 г. (последние доступные данные);

$p_{ki}(t)$ — количество предметов длительного пользования вида k в i -ом регионе на 1 000 чел. в год t по результатам выборочного обследования.

Расчеты проводились для довольно длительного периода наблюдения с 2005 по 2020 г., что позволяет нам прогнозировать количество предметов длительного пользования с помощью традиционных методов статистического анализа временных рядов. Заметим также, что при обнаружении пропусков в статистических данных проводилась замена пропущенных значений методом скользящего среднего. В случае резких колебаний значений временного ряда, которые могут быть объяснены различиями в методологии статистического учета отдельных позиций, проводились тесты на наличие выбросов по критерию Граббса. При обнаружении выбросов их значения также заменялись скользящими средними.

Таким образом, для каждого региона были получены оценки количества различных видов бытовой техники и гаджетов, находящиеся в использовании в каждый год из временного отрезка 2005—2020 гг., а также построены прогнозы до 2030 г. методом выделения тренда среднего.

Для расчета количества образования электронных отходов (EW) вида k в год t использовалась следующая формула:

$$EW_k(t) = Q_k \left(t - \frac{LT_k}{2} \right),$$

где LT_k — время жизненного цикла электронного оборудования вида k , которое в соответствии с рекомендациями Партнерства в области глобальной статистики электронных отходов определяется распределением Вейбулла с параметрами α и β , которые отражают скорость смены электронного оборудования:

$$LT_k(t, n) = \frac{\alpha}{\beta^\alpha} (t - n)^{\alpha-1} e^{[(t-n)/\beta]^\alpha},$$

где n — год приобретения электронного оборудования.

Параметры α и β должны определяться для каждой страны, поскольку зависят как от уровня жизни, так и от уровня экологического самосознания, проявляющегося в бережливом использовании электронного оборудования и сознательном отказе от импульсивного и демонстративного потребления. К сожалению, по России подобных исследований пока не проводилось, поэтому в наших расчетах мы использовали средние значения для времени жизненного цикла различных видов электронного оборудования (*табл. 1*), приведенные в Методических рекомендациях GESP [13].

Далее объем образования отходов каждого вида необходимо пересчитать из штук в единицы массы (кг или т). При пересчете нами были использованы усредненные данные работы [13], которые представлены в *табл. 2*.

Результаты

В данном разделе представлены результаты оценок и прогноза объемов образования основных видов электронных отходов в 10 крупных регионах России: Москве, Московской области, Санкт-Петербурге, Ленинградской области, Тверской области, Ростовской области, Краснодарском крае, Мурманской области, Тюменской области и Сахалинской области. На *рис. 1* и *2* представлен прогноз динамики образования отходов от вышедших из эксплуатации телевизоров, на *рис. 3* и *4* представлен прогноз объемов образования отходов от стиральных машин, на *рис. 5* и *6* — персональных компьютеров, на *рис. 7* и *8* — мобильных телефонов.

Проведенные расчеты показали, что для обеспечения коммерческой эффективности проектов по переработке электронных отходов в большинстве регионов России недостаточно организовать сбор и рециклинг только каких-то отдельных видов ЭО. Так, например, в случае организации даже полного сбора на переработку телевизоров, персональных компьютеров и мобильных телефонов, ни один из рассмотренных регионов

России, включая Москву, не обеспечивает требуемой ежегодной загрузки мощностей по переработке ни в настоящее время, ни на прогнозном горизонте до 2030 г. Поэтому возникает необходимость включения в расчеты коммерческой эффективности проектов по переработке стоимости транспортировки электронных отходов от места сбора до непосредственно мест переработки, расположенных, вероятнее всего, на достаточно большом удалении друг от друга, как межрегиональные перерабатывающие центры.

Далее для примера нами были рассчитаны ожидаемые показатели коммерческой эффективности для двух наиболее крупных региональных центров по переработке ЭО:

- 1) для Москвы и Московской области;
- 2) для Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

В целях определения потенциальных объемов получения полезных фракций из каждого вида электронных отходов были использованы данные *табл. 3*. С учетом невозможности отслеживания доли различных модификаций технических устройств в электронных отходах (например, кнопочных телефонов и смартфонов, лучевых и плазменных телевизоров и т.д.), содержание различных ценных элементов в них было рассчитано как среднее, в предположении, что различные модификации содержатся в отходах в процентном соотношении 50/50.

Исходя из предположения о том, что коэффициент восстановления металлов из электронных отходов составляет в среднем 80% [14], оценки объемов производства вторичных материалов на 2023 г. в двух региональных центрах представлены в *табл. 4*. В дальнейшем можно ожидать роста объемов производства вторичных материалов как за счет роста объемов образования электронных отходов, так и за счет совершенствования технологий переработки и роста коэффициента восстановления материалов.

С учетом текущих цен на металлы (*табл. 5*), переработка только металлических фракций (без учета пластика и стекла) анализируемых видов электронных отходов может принести в 2023 г. от 261,5 млн долл. США выручки в Московском и от 109 млн долл. США выручки в Санкт-Петербургском региональных центрах переработки. При сохранении текущих цен на металлы на мировом рынке в дальнейшем можно ожидать роста объемов выручки за счет роста объемов образования ЭО.

Для расчета социальной эффективности работы центров переработки электронных отходов в двух столичных регионах нами были использованы

данные американского исследования [15], согласно которому для переработки 1 000 т электронных отходов требуется 12,6 рабочих мест непосредственно на предприятиях переработки и еще 20 рабочих мест на смежных предприятиях (сбор, транспортировка, торговля). Тогда работа регионального перерабатывающего центра в московском регионе позволит создать около 16,3 тыс. новых рабочих мест, а петербургском регионе — 7,27 тыс. рабочих мест.

Заметим, что полученные оценки коммерческой и социальной эффективности можно считать нижними пороговыми оценками, поскольку при расчетах нами были учтены не все виды электронных отходов, а только те, по которым удалось собрать данные как по объемам образования, так и по фракционному составу. В реальности объемы выручки и количество создаваемых рабочих мест должны быть выше. Однако это не является серьезным недостатком исследования, ведь основной целью данной работы была разработка методологии оценки коммерческой и социальной эффективности проектов по переработке ЭО на основе открытых данных и ее апробация. Проведенные расчеты доказали работоспособность предложенной методики оценки и прогнозирования потоков электронных отходов. Детализация прогнозов потоков электронных отходов по регионам является предметом дальнейших исследований авторов.

Кроме того, необходимо отметить, что в данной работе мы не проводили полноценный расчет коммерческой эффективности проектов по стандартным показателям, таким как чистый дисконтированный доход (NPV), период окупаемости (PP), индекс рентабельности (IR) и внутренняя норма доходности (IRR), поскольку для этого требуется конкретизация технологии и вида перерабатывающего оборудования, выбор конкретной производственной площадки и оценка других многочисленных параметров проекта, влияющих на его расходную часть — капитальные и текущие затраты. Тем не менее полученные оценки позволяют прогнозировать коммерческий потенциал сферы переработки электронных отходов и упрощают разработку конкретных коммерческих проектов.

Выводы

В результате исследования нами получен прогноз по объемам образования электронных отходов для 10 регионов Российской Федерации, оценен коммерческий потенциал и потенциал создания новых рабочих мест в сфере переработки электронных отходов для двух регионов с наибольшими потоками ЭО. Полученные данные могут быть использованы при расчетах

показателей коммерческой и социальной эффективности проектов по строительству промышленных объектов переработки. Уточнение результатов прогноза возможно за счет проведения дополнительных эмпирических исследований в целях идентификации изменений в потребительском поведении российских граждан в ответ на изменение экономической ситуации и возникновение проблем с доступностью ряда электронных товаров.

Таблица 1

Среднее время жизненного цикла предметов длительного пользования

Table 1

Average life cycle of durable goods

Вид предмета	Время жизненного цикла предмета, год
Телевизоры	9
Стиральные машины	12
Персональные компьютеры и ноутбуки	4
Кондиционеры	17
Мобильные телефоны	2

Источник: [13, 16]

Source: [13, 16]

Таблица 2**Масса некоторых видов товаров длительного пользования****Table 2****The mass of some types of durable goods**

Вид предмета	Масса, кг	Средняя масса, кг
Телевизоры	5—10	7,5
Стиральные машины	20—50	35
Персональные компьютеры и ноутбуки	0,5—3,5	2
Кондиционеры	20—60	40
Мобильные телефоны	0,17—0,19	0,18

Источник: [17]*Source:* [17]**Таблица 3****Состав некоторых видов электронных отходов, %****Table 3****Composition of some types of e-waste, percentage**

Содержание элементов	Персональный компьютер	Телевизор	Мобильный телефон	Стиральная машина
Сталь/железо	50,25	26	20,47	35
Алюминий	4,35	9	14,17	5
Медь	0,9	9	6,93	1,48
Барий	—	—	0,03	—
Никель	—	—	0,85	—
Золото	0,00039	—	0,02	—
Палладий	0,00009	—	0,004	—
Серебро	0,0015	—	0,17	—
Пластик	10	25	22,93	40
Стекло	—	25	11	—

Источник: авторская разработка на основе данных [13, 14, 16, 18]; Percentage of most materials used in a smartphone. URL: <https://www.statista.com/statistics/270454/top-10-materials-in-a-smartphone/>

Source: Authoring, based on [13, 14, 16, 18] data; Percentage of Most Materials Used in a Smartphone. URL: <https://www.statista.com/statistics/270454/top-10-materials-in-a-smartphone/>

Таблица 4

Ожидаемые объемы производства вторичных материалов в крупнейших региональных центрах по переработке электронных отходов (2023 г.)

Table 4

Expected production volumes of recycled materials in the largest regional centers for e-waste processing (2023)

Восстановленный материал	Москва и Московская область, т	Санкт-Петербург и Ленинградская область, т
Сталь/железо	134 139,9	59 941,29
Алюминий	24 983,67	10 813,69
Медь	14 818,54	6 156,936
Барий	0,888	0,312
Никель	25,16	8,84
Золото	0,691216	0,256048
Палладий	0,141296	0,052688
Серебро	5,4136	1,9528
Пластик	135 686,7	60 442,47
Стекло	29 685,6	11 854,4

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 5

Текущие мировые цены на металлы и предполагаемая цена (–20%) на восстановленные металлы

Table 5

Current world prices for metals and assumed price (–20%) for recovered metals

Металл	Цена	Предполагаемая цена на восстановленный металл
Сталь/железо	443 долл. США/т	354,4 долл. США/т
Алюминий	2 825 долл. США/т	2 260 долл. США/т
Медь	9 358 долл. США/т	7 486,4 долл. США/т
Никель	24 400 долл. США/т	19 520 долл. США/т
Золото	1 900 долл. США/унция	1 520 долл. США/унция
Палладий	2 516 долл. США/унция	2 012,8 долл. США/унция
Серебро	23 долл. США/унция	18,4 долл. США/унция

Источник: данные London Metal Exchange (URL: <https://www.lme.com/>) и расчеты авторов по данным [14]

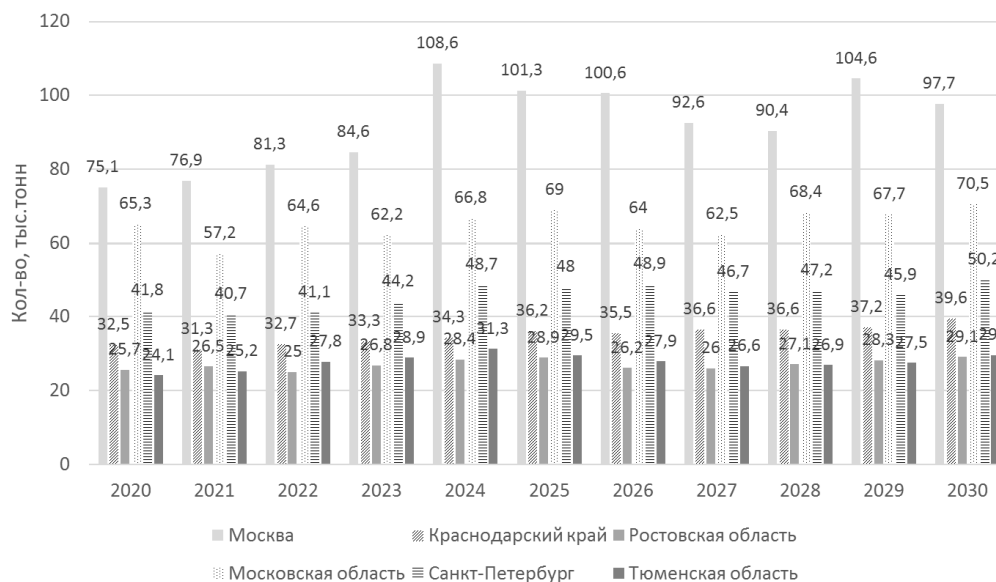
Source: The London Metal Exchange data (URL: <https://www.lme.com/>) and our calculations, based on data from [14]

Рисунок 1

Прогноз объема образования электронных отходов телевизоров до 2030 г. в крупнейших регионах России

Figure 1

Forecast of the volume of electronic waste generation from TV sets until 2030 in the largest regions of Russia



Источник: авторская разработка

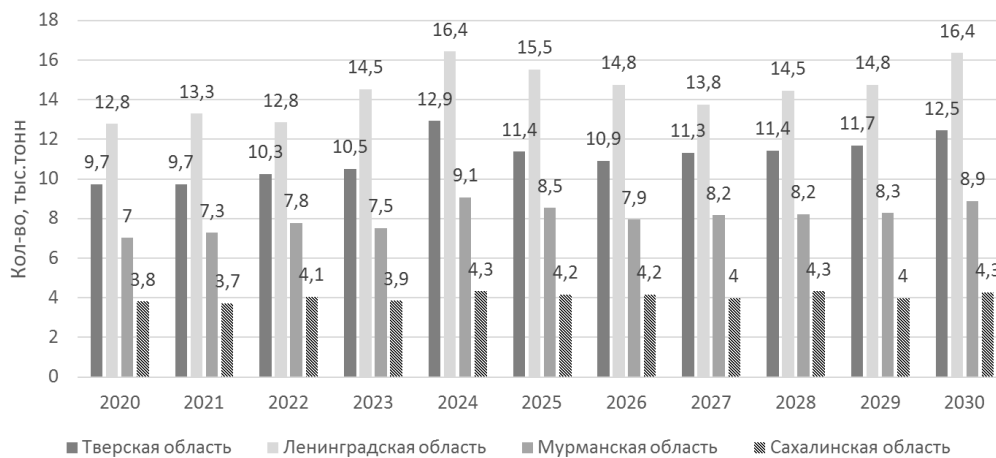
Source: Authoring

Рисунок 2

Прогноз объема образования электронных отходов телевизоров до 2030 г. в некоторых регионах России

Figure 2

Forecast of the volume of electronic waste generation from TV sets until 2030 in some regions of Russia



Источник: авторская разработка

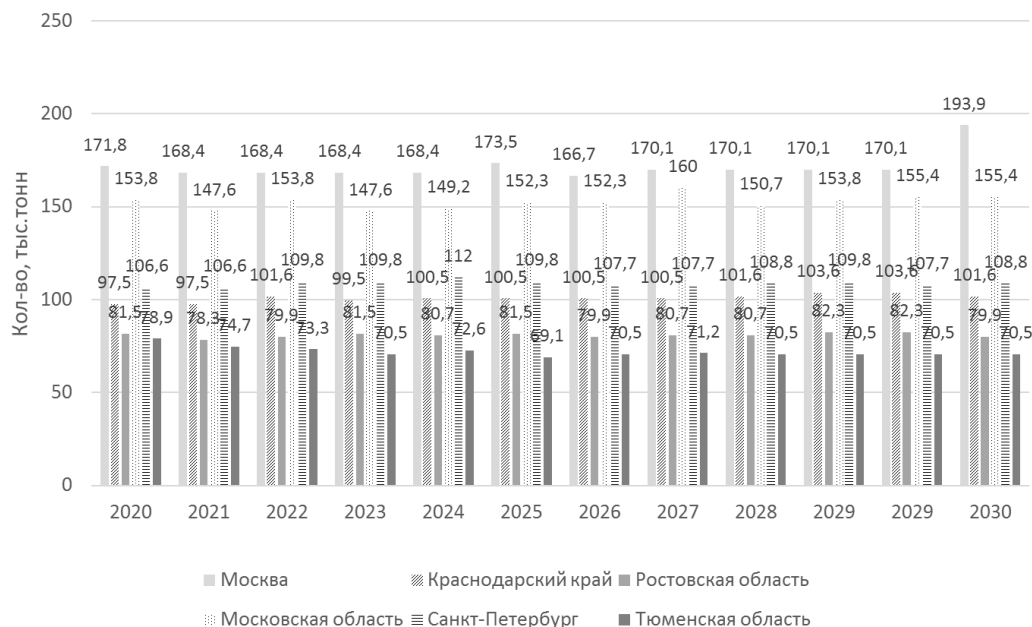
Source: Authoring

Рисунок 3

Прогноз объема образования электронных отходов стиральных машин до 2030 г. в крупнейших регионах России

Figure 3

Forecast of the volume of e-waste generation from washing machines until 2030 in the largest regions of Russia



Источник: авторская разработка

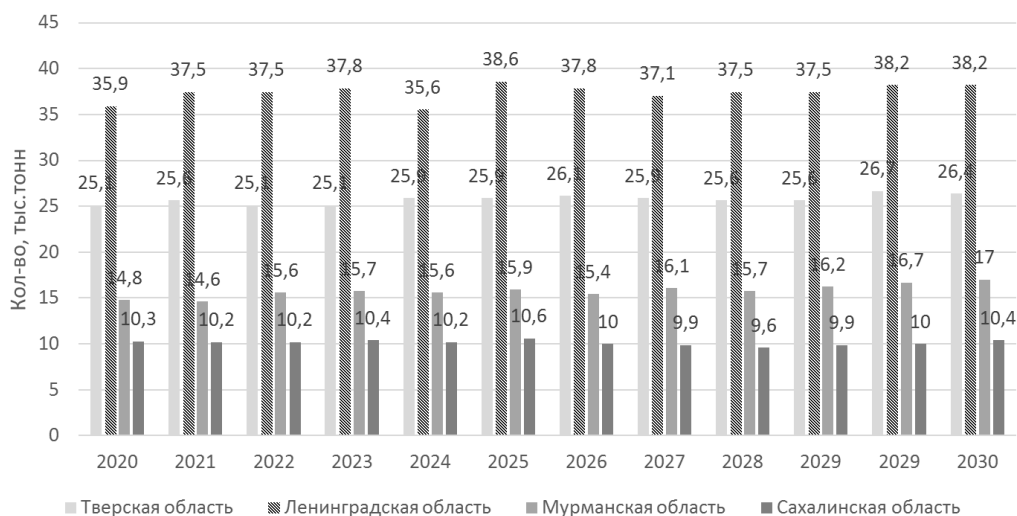
Source: Authoring

Рисунок 4

Прогноз объема образования электронных отходов стиральных машин до 2030 г. в некоторых регионах России

Figure 4

Forecast of the volume of e-waste generation from washing machines until 2030 in some regions of Russia



Источник: авторская разработка

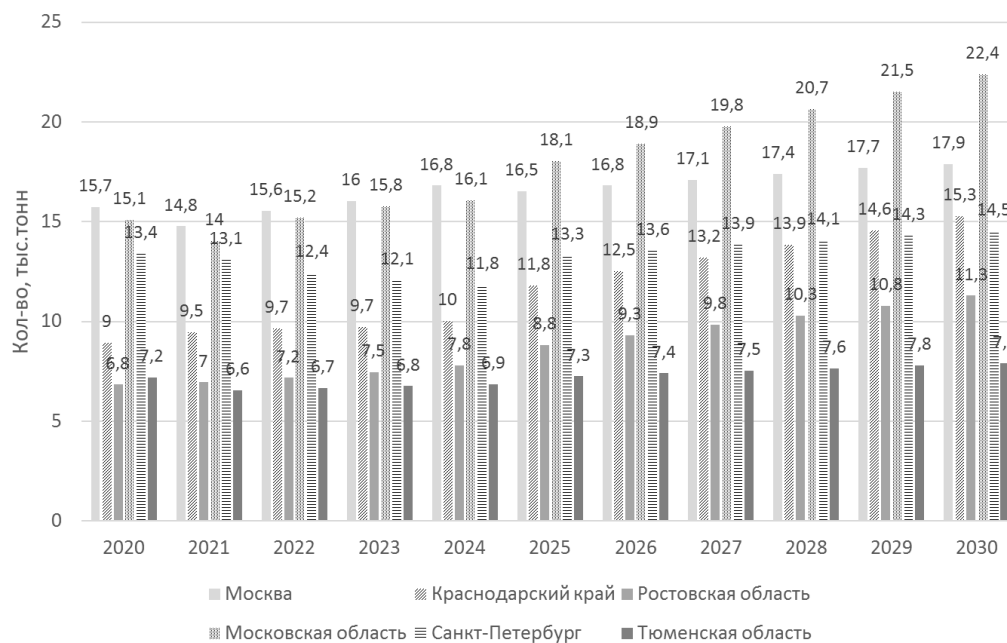
Source: Authoring

Рисунок 5

Прогноз объема образования электронных отходов персональных компьютеров до 2030 г. в крупнейших регионах России

Figure 5

Forecast of the volume e-waste generation from personal computers until 2030 in the largest regions of Russia



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 6

Прогноз объема образования электронных отходов персональных компьютеров до 2030 г. в некоторых регионах России

Figure 6

Forecast of the volume of e-waste generation from personal computers until 2030 in some regions of Russia



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 7

Прогноз объема образования электронных отходов мобильных телефонов до 2030 г. в крупнейших регионах России

Figure 7

Forecast of the volume of e-waste generation from mobile phones until 2030 in the largest regions of Russia



Источник: авторская разработка

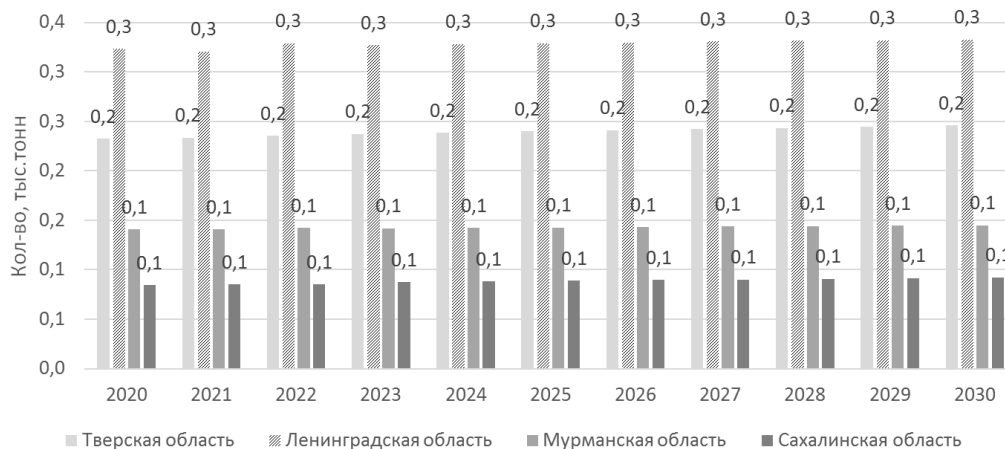
Source: Authoring

Рисунок 8

Прогноз объема образования электронных отходов мобильных телефонов до 2030 г. в некоторых регионах России

Figure 8

Forecast of the volume of e-waste generation from mobile phones until 2030 in some regions of Russia



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. Li W., Achal V. Environmental and health impacts due to e-waste disposal in China – A review. *Science of Total Environment*, 2020, vol. 737, no. 139745. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139745>
2. Forti V., Baldé C.P., Kuehr R., Bel G. The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, Flows and the Circular Economy Potential. Bonn, Geneva and Rotterdam, United Nations University, 2020.
3. Нгуен Т.Т.Х., Ларин О.Н. Электронная промышленность и правовые нормы по обращению с электронными отходами // *Экономические отношения*. 2021. Т. 11. № 1. С. 163—182. URL: <https://doi.org/10.18334/eo.11.1.111747>
4. Mishra S., Shamanna B.R., Kannan S. Exploring the awareness regarding e-waste and its health hazards among the informal handlers in Musheerabad area of Hyderabad. *Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 2017, vol. 21, iss. 3, pp. 143–148. URL: https://doi.org/10.4103/ijoom.ijoom_116_17
5. Alagha O., Alomari A., Jarrah N. Medical waste management and production rate in the Eastern Province of the Kingdom of Saudi Arabia. *Euro-Mediterranean Journal of Environmental Integration*, 2018, vol. 3, iss. 35. URL: <https://doi.org/10.1007/s41207-018-0078-5>
6. Назарова Л.Е. Методологические проблемы межстранового анализа развития циркулярной экономики // *Экономический вестник ИПУ РАН*. 2021. Т. 2. № 2. С. 54—79.
7. Синельникова А.В. Переход к циркулярной экономике: проблемы и перспективы // *Экономический вестник ИПУ РАН*. 2022. Т. 3. № 1. С. 64—75. URL: <https://doi.org/10.25728/econbull.2022.1.6-sinelnikova>
8. Kitila A.W., Woldemikael S.M. Public awareness, involvement, and practices in electronic waste management in Addis Ababa, Ethiopia, UKH. *Journal of Social Sciences*, 2020, vol. 4, iss. 1, pp. 21–36. URL: <https://doi.org/10.25079/ukhjss.v4n1y2020.pp21-36>
9. Qu Y., Wang W., Liu Y., Zhu Q. Understanding residents' preferences for e-waste collection in China – A case study of waste mobile phones. *Journal of Cleaner Production*, 2019, vol. 228, pp. 52–62. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.216>

10. Sheoran M., Kumar D. Modelling the enablers of sustainable consumer behaviour towards electronic products. *Journal of Modelling in Management*, 2020, vol. 15, iss. 4, pp. 1543–1565.
URL: <https://doi.org/10.1108/JM2-12-2018-0205>
11. Сальникова А.А., Расламбекова Н.Д. Законодательные и нормативно-правовые документы в сфере обращения с отходами электротехнического и электронного оборудования // *Экономический вестник ИПУ РАН*. 2021. Т. 2. № 4. С. 76—94.
12. Емельянов А.А., Пельмская И.С., Березюк М.В. Экономическое обоснование переработки электронных отходов и лома в РФ // *Modern Economy Success*. 2019. № 1. С. 38—45.
13. Forti V., Baldé C.P., Kuehr R. E-Waste Statistics Guidelines on Classification, Reporting and Indicators. Bonn, Germany, United Nations University, 2018, 71 p.
14. Andarani P., Goto N. Preliminary Assessment of Economic Feasibility for Establishing a Households' E-Waste Treating Facility in Serang, Indonesia. *International Journal of Environmental Science and Development*, 2012, vol. 3, no. 6, pp. 562–568.
URL: <http://dx.doi.org/10.7763/IJESD.2012.V3.286>
15. Yang W.D., Sun Q., Ni H.-G. Cost-benefit analysis of metal recovery from e-waste: Implications for international policy. *Waste Management*, 2021, vol. 123, pp. 42–47. URL: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.01.023>
16. Николаев А.А. Сбор и рециклинг мобильных телефонов. Национальные программы Канады и США // *Твердые бытовые отходы*. 2013. № 11. С. 52—57.
17. Sudipta Chakraborty, Syed Aaqib Javed, Projesh Biswas. Reusing and recycling practice of E-waste in Dhaka City. *Proceedings of the International Conference on Engineering Research, Innovation and Education (ICERIE)*, 2017. Bangladesh, ICERIE, 2017, pp. 1–7.
18. Singh N., Duan H., Yin F. et al. Characterizing the Materials Composition and Recovery Potential from Waste Mobile Phones: A Comparative Evaluation of Cellular and Smart Phones. *ASC Sustainable Chemistry and Engineering*, 2018, vol. 6, no.10, pp. 13016–13024.
URL: <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.8b02516>

Информация о конфликте интересов

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

pISSN 2071-4688
eISSN 2311-8709

Business Value

METHODOLOGICAL ASPECTS OF ASSESSING THE COMMERCIAL AND SOCIAL EFFICIENCY OF E-WASTE RECYCLING PROJECTS

Svetlana V. RATNER ^{a,*}, Dar'ya M. BAGAEVA ^b

^a V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russian Federation
lanarat@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3485-5595>

^b Kuban State University (KubSU),
Krasnodar, Russian Federation
bagaeva.d@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4794-8483>

* Corresponding author

Article history:

Article No. 261/2022
Received 30 May 2022
Received in revised
form 13 June 2022
Accepted 20 June 2022
Available online
29 June 2022

JEL classification:

C67, Q58

Keywords: e-waste,
commercial efficiency,
social efficiency,
forecasting, reverse
logistics

Abstract

Subject. The economic and social efficiency of e-waste recycling projects significantly depend on the recycling volume, quality and efficiency of the system for waste collection and transportation. The key issue in organizing such a system is the ability to predict the volume of waste generated by electronic and electrical equipment in the selected area.

Objectives. The study aims to develop and test a methodology for predicting the volume of electronic waste generation at the level of individual territories, based on annually published Rosstat statistics.

Methods. We employ methods of project analysis, time series analysis, the methodology of the Global E-waste Statistics Partnership (GESp). We also use statistical books of the Federal State Statistics Service “Regions of Russia. Socio-economic Indicators” for 2017–2021, as information base.

Results. We obtained a projection of the volume of electronic waste generation for ten regions of the Russian Federation, assessed the potential for creating new jobs in the field of e-waste recycling for each considered region. The data can be used in calculating the indicators of commercial and social efficiency of projects for industrial processing facility construction.

Conclusions. The predicted results can be refined by conducting additional empirical studies to identify changes in the consumer behavior of Russian citizens in response to a change in the economic situation and arising problems with the availability of a number of electronic goods.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2022

Please cite this article as: Ratner S.V., Bagaeva D.M. Methodological Aspects of Assessing the Commercial and Social Efficiency of E-Waste Recycling Projects. *Finance and Credit*, 2022, vol. 28, iss. 6, pp. 1332–1357.

<https://doi.org/10.24891/fc.28.6.1332>

References

1. Li W., Achal V. Environmental and health impacts due to e-waste disposal in China – A review. *Science of the Total Environment*, 2020, vol. 737, no. 139745. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139745>
2. Forti V., Baldé C.P., Kuehr R., Bel G. The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, Flows, and the Circular Economy Potential. Bonn, Geneva and Rotterdam, United Nations University, 2020.
3. Nguen T.T.Kh., Larin O.N. Electronic industry and legal regulations on the electronic waste management]. *Ekonomicheskie otnosheniya = Economic Relations*, 2021, vol. 11, no. 1, pp. 163–182. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.18334/eo.11.1.111747>
4. Mishra S., Shamanna B.R., Kannan S. Exploring the awareness regarding e-waste and its health hazards among the informal handlers in Musheerabad area of Hyderabad. *Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 2017, vol. 21, iss. 3, pp. 143–148. URL: https://doi.org/10.4103/ijoem.ijoem_116_17
5. Alagha O., Alomari A., Jarrah N. Medical waste management and production rate in the Eastern Province of the Kingdom of Saudi Arabia. *Euro-Mediterranean Journal of Environmental Integration*, 2018, vol. 3, iss. 35. URL: <https://doi.org/10.1007/s41207-018-0078-5>
6. Nazarova L.E. [Methodological problems of intercountry analysis of circular economy development]. *Ekonomicheskii vestnik IPU RAN = Economic Bulletin of Trapeznikov Institute of Control Sciences RAS*, 2021, vol. 2, no. 2, pp. 54–79. (In Russ.)
7. Sinel'nikova A.V. [Transition to a circular economy: problems and prospects]. *Ekonomicheskii vestnik IPU RAN = Economic Bulletin of Trapeznikov Institute of Control Sciences RAS*, 2022, vol. 3, no. 1, pp. 64–75. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.25728/econbull.2022.1.6-sinelnikova>
8. Kitila A.W., Woldemikael S.M. Public awareness, involvement, and practices in electronic waste management in Addis Ababa, Ethiopia. *UKH Journal of Social Sciences*, 2020, vol. 4, iss. 1, pp. 21–36. URL: <https://doi.org/10.25079/ukhjss.v4n1y2020>
9. Qu Y., Wang W., Liu Y., Zhu Q. Understanding residents' preferences for e-waste collection in China – A case study of waste mobile phones. *Journal*

- of Cleaner Production*, 2019, vol. 228, pp. 52–62.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.216>
10. Sheoran M., Kumar D. Modelling the enablers of sustainable consumer behaviour towards electronic products. *Journal of Modelling in Management*, 2020, vol. 15, iss. 4, pp. 1543–1565.
URL: <https://doi.org/10.1108/JM2-12-2018-0205>
11. Sal'nikova A.A., Raslambekova N.D. [Legislative and regulatory documents in the field of waste management of electrical and electronic equipment]. *Ekonomicheskii vestnik IPU RAN = Economic Bulletin of Trapeznikov Institute of Control Sciences RAS*, 2021, vol. 2, no. 4, pp. 76–94. (In Russ.)
12. Emel'yanov A.A., Pelymskaya I.S., Berezyuk M.V. [Economic justification for the processing of electronic waste and scrap in the Russian Federation]. *Modern Economy Success*, 2019, no. 1, pp. 38–45. (In Russ.)
13. Forti V., Baldé C.P., Kuehr R. E-waste Statistics Guidelines on Classification, Reporting and Indicators. Bonn, Germany, United Nations University, 2018, 71 p.
14. Andarani P., Goto N. Preliminary Assessment of Economic Feasibility for Establishing a Households' E-Waste Treating Facility in Serang, Indonesia. *International Journal of Environmental Science and Development*, 2012, vol. 3, no. 6, pp. 562–568.
URL: <http://dx.doi.org/10.7763/IJESD.2012.V3.286>
15. Yang W.D., Sun Q., Ni H.-G. Cost-benefit analysis of metal recovery from e-waste: Implications for international policy. *Waste Management*, 2021, vol. 123, pp. 42–47. URL: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.01.023>
16. Nikolaev A.A. [Collection and recycling of mobile phones. National programs of Canada and the USA]. *Tverdye bytovye otkhody*, 2013, no. 11, pp. 52–57. (In Russ.)
17. Sudipta Chakraborty, Syed Aaqib Javed, Projesh Biswas. Reusing and recycling practice of E-waste in Dhaka City. Proceedings of the International Conference on Engineering Research, Innovation and Education (ICERIE), 2017. Bangladesh, ICERIE, 2017, pp. 1–7.
18. Singh N., Duan H., Yin F. et al. Characterizing the Materials Composition and Recovery Potential from Waste Mobile Phones: A Comparative Evaluation of Cellular and Smart Phones. *ASC Sustainable Chemistry and Engineering*,

2018, vol. 6, no.10, pp. 13016–13024.

URL: <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.8b02516>

Conflict-of-interest notification

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.