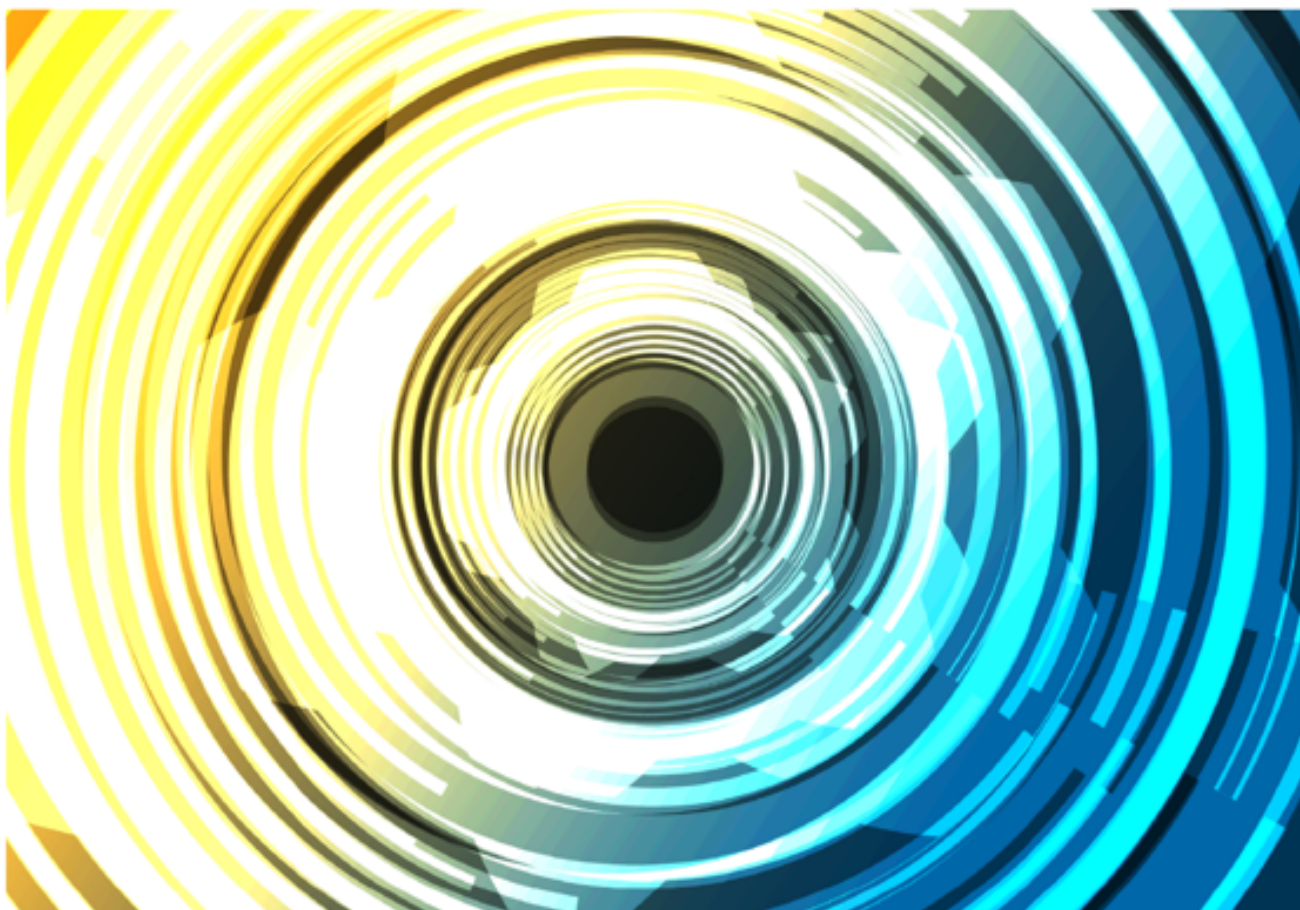




Новое видение электроники с позиций экономики замкнутого цикла. Пришло время глобальной перезагрузки.

В поддержку Коалиции ООН по электронным отходам

Январь 2019



Этот отчет публикуется на условиях Лицензии Creative Commons Attribution-Non-NoDerivs 4.0 Unported License (CCPL). Чтобы просмотреть копию этой лицензии, пожалуйста, см. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode>.

Мнения, выраженные в этой публикации являются мнениями авторов и не обязательно отражают взгляды структур системы Организации Объединенных Наций (ООН). ООН и ее организации не несут ответственность за точность или полноту содержания и не подлежат взысканию компенсации за любые потери или ущерб, которые могут быть прямо или косвенно вызваны содержанием этой публикации через использование или базировании на ней. Используемые обозначения и представление материала в этой публикации не подразумевают выражение какого-либо мнения со стороны ООН и ее организаций относительно геополитических ситуаций или правового статуса любой страны, территории или города, или области, или их полномочий, или относительно делимитации их границ или границы. Упоминание имен, логотипы компаний и их коммерческих продуктов не подразумевает принадлежность или одобрение ООН и других участвующих организаций. Ни в каких случаях соответствующие имена и эмблемы ООН и ее организации или любые их сокращения, не должны использоваться в коммерческих целях.

Платформа для ускорения экономики замкнутого цикла (PACE)

Этот отчет публикуется как часть Платформы для экономики замкнутого цикла (PACE). PACE является механизмом сотрудничества между государственным и частным секторами и ускорения проектов, призванных реализовать экономику замкнутого цикла быстро и в широком масштабе. Она объединяет коалицию из более чем 50 лидеров. Ее сопредседателями являются руководители Royal Philips, Глобального экологического фонда и Организации Объединенных Наций по окружающей среде. Базой Платформы является Всемирный экономический форум.

Коалиция по электронным отходам

Этот отчет поддерживает работу Коалиции по электронным отходам, группы из семи структур ООН, объединившихся для расширения сотрудничества и более эффективного оказания поддержки государствам-членам и другим сторонам для решения проблемы электронных отходов. Коалиция объединяет: Международную Организация труда (МОТ); Международный союз электросвязи (МСЭ); Программу Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП); Организацию Объединенных Наций по промышленному развитию (ЮНИДО), Учебный и научно-исследовательский институт Организации Объединенных Наций (ЮНИТАР); Университет Организации Объединенных Наций (УООН) и секретариат Базельской и Стокгольмской конвенций. Коалиция поддерживается Всемирным советом деловых кругов по устойчивому развитию (WBCSD), Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) и Всемирным экономическим форумом и координируется Секретариатом Группы управления окружающей средой (EMG).



UNITED NATIONS
UNIVERSITY

WORLD
ECONOMIC
FORUM

COMMITTED TO
IMPROVING THE STATE
OF THE WORLD



wbcscd

Оглавление

Предисловие	4
Резюме публикации	6
Что относится к электронным отходам?	8
Масштаб образования электронных отходов	10
Тенденции	11
Ограниченность ресурсов, извлечение вторичных материалов и выбросы	12
Батареи: электризующаяся проблема	12
Системная ошибка	14
Отношения потребителей с электроникой	14
Недостаточный уровень утилизации	14
Проблемы труда, окружающей среды и здоровья	15
Законодательство по электронным отходам	16
Где образуются электронные отходы?	17
Экономическая ценность электронных отходов	18
Обеспечение экономики замкнутого цикла с нулем электронных отходов	19
Модернизация системы: переход к экономике замкнутого цикла	19
Электроника как услуга?	20
Экономическая выгода и создание рабочих мест	21
Заключение	22
Авторы	23
Ссылки	24

Предисловие

Мы объединились в качестве руководителей учреждений ООН со Всемирным экономическим форумом и Всемирным советом предпринимателей по устойчивому развитию, чтобы решить серьезную глобальную проблему и одновременно воспользоваться огромной возможностью.

Электронные товары, от солнечных мини-сетей до смартфонов, приносят огромную пользу человечеству и открывают новые возможности для развития. Они представляют новые инструменты для решения проблем изменения климата, распространения образования, оказания медицинской помощи и содействия торговле. Цифровизация и возможности коммуникаций также имеют решающее значение для достижения всех 17 целей в области устойчивого развития.

В то же время существующая система производства и потребления готова к перезагрузке. В сфере добычи полезных ископаемых, производства, транспорта, розничной торговли, потребления и утилизации электроники существует огромное количество потраченных впустую ресурсов, и система оказывает негативное воздействие в нескольких областях. Каждый год образуется около 50 миллионов тонн электронных и электрических отходов (электронных отходов), эквивалентных по массе всем коммерческим самолетам, когда-либо построенным; только 20% официально перерабатывается. Если ничего не сделать, к 2050 году количество отходов увеличится более чем вдвое, до 120 миллионов тонн в год.

Когда они не хранятся в подвалах, ящиках и шкафах, электронные отходы часто сжигаются или выбрасываются на свалки, или же перемещаются по всему миру, чтобы быть вручную разобранными или сожженными самими бедными в мире в ущерб здоровью и окружающей среде.

Тот же электронный мусор представляет огромную возможность. Одна только материальная стоимость составляет 62,5 млрд. долл. США (55 млрд. Евро), что в три раза больше, чем годовой объем производства серебряных рудников в мире, и больше, чем ВВП большинства стран. В тонне мобильных телефонов золота в 100 раз больше, чем в тонне золотой руды. Кроме того, получение ресурсов от использованной электроники дает значительно меньше выбросов углекислого газа, чем добыча в земной коре. Работающие электронные товары и компоненты стоят больше, чем материалы, которые они содержат. Следовательно, продление срока службы продуктов и повторное использование компонентов приносит еще большую экономическую выгоду.

Существует также возможность построить электронную систему более полного цикла, в которой ресурсы не извлекаются, не используются и отправляются в отходы, а оцениваются и используются повторно таким образом, чтобы создавать достойные, устойчивые рабочие места. Короче, нам нужно новое видение электроники.

Этот отчет объединяет данные и исследования всей системы ООН, чтобы обосновать новое видение. Описание и анализ проблем и возможностей, а также закладывание основы для процесса системных изменений - это только первый шаг. Для этого необходимо следующее:

- Видение: Обществу необходимо коллективно переосмыслить правила игры и создать видение, вокруг которого могут сплотиться правительство, потребители и промышленность.
- Осведомленность: общественность должна узнать больше об этой растущей глобальной проблеме и возможностях
- Сотрудничество. Эта коалиция стремится работать с транснациональными корпорациями, малыми и средними предприятиями (МСП), предпринимателями, ассоциациями работодателей, научными кругами, профсоюзами, гражданским обществом и ассоциациями в рамках конкретного и целенаправленного процесса, чтобы добиться изменений. Государственно-частное сотрудничество через такие платформы, как РАСЕ и Коалиция по электронным отходам, будет играть важную роль
- Действие. Необходимы скоординированные действия всех участников внутри и за пределами национальных границ.

Подписи

Хоулинь Чжао, Генеральный секретарь, Международный союз электросвязи

Доминик Вораи, руководитель Центра глобальных общественных благ, член правления Всемирного экономического форума

Дэвид М. Мэлоун, ректор Университета Организации Объединенных Наций

Джойс Мсуя, исполняющая обязанности Директора-исполнителя Программы Организации Объединенных Наций по окружающей среде

Гай Райдер, Генеральный директор, Международная организация труда

Питер Баккер, президент Всемирного делового совета по устойчивому развитию

Нихил Сет, Директор-исполнитель, Учебный и научно-исследовательский институт Организации Объединенных Наций

Ли Юн, Генеральный директор Организации Объединенных Наций по промышленному развитию

Рольф Пайет, исполнительный секретарь Базельской, Роттердамской и Стокгольмской конвенций

Резюме публикации

Быстрые инновации и снижение затрат резко расширили доступ к электронным продуктам и цифровым технологиям со многими преимуществами. Это привело к увеличению использования электронных устройств и оборудования. Непреднамеренным следствием этого является увеличение объема отходов электронных и электротехнических товаров: электронных отходов.

Трудно определить, сколько электротехнических товаров производится ежегодно, но, учитывая только устройства, подключенные к Интернету, их сейчас намного больше, чем людей на земле. По прогнозам, к 2020 году это число составит 25-50 миллиардов (1,2) с учетом резкого падения цены и роста спроса.¹

Электронные отходы в настоящее время являются самым быстрорастущим потоком отходов в мире (3). Некоторые его формы растут в геометрической прогрессии (4). ООН назвала это цунами электронных отходов (5,6). Предполагается, что этот поток отходов достиг 48,5 млн. тонн в 2018 году (7). Ожидается, что эта цифра увеличится почти втрое, если ничего не изменится (8). В глобальном масштабе общество надлежащим образом занимается только 20% (9) электронных отходов, и имеется мало данных о том, что происходит с остальными, которые по большей части оказываются на свалке или утилизируются работниками неформального сектора в плохих условиях.

Тем не менее, электронные отходы стоят не менее 62,5 млрд. долларов США в год (10), что превышает валовой внутренний продукт (ВВП) большинства стран. Фактически, если бы электронные отходы были единой страной, их ВВП был бы на уровне ВВП Кении. Кроме того, в 123 странах ВВП меньше, чем стоимость мировой кучи электронных отходов (11). Однако в правильных руках они могут стоить значительно больше.

Изменения в таких технологиях, как облачные вычисления и Интернет вещей (IoT), могут привести к «дематериализации» электронной промышленности. Рост бизнес-моделей услуг, улучшение отслеживания и возврата товаров после завершения их жизненного цикла могут привести к глобальным круговым цепочкам создания стоимости. Эффективность материалов, инфраструктура переработки и увеличение объема и качества переработанных материалов для удовлетворения потребностей цепочек поставок электроники - все это будет иметь важное значение. Если сектор будет поддерживаться с помощью правильного набора политических инструментов и управляться надлежащим образом, это может привести к созданию миллионов достойных рабочих мест по всему миру.

Требуется новое видение производства и потребления электронных и электротехнических товаров. Электронные отходы могут легко восприниматься как проблема постпотребителя, но эта проблема охватывает жизненный цикл устройств, которые используют все. Проектировщики, производители, инвесторы, трейдеры, шахтеры, производители сырья, переработчики, потребители, политики и другие играют решающую роль в сокращении отходов, сохранении ценности в системе, продлении экономической и физической жизни изделия, а также его способность к ремонту, переработке и повторному использованию. Возможности безграничны.

Это переломный момент в истории и представляет собой беспрецедентную возможность для глобального бизнеса, политиков и работников во всем мире. Те, кто может переосмыслить цепочку создания стоимости для электронных товаров и сформировать приоритет дематериализации и систем замкнутого цикла (что означает снижение зависимости от первичных ресурсов), могут получить невероятное преимущество. Инновационные продукты и услуги не должны означать больше электронных отходов; они могут значить существенно меньше отходов.

Преобладающая модель «бери, делай и отправляй в отходы» имеет последствия для общества, негативно влияя на здоровье и способствуя изменению климата (12). Настало время для обновления системы. Нам нужна система, которая функционирует должным образом - в которой экономика замкнутого цикла заменяет линейную.

В краткосрочной перспективе электронные отходы остаются в значительной степени неиспользованным, но растущим ценным ресурсом. Почти все это может быть переработано. Городская добыча, где ресурсы

¹ Здесь и далее мелким курсивом приведены ссылки на источники в конце текста

извлекаются из сложных потоков отходов, теперь может быть более экономически выгодной, чем добыча металлических руд из земли. Это требует в значительной степени меньше энергии. Электронные отходы могут быть токсичными, не поддаются биологическому разложению и накапливаются в окружающей среде, в почве, воздухе, воде и живых организмах. Это также может оказать неблагоприятное воздействие на здоровье. Дети и женщины особенно уязвимы перед риском для здоровья от неправильного обращения с электронными отходами (13).

Настало время пересмотреть электронные отходы, провести переоценку электронной промышленности и перезагрузить систему на благо промышленности, потребителей, работников, здоровья человечества и окружающей среды. Невероятные возможности здесь также связаны со «справедливым переходом» земного шара к экологической устойчивости и формированию будущего, которое работает для всех в экономике замкнутого цикла.

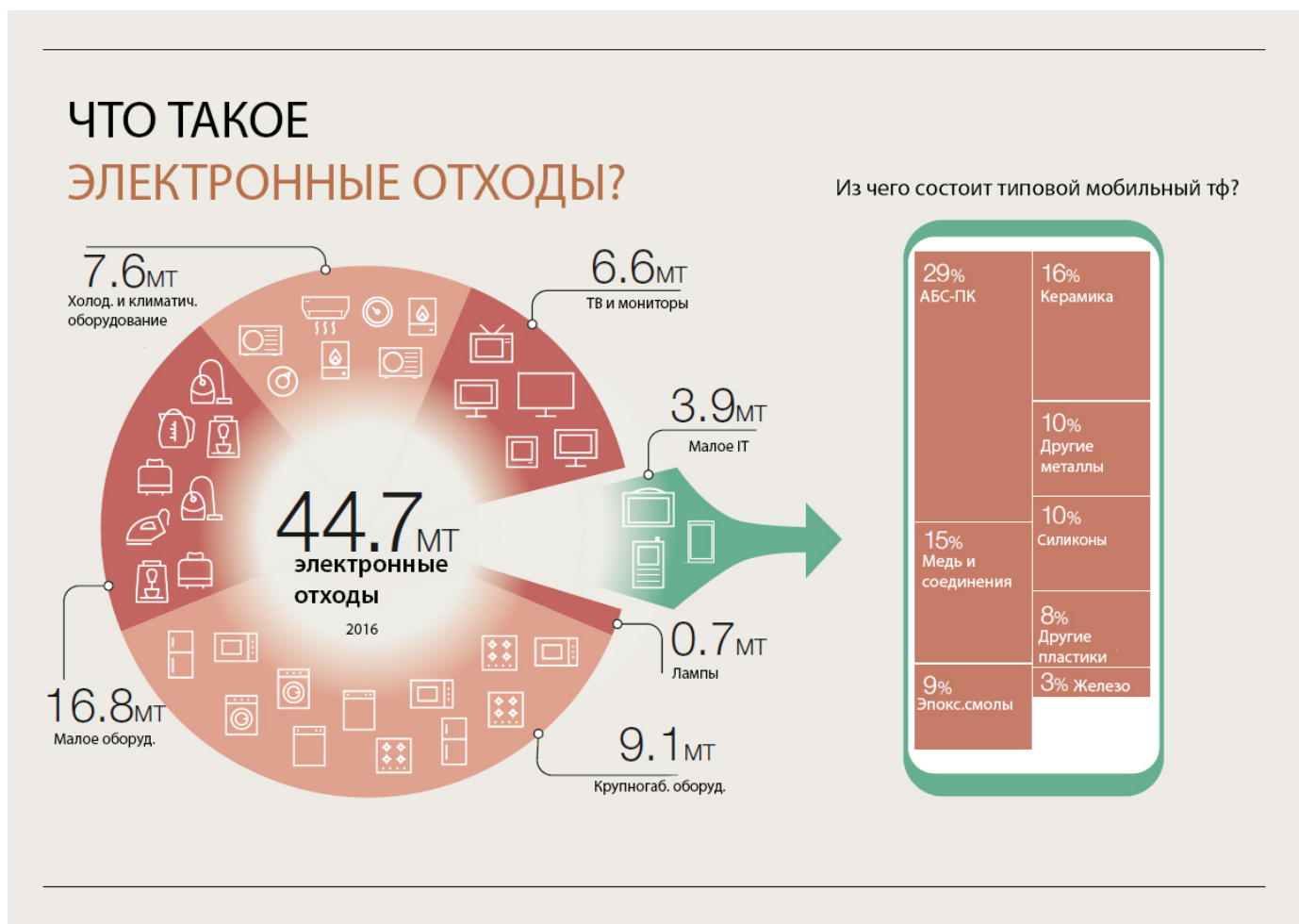
Что относится к электронным отходам?

Как правило, электронные отходы определяются как любое изделие с вилкой, электрическим шнуром или батареей (включая электротехническое и электронное оборудование) от тостеров до зубных щеток, смартфонов, холодильников, ноутбуков и светодиодных телевизоров, срок службы которых истек, а также компоненты, которые составляют эти продукты с истекшим сроком эксплуатации. Электронные отходы также называют отходами электротехнического или электронного оборудования, или ОЭЭО для краткости (14). В настоящее время только несколько стран имеют единый способ измерения объема образования этих отходов. Электронные отходы поступают из многих источников, включая домашние хозяйства, предприятия и правительства.

Электронные отходы могут содержать драгоценные металлы, такие как золото, медь и никель, а также редкие материалы стратегической ценности, такие как индий и палладий. Многие из этих металлов могут быть извлечены, переработаны и использованы в качестве вторичного сырья для производства новых товаров. Проблема заключается в невероятной сложности этого; продукт может состоять из более чем 1000 различных веществ (15). Электронные отходы могут составлять только 2% потоков твердых отходов, однако они могут представлять 70% опасных отходов, которые попадают на свалку (16,17). До 60 элементов из периодической таблицы можно найти сложную электронику (18), такой как смартфоны, причем многие из них технически извлекаемы.

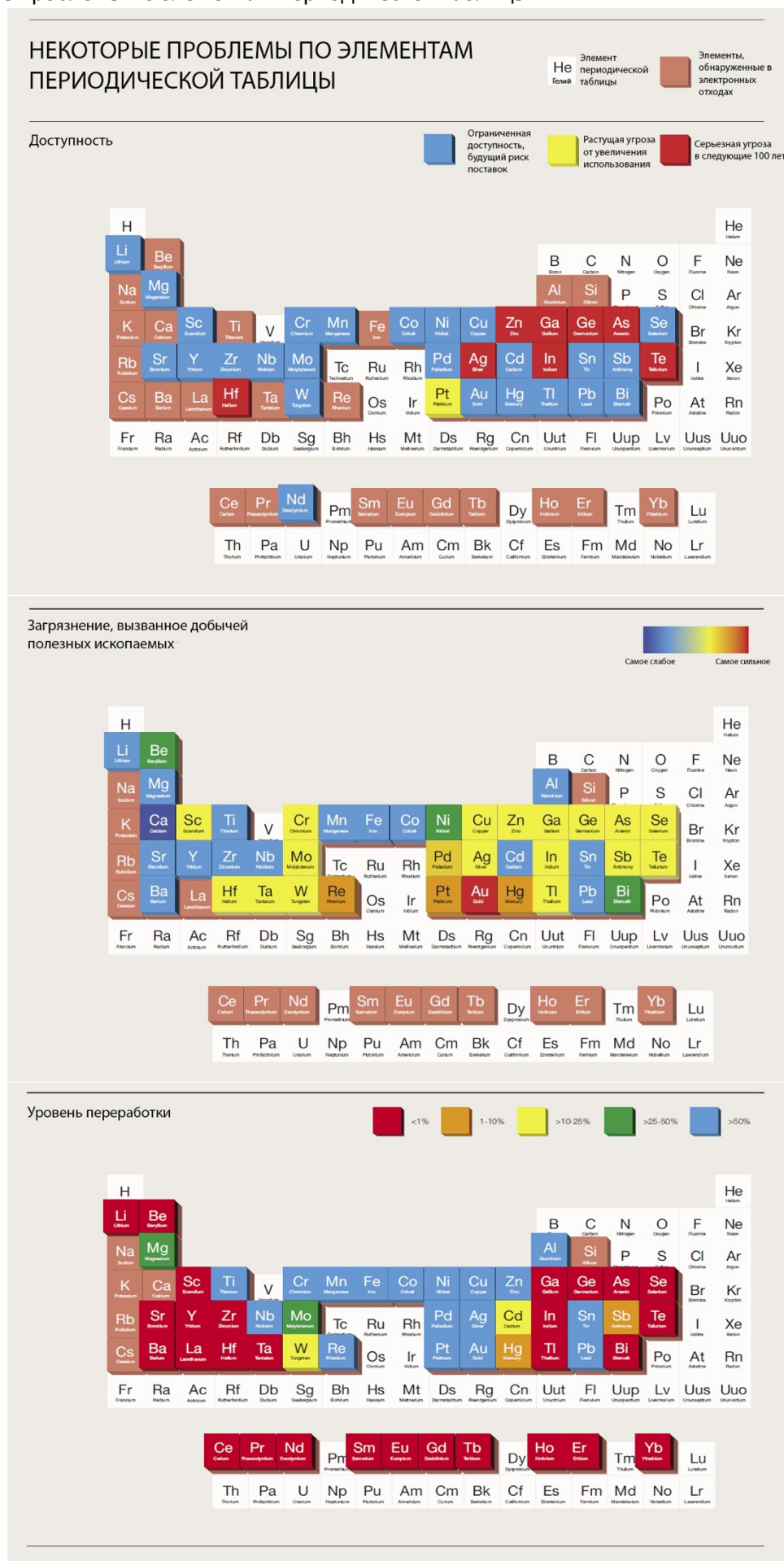
Рис. 1. Что содержится в электронных отходах?

(в млн. тонн – мт)



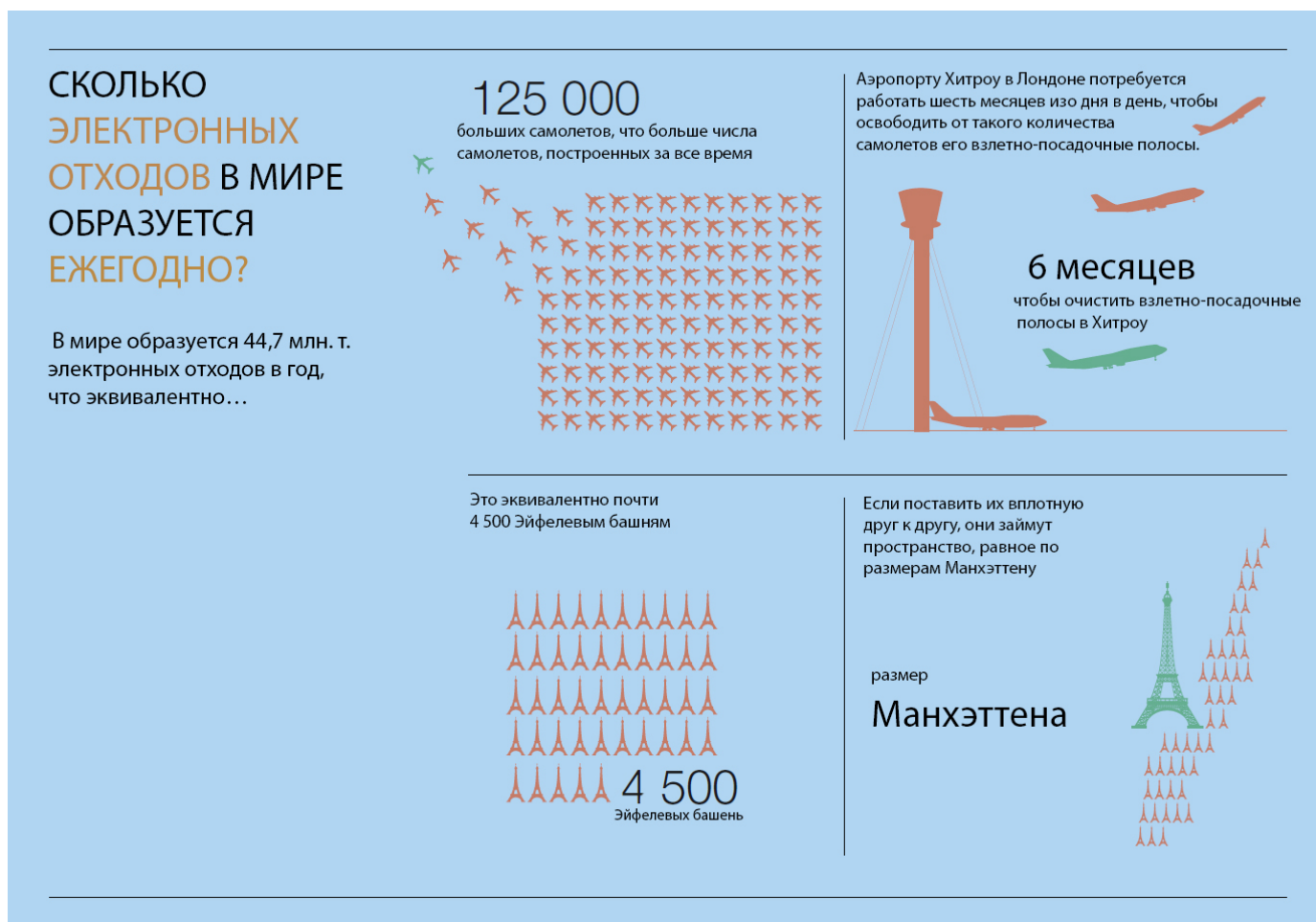
Источник: Global E-waste Monitor, 2017

Рис. 2. Некоторые проблемы по элементам периодической таблицы



Масштаб образования электронных отходов

Рис. 3. Сколько электронных отходов мы образуем ежегодно



Источник: E-waste Monitor, 2017; figures from 2016

Согласно Глобальному монитору электронных отходов (E-waste Monitor) 2017 года, в 2016 году образовались ошеломляющие 44,7 миллиона метрических тонн электронных отходов. Это эквивалентно чуть более шести килограмм на каждого жителя планеты. Только Европа и США ответственны за образование почти половины общего объема электронных отходов ежегодно (19).

Половина всех электронных отходов - это персональные устройства, такие как компьютеры, экраны, смартфоны, планшеты и телевизоры, а остальное - это более крупные бытовые приборы, а также отопительное и охлаждающее оборудование. Масштаб глобальных электронных отходов не поддается сравнению, но вес больше, чем у всех когда-либо выпущенных коммерческих самолетов. Представьте себе массу в 125 000 больших реактивных самолетов (20) - лондонскому аэропорту Хитроу понадобится до шести месяцев, чтобы убрать столько самолетов с взлетно-посадочных полос. Если вам трудно это представить, попробуйте массу из 4 500 Эйфелевых башен, соберите их все в одном месте рядом друг с другом, и они займут территорию размером с Манхэттен. Из этого общего количества 36 миллионов тонн электронных отходов выбрасываются на свалку (21), - сжигаются или незаконно продаются и обрабатываются полужулевым образом каждый год.

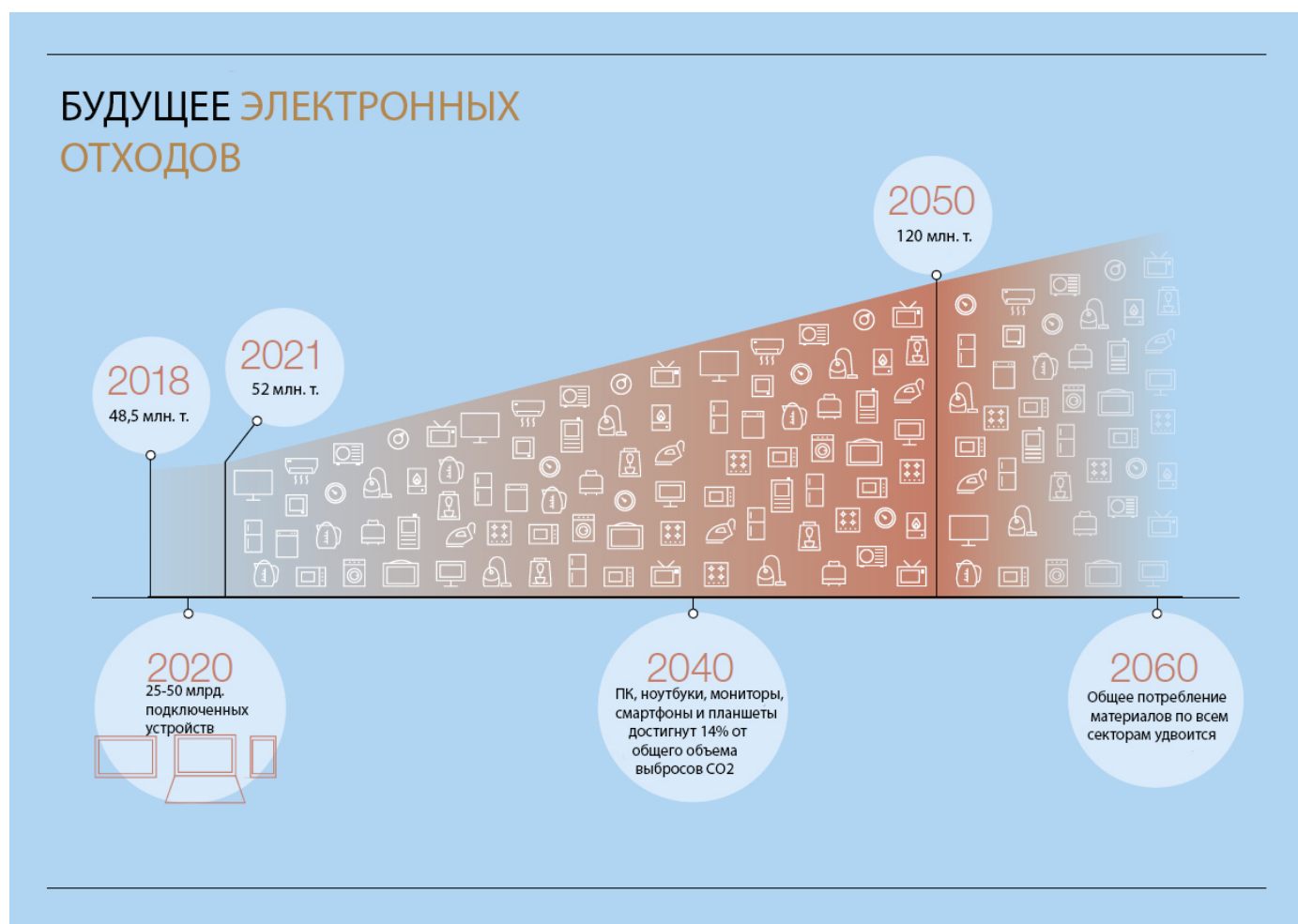
Тенденции

Трудно предсказать объемы образования электронных отходов, но к 2021 году ожидается, что общий годовой объем превысит 52 млн. тонн (22). Есть и другие признаки того, что использование электронных и электротехнических устройств будет расти. Например, согласно прогнозам, к 2020 году (23) количество устройств, подключенных к Интернету, будет между 25-50 миллиардами, что почти в три раза превышает число людей на планете сегодня, у всех этих устройств будет срок годности. Большая часть роста приходится на развивающиеся регионы, которые все больше присоединяются к глобальной взаимосвязанной экономике. К 2040 году выбросы углерода при производстве и использовании электроники, включая такие устройства, как ПК, ноутбуки, мониторы, смартфоны и планшеты, достигнут 14% от общего объема выбросов (24,25). Это вдвое меньше, чем в общем объеме выбросов. глобального транспортного сектора сегодня.

К 2050 году объем электронных отходов при наихудшем сценарии может превысить 120 миллионов тонн в год, согласно оценкам Университета Организации Объединенных Наций в Вене (26). По данным Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), к 2060 году мировое потребление сырья должно удвоиться (27).

Электронные отходы сегодня часто состоят из товаров из прошлого. Подумайте о миллионах телевизоров и компьютеров с электронно-лучевыми трубками от старых мониторов, VHS-рекордеров и DVD-плееров, многие из которых содержат токсичные соединения, такие как свинец, все еще делая их опасными и проблемными. Существует остаток электронных отходов, произведенных по старым технологиям, с которым необходимо справиться.

Рис. 4. Будущее электронных отходов



Ограниченность ресурсов, извлечение вторичных материалов и выбросы

Есть опасения по поводу доступности и поставок новых материалов для электроники и электротехнических устройств в будущем. Рост цен на сырьевые товары высветил риски. Тем не менее, электронные отходы содержат много ценных и дефицитных материалов, таких как золото, платина, кобальт, редкоземельные элементы и большое количество алюминия и олова. Есть много возможностей для лучшего восстановления вторичных материалов.

Не часто выбрасывают ювелирные изделия из золота, серебра или платины, но это не относится к электронным и электротехническим товарам, содержащим те же драгоценные металлы; в настоящее время в электронных отходах может содержаться до 7% мирового запаса золота (28)

Неправильное обращение с электронными отходами приводит к значительной потере дефицитного и ценного сырья, включая такие ценные металлы, как неодим (жизненно важный для магнитов в двигателях), индий (используемый в плоских телевизорах) и кобальт (для батарей). Почти никакие редкоземельные минералы не извлекаются в ходе неформальной переработки.

Все же металлы в электронных отходах трудно извлечь; например, общий коэффициент извлечения кобальта составляет всего 30% (несмотря на существующую технологию, которая может перерабатывать 95%) (29). Однако металл пользуется большим спросом для производства аккумуляторов для ноутбуков, смартфонов и электромобилей. Вторичные металлы также от двух до 10 раз более эффективны, чем металлы, выплавляемые из первичной руды, с точки зрения затрат энергии. Кроме того, извлечение металлов из выброшенной электроники дает на 80% меньше выбросов углекислого газа на единицу золота по сравнению с добычей его из земли (30).

В 2015 году затраты энергии на добычу сырья составляли 7% мирового энергопотребления (31). Это означает, что переход к использованию большего количества вторичного сырья в электронных товарах может значительно помочь в достижении целей, установленных в Парижском соглашении об изменении климата.

Батареи: электризующаяся проблема

Как и другие компоненты современной электроники, аккумуляторы есть везде. Их используют почти все портативные и передвижные устройства - от слуховых аппаратов и игрушек до электромобилей и смартфонов. Тем не менее, они не учитываются в глобальных потоках электронных отходов. Батареи обычно содержат один или несколько из следующих девяти металлов: литий, кобальт, кадмий, свинец, цинк, марганец, никель, серебро или ртуть.

Прогнозируется, что рынок литий-ионных аккумуляторов, самый быстрорастущий сегмент в производстве химических источников тока, к 2025 году достигнет 100 миллиардов долларов США (32). Стоимость аккумуляторов падает, а спрос растет, что обусловлено спросом на смартфоны и электромобили. К 2030 году на дорогах может появиться до 125 миллионов электромобилей, по сравнению с 3 миллионами в 2018 году, что приведет к зеленой транспортной революции (33). В настоящее время глобальный уровень переработки для этого рынка составляет всего 42% (34). К 2025 году вес литий-ионных батарей, продаваемых ежегодно, увеличится в пять раз и составит почти 5 миллионов тонн (35).

Аккумуляторы электромобилей часто содержат столько же лития, сколько 1000 смартфонов. ЕС и Китайская Народная Республика ввели законы, согласно которым автопроизводители несут ответственность за утилизацию аккумуляторов. Существует также потенциал для большого рынка аккумуляторов повторного использования; для сетей от источников возобновляемой энергии будущего потребуется огромный объем хранилища, который может быть заполнен батареями, которые слишком стары для автомобилей, но хороши для статического использования.

По прогнозам, к 2030 году предстоит утилизировать более 11 миллионов тонн использованных литий-ионных аккумуляторов, что представляет собой серьезную проблему (36,37), но также предоставляет возможность обеспечить некоторый доход, учитывая резкий рост спроса на такие материалы, как литий и кобальт, в 11 раз (38). Для электроники сбор устройств остается критически важным, и, как и для всех компонентов, он будет

важен для увеличения сбора батарей для переработки. Когда срок службы батареи истекает, важно обеспечить, чтобы эти батареи предназначались для лучших в своем классе переработчиков, у которых есть технология для извлечения основного сырья. Этому можно помочь, связав службы по замене батарей с утилизаторами и убедившись, что батареи не выбрасываются ненадлежащим образом.

Одним из наиболее важных материалов для производства аккумуляторов является кобальт, однако две трети кобальта в мире находится в одной из самых бедных стран мира, Демократической Республике Конго (ДРК). Около 90% кобальта, добываемого в ДРК, получается от крупномасштабных и механизированных горных работ. Тем не менее, по оценкам, 10% происходят из мелких рудников, часто в опасных условиях труда. Международная Амнистия (Amnesty International) сообщила, что детский труд широко распространен в этом неформальном секторе (39).

Предпринимаются усилия для решения этих проблем, которые охватывают жизненный цикл и цепочку создания стоимости аккумуляторных технологий. В частности, Глобальный батарейный альянс является платформой государственно-частного партнерства и сотрудничества, которая стремится предоставить платформу для ускорения этих усилий и создания устойчивой цепочки создания стоимости для батарей.

Растущее использование фотоэлектрических солнечных батарей и последующие электронные отходы, которые от них образуются, представляют собой аналогичную экологическую проблему, но также предоставляют беспрецедентные возможности для создания стоимости и создания новых отраслей по обращению с товарами с истекшим сроком эксплуатации (40).

Системная ошибка

Отношения потребителей с электроникой

Также как быстрая мода и фаст-фуд, электроника может включать быструю смену модных тенденций, причем доходы зависят от продажи новейших продуктов, которые становятся все более доступными. В частности, доступность по цене открыла возможности в развивающихся странах, например, мобильные деньги резко увеличили финансовую доступность и создали другие возможности для развития. Во многих случаях рынки подержанных устройств процветают в этих странах благодаря таким продуктам, как ноутбуки и смартфоны, которые имеют вторую или третью жизнь. И все же со временем все эти смартфоны, планшеты, фотоаппараты и домашние гаджеты или устройства станут ненужными.

В одном отчете мировой рынок потребительской электроники оценивается примерно в 1,1 триллиона долларов США в 2017 году, с ростом примерно на 6% в год до 2024 года, когда он будет стоить 1,7 триллиона долларов (41). Растущие показатели использования смартфонов подпитывают мировой спрос. Существует также основная тенденция к созданию плоских экранов для телевизоров на развитых рынках и внедрению 3G и 4G в развивающихся странах; электромобили также находятся на подъеме. Больше одежды, мебели, игрушек, спортивного инвентаря и зубных щеток имеют сложные электронные компоненты.

Недостаточный уровень утилизации

Уровень переработки во всем мире низок. Даже в ЕС, который лидирует в мире по переработке электронных отходов, только 35% электронных отходов официально регистрируются как собранные и переработанные надлежащим образом (42). В среднем по миру это составляет 20%; сбор и переработка оставшихся 80% не подтверждается документально, и многие из них захораниваются под землей на свалках под землей в качестве отходов (43). Электронные отходы не подвергаются биологическому разложению. Отсутствие рециклинга тяжело сказывается на мировой электронной промышленности, и по мере того, как устройства становятся все более многочисленными, компактными и сложными, проблема обостряется.

Рис. 5. Глобальные потоки электронных отходов



В настоящее время переработка некоторых видов электронных отходов и извлечение материалов и металлов является дорогостоящим процессом. Оставшаяся масса электронных отходов - в основном пластмассы с примесью металлов и химикатов - представляет собой более сложную проблему. Поток отходов сложный, содержащий до 60 элементов периодической таблицы. В некоторых случаях он содержит опасные химические вещества, такие как антипирены, некоторые из которых являются стойкими органическими загрязнителями, включенными в Стокгольмскую конвенцию.

В умах потребителей по всему миру также возникает путаница в отношении того, как они обращаются с электронными отходами, потому что система часто является сложной. Во многих случаях эти отходы рассматриваются как обычные бытовые отходы, но они должны быть отделены. Различные потоки электронных отходов также должны рассматриваться отдельно, включая батареи, лампочки, смартфоны, кабели или компьютеры.

Недостаточная осведомленность о том, как утилизировать отходы, и опасения по поводу безопасности сохранности данных, содержащихся в них, приводят к тому, что в ящиках, гаражах, спальнях и офисах по всему земному шару есть огромные запасы старой электроники, ожидающие решения. Возможность в ожидании.

Проблемы труда, окружающей среды и здоровья

Электронные отходы, от содержащей свинец электронно-лучевой трубки от старых телевизоров до свинца и хрома в печатных платах, могут содержать вещества, включая ртуть, кадмий и свинец, которые опасны для здоровья человека, если с ними не будут обращаться надлежащим образом. Электронные отходы могут загрязнять источники воды и пищевые цепочки. Это особенно верно для старых товаров, составляющих сегодня электронные отходы. Регулирование и некоторые добровольно устанавливаемые целевые показатели способствуют вытеснению некоторых из наиболее опасных веществ в новых продуктах.

Утилизация ценных элементов, содержащихся в электронных отходах, таких как медь и золото, стала источником дохода, главным образом в неформальном секторе в развивающихся странах. Тем не менее, базовые методы утилизации, основанные на выжигании пластика из электронных товаров с сохранением ценных металлов (плавление свинца в открытых горшках или растворение печатных плат в кислоте), приводят к тому, что взрослые и дети, а также их семьи подвергаются воздействию многих токсичных веществ.

Во многих странах женщины и дети составляют до 30% рабочей силы, занятой в неформальной переработке первичных электронных отходов, и они особенно уязвимы (44). Когда будущие матери подвержены воздействию токсичных соединений, возникают также потенциальные проблемы (45). Во многих исследованиях отмечается увеличение числа выкидышей и преждевременных родов, а также снижение массы тела при рождении и продолжительности родов, связанных с воздействием электронных отходов. Рабочие также страдают от высокой частоты врожденных дефектов и младенческой смертности. Электронные отходы также являются канцерогенными. Токсичные элементы обнаруживаются в крови неформальных работников на свалках для электронных отходов, где для извлечения металлов используется сжигание на открытом огне. Эти свалки сами по себе стали экономическими центрами, привлекающими продавцов продуктов питания, и часто соседствуют с неформальными поселениями, что ведет к дальнейшему загрязнению от токсичных паров. Электронные отходы могут загрязнять грунтовые воды, почву и воздух (46).

Сегодня общее число людей, неформально работающих в глобальном секторе электронных отходов, неизвестно. Однако, просто для получения общего представления можно отметить, что, согласно данным МОТ в Нигерии, до 100 000 человек работают в неформальном секторе электронных отходов, тогда как в Китае это число составляет 690 000 (47). Модернизация и формализация отрасли до того состояния, когда предприятия, осуществляющие официальную переработку, обеспечивают безопасную, достойную работу для тысяч работников - это большая возможность.

Стоит также рассмотреть влияние электронных товаров на изменение климата. Каждое из когда-либо созданных устройств имеет углеродный след и способствует глобальному потеплению, связанному с жизнедеятельностью человека. Производство тонны ноутбуков потенциально ведет к образованию 10 тонн CO₂. Если рассматривать выброс углекислого газа в течение срока службы устройства, окажется, что он происходит в основном во время производства, прежде чем потребители приобретут продукт. Это делает

процессы с пониженным образованием CO₂ и потреблением углерода на стадии производства (таких как использование переработанного сырья) ключевыми факторами, определяющими общее воздействие на окружающую среду в течение срока службы продукта (48).

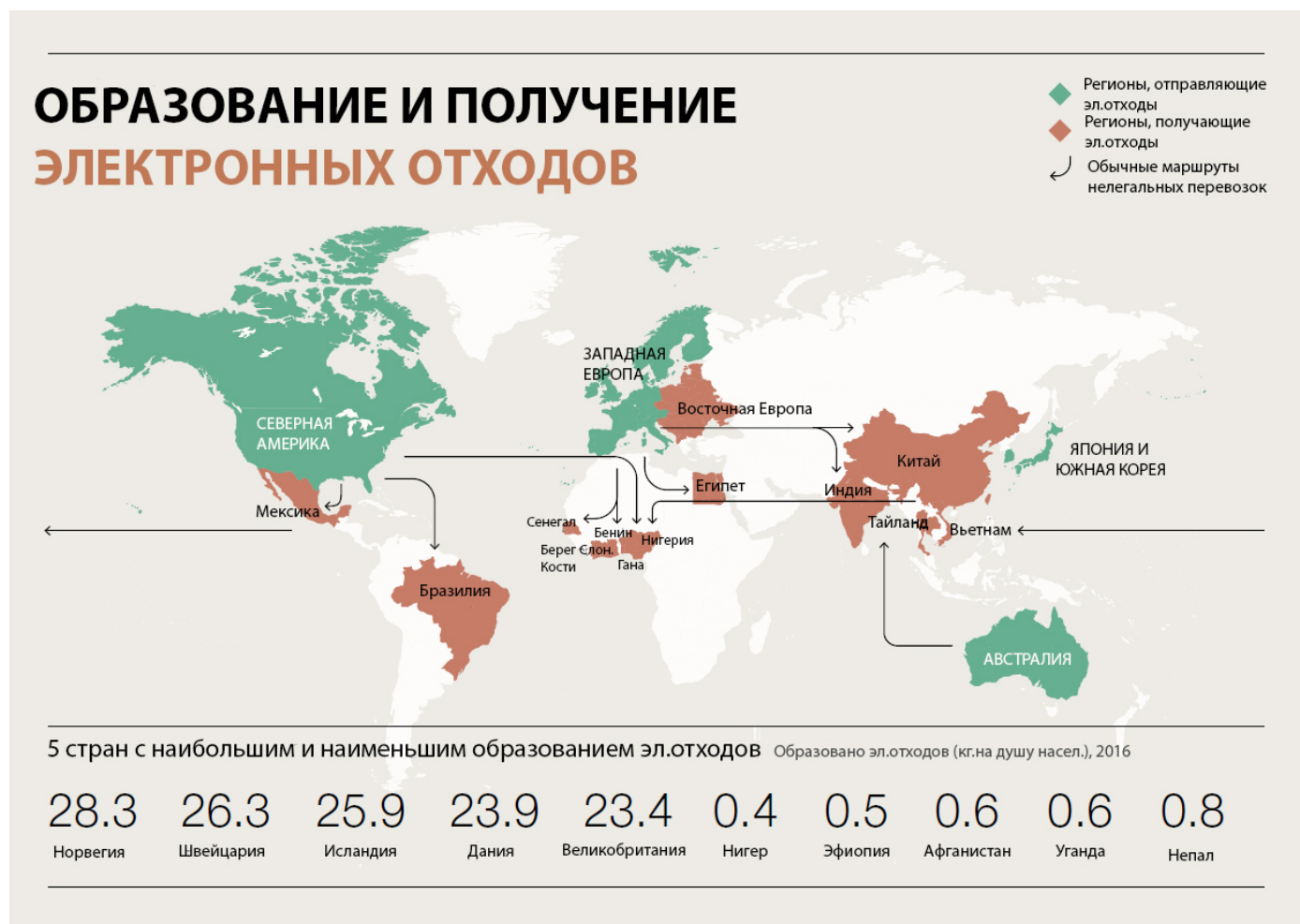
Законодательство по электронным отходам

В общей сложности в 67 странах действует законодательство, касающееся образующихся в них электронных отходов. Обычно это принимает форму расширенной ответственности производителя, когда небольшая плата за новые электронные устройства субсидирует сбор и утилизацию товаров с истекшим сроком службы. Законодательство охватывает около двух третей населения мира (49). Однако во многих странах нет национального законодательства об электронных отходах. Во многих регионах Африки, Латинской Америки или Юго-Восточной Азии электронные отходы не всегда занимают важное место в политической повестке дня и зачастую работа с ними не обеспечивается должным образом.

Когда речь идет об экспорте электронных отходов в развивающиеся страны, он регулируется Базельской конвенцией о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением, которая была ратифицирована 188 странами, другие аналогичные конвенции существуют на региональном уровне (50). Однако, несмотря на принятую конвенцию, большие объемы электронных отходов продолжают перевозиться нелегально. Разница в обеспечении соблюдения конвенций и транспонировании законодательства об электронных отходах в глобальном масштабе означает, что нормативно-правовая среда может быть сложной и фрагментированной (51).

Где образуются электронные отходы?

Рис. 6. Зоны образования и получения электронных отходов



Источник: Lewis 2011, The Global E-waste Statistics Partnership, 2018

Большая часть электронных отходов в мире образуется в Австралии, Китае, ЕС, Японии, Северной Америке и Республике Корея. В Соединенных Штатах и Канаде каждый человек образует примерно 20 кг электронных отходов ежегодно, в то время как в ЕС этот показатель составляет 17,7 кг. В то же время, каждый из 1,2 миллиарда жителей африканского континента образует в среднем всего 1,9 кг электронных отходов в год (52).

В общей сложности 1,3 миллиона тонн выброшенных электронных товаров вывозится из ЕС без документального оформления каждый год. Незаконная перевозка электронных отходов из развитых стран в развивающиеся страны представляет собой серьезную глобальную проблему (53). Существует сложная сеть портов для перевалки, благодаря которой электронные отходы избегают обнаружения властями.

В то же время поставки вторичных материалов из стран-потребителей в промышленные центры с целью вовлечения материалов в производство новых товаров выиграют от четких международных определений вторичных материалов. Поставки использованных товаров для ремонта, восстановления или прямого повторного использования осложнены законодательными неопределенностями.

Экономическая ценность электронных отходов

Электронные отходы представляют большую экономическую ценность, особенно благодаря таким материалам, как золото, серебро, медь, платина и палладий, среди других. 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. Нужно больше делать из этих ресурсов.

Если посмотреть на рынок смартфонов, то в 2017 году было продано 1,46 млрд. штук (54). 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 (55). 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.

Более эффективное использование товаров - это 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.

Только в 2016 году было выброшено 435 000 тонн телефонов (56), несмотря на то, что они содержали материалы на миллиарды долларов.

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

Обеспечение экономики замкнутого цикла с нулем электронных отходов

Модернизация системы: переход к экономике замкнутого цикла

Экономика замкнутого цикла - это система, в которой все материалы и компоненты всегда поддерживаются в наивысшей ценности, а отходы не предусмотрены в системе. Ее можно легко представить как противоположность современной линейной экономике. Этого можно достичь с помощью различных бизнес-моделей, включая продукт как услугу, совместное использование активов, продление срока службы и, наконец, переработку. Чтобы построить экономику замкнутого цикла для электроники, необходимо рассмотреть различные аспекты.

Дизайн

Продукты должны разрабатываться с возможностью повторного использования, долговечными и, в конечном итоге, пригодными для безопасной переработки. Многие компании взяли на себя глобальные обязательства по проектированию цепочки создания стоимости электроники без отходов, а другие усердно работали над исключением опасных материалов из своей продукции. Эти виды опыта должны быть распространены по всей отрасли, создавая конкурентное пространство с открытым исходным кодом для сотрудничества.

Использование прочных конструкций может гарантировать, что электронные устройства будут служить дольше. Конфигурации должны учитывать завершение срока службы товара, а также способствовать разборке и повторному использованию. Использование «системного подхода» и перестройка всего жизненного цикла электронного устройства для экономики замкнутого также может создать большую ценность в системе.

Рис. 7. Новое видение жизни электроники как замкнутого цикла



Источник: Подготовлено для настоящего отчета участвующими организациями

Системы выкупа или возврата

Все чаще производители электроники могут предлагать системы выкупа или возврата старого оборудования. Финансовое стимулирование потребителя и гарантия того, что его данные будут должным образом обработаны. Экспертиза в пользовательском опыте могла бы быть использована, чтобы сделать процесс окончания срока службы более гладким.

Усовершенствованная переработка и повторное использование

Компании и правительства могут работать над созданием системы для производства по замкнутому циклу, в которой собираются все старые продукты, а затем материалы или компоненты реинтегрируются в новые. Это потребует новых финансовых стимулов и политических рычагов, а также лидерства частного сектора. Сектор переработки также нуждается в обновлении; в некоторых случаях переработанные материалы не имеют достаточного качества для использования в новых электронных продуктах. Страны также имеют цели, связанные с этим. В Китае к 2025 году запланировано 20% повторного использования всех новых электронных товаров.

Долговечность и ремонт

Утилизация электротехнических и электронных товаров после потребления будет недостаточной для борьбы с этой проблемой. Общество должно быть в состоянии извлечь выгоду из хорошо разработанных, долгоживущих продуктов. Долговечность может быть дополнительно увеличена, когда оборудование обслуживается, ремонтируется и восстанавливается. Компании должны быть готовы отремонтировать оборудование, которое они продают, что также было предписано законом в некоторых юрисдикциях. Бывшие в употреблении электротовары стоят больше, чем отдельные компоненты, которые, опять же, стоят на порядок больше, чем только материалы. Следовательно, вторичное использование и сбор компонентов представляют большую возможность.

Добыча ресурсов в городских условиях (Urban mining)

Уже сейчас один переработчик в Китае производит больше кобальта, чем все шахты страны за один год. Циркулярная экономика для электроники максимизирует количество ценных электронных отходов, которые возвращаются в производство новых электронных продуктов и компонентов. Чтобы достичь этого, большому количеству стран, особенно в развивающемся мире, необходимо будет принять законодательство об электронных отходах, такое как введение расширенной ответственности производителей, и создать официальную отрасль переработки. Это не только смягчит некоторые из худших последствий, но также создаст огромные возможности для экономического роста и достойной работы.

Обратная цепочка поставок

Когда продукт больше не может быть использован, материалы должны быть собраны и отправлены обратно для повторного вовлечения в производство. Это известно, как обратная цепочка поставок. Однако, в отличие от прямой цепочки поставок, перемещение и обработка материалов не компенсируются за счет стоимости готового продукта, наделенного потребительскими характеристиками. Вместо этого переработчики должны полагаться только на стоимость сырья и поэтому бизнес-процессы требуют высокоэффективной и экономичной модели обратной цепочки поставок, которая является безопасной и ответственной и гарантирует, что материалы не поступают в неформальный сектор.

Электроника как услуга?

Когда-то были виниловые пластинки, потом кассеты и диски. Наши электронные устройства теперь имеют потоковые приложения на основе подписки. VHS, DVD и Blu-ray диски исчезли с появлением Netflix. Некоторые люди используют приложения для вызова такси вместо того, чтобы покупать автомобиль или останавливаться в чьей-то свободной комнате через Airbnb, что означает, что для покрытия пикового времени требуется меньше гостиниц (57). Это все услуги, которые когда-то продавались только в виде физических продуктов.

Этот процесс называется дематериализацией и происходит во многих аспектах жизни людей. В Нидерландах Signify (ранее Philips Lighting) продает освещение как услугу, а в Великобритании Rolls Royce продает время двигателя самолета, а не реактивные двигатели. Это примеры электроники как услуги.

Текущие модели лизинга и аренды с ежемесячными контрактами для смартфонов и даже некоторых телевизоров позволяют глобальным потребителям получать доступ к новейшим технологиям, особенно к продуктам с коротким сроком службы и без высоких первоначальных затрат. Доступ к инновациям и обновлениям не ослабевает, а барьеры для пользователей также снизились.

Благодаря этой новой модели владения у производителя появляется стимул обеспечить оптимальное использование всех ресурсов в течение жизненного цикла устройства. Это включает варианты, когда пришло время, для повторного использования другим потребителем или переработки. Однако, чтобы эта схема работала, жизненно важно, чтобы продукты оставались в качестве услуг до завершения их использования, иначе они рискуют быть проданными и попасть в неформальный сектор. Существует также стимул к тому, чтобы как можно дольше сохранять ценность продуктов, продлевать срок службы устройств, ремонтировать их при необходимости, исключать отходы и уменьшать воздействие, которое электронные продукты оказывают на окружающую среду.

Вместо одноразовой операции бизнес-модель переключается на постоянную услугу и экономию на подписке. Это создает гораздо более тесные и крепкие отношения с клиентами. Это уже произошло с бытовыми модемами в некоторых странах. Например, Fairphone, компания по производству мобильных телефонов в Нидерландах, запустила «Fairphone-as-a-Service» (58), а у Dell в США уже есть «ПК как услуга» (59,60).

Как отмечается в недавнем отчете Фонда Эллен Макартур, рост облачных вычислений также имеет невероятный потенциал, когда речь заходит об электронике. Перемещая возможности устройств от фактически приобретенного оборудования в удаленные центры обработки данных, аппаратные возможности становятся менее важными, чем возможности подключения и обслуживания. В свою очередь, это может увеличить циклы использования продукта и уменьшить количество отходов в системе (61).

Экономическая выгода и создание рабочих мест

Экономические выгоды от использования экономической модели замкнутого цикла в электронике и электротехнике могут быть огромными. Циркулярная модель для электроники может снизить затраты для потребителей на 7% к 2030 году и на 14% к 2040 году (62). Поскольку электронные отходы являются растущим ресурсом, а также учитывая нехватку ресурсов и колебания цен на некоторые металлы и минералы на горизонте, наблюдается растущий экономический эффект от извлечения этих ценных ресурсов. Это, в сочетании с лучшими конструкциями и технологиями для извлечения ресурсов, обеспечит более выгодный выход материалов, что укрепит ситуацию

Во многих странах предприниматели в области обращения с электронными отходами и кооперативы работников, занимающихся электронными отходами, расширяют операции по переработке электронных отходов и экспериментируют с новыми и всеобъемлющими бизнес-моделями для эффективного управления электронными отходами. Они уже создали тысячи достойных рабочих мест в безопасных условиях для тех, кто раньше работал в неформальном секторе 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, если не сотен тысяч работников в экономике замкнутого цикла.

При правильном развитии использование экономики замкнутого цикла для сектора электроники и электронных отходов может создать миллионы рабочих мест по всему миру. Некоторые могут выполнять низкооплачиваемую и низкоквалифицированную работу, так как в систему попадает больше электронных отходов, но со временем это изменится с появлением широкого спектра рабочих мест. Это приведет к необходимости, например, новых дизайнеров, экономистов по бизнес-процессам замкнутого цикла и специалистов по городской добыче ресурсов, а также сотрудников EaaS (электроника как услуга). Будущее выглядит ярко.

Заключение

Это первоначальное объяснение проблемы и возможности материалов в индустрии по производству электроники и электрооборудования. Оно дает понимание того, почему пришло время глобальной перезагрузки системы обращения с электроникой и почему нам необходимо новое видение электроники в замкнутом цикле. Оно основано на существующих данных и экспертных оценках. Документ начинает исследование некоторых рычагов, которые могут играть роль в этом видении, но требуется провести гораздо больше работы, чтобы сотрудничать со всеми соответствующими игроками в цепочке создания стоимости и совместно создавать это видение. В свою очередь, этот документ может выступить в качестве карты для преобразования отрасли из отрасли, характеризующейся отходами и рядом негативных внешних факторов, в модель, основанную на экономике замкнутого цикла.

Переход к экономике замкнутого цикла должен происходить таким образом, чтобы приносить пользу всем заинтересованным сторонам от потребителя до работников, правительства, бизнеса, предпринимателей и общества в целом. Потребуется массовое сотрудничество, идеи по изменению системы, новые политические рамки и новые способы ведения бизнеса. Организации, участвующие в этой работе, имеют общую приверженность достижению этой цели и приглашают других присоединиться к этому важному начинанию.

Авторы

Гэрем Бел (Garam Bel), эксперт по электронным отходам, Группа ООН по управлению окружающей средой/Международный союз электросвязи, Швейцария

Каролин ван Бруншот (Carolien van Brunschot), менеджер, Экономика замкнутого цикла, Всемирный совет деловых кругов по стабильному развитию, Швейцария

Ник Изен (Nick Easen), журналист и исследователь, Independent, Великобритания

Ванесса Грей (Vanessa Gray), руководитель подразделения наименее развитых стран, малых островных развивающихся государств и отделения экстренной связи, Международный союз электросвязи, Швейцария

Рудигер Кюр (Ruediger Kuehr), директор программы UNU-ViE SCYCLE, Университет ООН, Германи

Атанасиос Милиос (Athanasios Milios), подразделение по поддержке программ, Группа ООН по управлению окружающей средой, Switzerland Швейцария

Ингарарарсан Милваканам (Iyngararasan Mylvakanam), сотрудник по программам, Программа ООН по окружающей среде, Международный центр по технологиям охраны окружающей среды, Япония

Джеймс Пеннингтон (James Pennington), руководитель проекта, Экономика замкнутого цикла, Всемирный экономический форум, Швейцария

Секретариат Базельской и Стокгольмской конвенций.

Ссылки

1. Joseph Lauren, James Pennington "Tapping the economic value of e-waste," China Daily, [World Economic Forum Op-Ed], 29 October 2018, europe.chinadaily.com.cn/a/201810/29/WS5bd64e5aa310eff3032850ac.html
2. Software.org, Connecting to New Opportunities Through Connected Devices, [Press release], 11 July 2017, www.software.org/press-release/connecting-to-new-opportunities-through-connected-devices/
3. United Nations University, E-waste Rises 8% by Weight in 2 Years as Incomes Rise, [Press release], 14 December 2017, www.unu.edu/media-relations/releases/ewaste-rises-8-percent-by-weight-in-2-years.html
4. Bhutta, M & Omar, Adnan & Yang, Xiaozhe, Electronic Waste: A Growing Concern in Today's Environment. Economics Research International, June 2011. www.researchgate.net/publication/258379577_Electronic_Waste_A_Growing_Concern_in_Today's_Environment
5. Vidal, John, "Toxic 'e-waste' dumped in poor nations, says United Nations," The Guardian, 14 December 2013, www.theguardian.com/global-development/2013/dec/14/toxic-ewaste-illegal-dumping-developing-countries
6. United Nations Environment Programme, Video of Achim Steiner, accessed December 2018, <https://learning.climatekic.org/en/courses/e-waste-mooc>
7. Baldé, C. P., Forti, V., Gray, V., Kuehr, R., Stegmann, P., The Global E-waste Monitor 2017, UNU, ITU, ISWA, 2017, www.itu.int/en/ITU-D/Climate-Change/Documents/GEM%202017/Global-E-waste%20Monitor%202017%20.pdf
8. Kuehr, Ruediger, Director of the Sustainable Cycles Programme (SCYCLE), United Nations University, Abstract from 2019 report on e-waste, permission granted to print.
9. Baldé, C. P., et al., The Global E-waste Monitor 2017, UNU, ITU, ISWA, 2017
10. Baldé, C. P., et al., The Global E-waste Monitor 2017, UNU, ITU, ISWA, 2017
11. International Monetary Fund, World Economic Outlook, GDP, current prices, Accessed December 2018 [Data mapper], www.imf.org/external/datamapper/NGDPD@WEO/OEMDC/ADVEC/WEOWORLD
12. United Nations Environment Programme, E-waste challenge, E-learning webpage, www.unenvironment.org/resources/e-learning/e-waste-challenge
13. World Health Organization, Children's environmental health, Electronic Waste, accessed December 2018, www.who.int/ceh/risks/ewaste/en/
14. Basel Convention, E-waste Overview, Accessed December 2018, www.basel.int/Implementation/Ewaste/Overview/tabid/4063/Default.aspx
15. Needhidasan S., Samuel M., Chidambaram R., Electronic waste – an emerging threat to the environment of urban India, J Environ Health Sci Eng., 20 January 2014, www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3908467/
16. US Environment Protection Agency, Multiple Actions Taken to Address Electronic Waste, Evaluation Report, 1 September 2004, Accessed December 2018, www.epa.gov/sites/production/files/2015-12/documents/20040901-2004-p-00028.pdf
17. Holgate Peter, "How do we tackle the fastest growing waste stream on the planet?" World Economic Forum - Agenda, 9 February 2018, www.weforum.org/agenda/2018/02/how-do-we-tackle-the-fastest-growing-waste-stream-on-theplanet/
18. Baldé, C. P., et al., The Global E-waste Monitor 2017, UNU, ITU, ISWA, 2017
19. Gnanasagaran A, "E-waste chokes Southeast Asia," Basel Action Network, 5 November 2018, www.ban.org/news/2018/11/5/e-waste-chokes-southeast-asia
20. UN Environment Assembly, Blog post, 16 November 2017, Accessed December 2018, web.unep.org/environmentassembly/we-produce-almost-50-million-metric-tonnes-e-waste-each-year-%E2%80%99s-equivalent125000-jumbo-jets
21. Baldé, C. P., et al., The Global E-waste Monitor 2017, UNU, ITU, ISWA, 2017
22. Baldé, C. P., et al., The Global E-waste Monitor 2017, UNU, ITU, ISWA, 2017
23. Joseph Lauren, "Tapping the economic value of e-waste," China Daily, 29 October 2018 22 A New Circular Vision for Electronics: Time for a Global Reboot
24. Belkhir Lotfi, "How smartphones are heating up the planet," The Conversation, 25 March 2018, theconversation.com/how-smartphones-are-heating-up-the-planet-92793
25. Belkhir, L., Elmeligi A., Assessing ICT global emissions footprint: Trends to 2040, Journal of Cleaner Production, 10 March 2018, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261733233X?via%3Dihub

26. Kuehr Ruediger, Director of the Sustainable Cycles Programme (SCYCLE), United Nations University, Abstract from 2019 report on e-waste, permission granted to print.
27. OECD, Global Material Resources Outlook to 2060, October 2018, www.oecd.org/environment/waste/highlightsglobal-material-resources-outlook-to-2060.pdf
28. World Energy Council, World Energy Resources 2016, www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2016/10/WorldEnergy-Resources_FullReport_2016.pdf
29. World Energy Council, World Energy Resources 2016, Accessed December 2018
30. Messenger B, "EU's First Map of Valuable Resources from E-Waste," Waste Management World, 16 January 2018, <https://waste-management-world.com/a/eus-first-map-of-valuable-resources-from-e-waste-elvs-mining-waste>
31. World Economic Forum, Recovery of Key Metals in the Electronics Industry in China, White Paper, January 2018, www3.weforum.org/docs/Environment_Team/39777_Recovery_Key_Metals_Electronics_Industry_China_Opportunity_Circularity_report_2018.pdf
32. World Economic Forum, Global Battery Alliance, Webpage, Accessed December 2018, www.weforum.org/projects/global-battery-alliance
33. International Energy Agency, Global EV Outlook 2018, 30 May 2018, www.iea.org/gevo2018/
34. Melin, H. E., "Why Asia is dominating the lithium-ion battery recycling market" LinkedIn Post, 17 May 2018, www.linkedin.com/pulse/why-asia-dominating-lithium-ion-battery-recycling-market-melin/
35. World Economic Forum Report, To be published, 2019, Disclosed data for this report
36. World Economic Forum, Global Battery Alliance, Webpage, Accessed December 2018
37. Sanderson Henry, "Rise of electric cars poses battery recycling challenge," Financial Times, 3 September 2018, www.ft.com/content/c489382e-6b06-11e7-bfeb-33fe0c5b7eaa
38. Parker Tim, "Strategies to combat volatility in the lithium-ion battery market," EE News Europe, 26 November 2018, www.eenewseurope.com/news/strategies-combat-volatility-lithium-ion-battery-market
39. Dummett Mark, The Dark Side of Electric Cars: Exploitative Labor Practices, Amnesty International, 29 September 2017, www.amnesty.org/en/latest/news/2017/09/the-dark-side-of-electric-cars-exploitative-labor-practices/
40. International Renewable Energy Agency, End of Life Management, Solar Photovoltaic Panels, June 2016, Accessed December 2018, www.irena.org/documentdownloads/publications/irena_ieapvps_end-of-life_solar_pv_panels_2016.pdf
41. Zion Market Research, Global Consumer Electronics Market Will Reach USD 1,787 Billion, [Press Release] <https://globenewswire.com/news-release/2018/06/29/1531798/0/en/Global-Consumer-Electronics-Market-Will-Reach-USD1-787-Billion-by-2024-Zion-Market-Research.html>
42. WEEE Forum, International E-waste Day, 13 October 2018, www.weee-forum.org/international-e-waste-day-0
43. Baldé, C. P., et al., The Global E-waste Monitor 2017, UNU, ITU, ISWA, 2017
44. United Nations Environment Programme, Video of Achim Steiner, accessed December 2018
45. Grant, K. et al., Health consequences of exposure to e-waste: a systematic review, The Lancet, 6 December 2013, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214109X13701013
46. Machette Fanny, Environmental health risks associated with e-waste exposure, African Journal of Science 24 September 2017, www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/20421338.2017.1355602?journalCode=rajs20
47. International Labour Organization, Decent work in the management of electrical and electronic waste (e-waste), March 2019 A New Circular Vision for Electronics: Time for a Global Reboot 23
48. Minter Adam, "How We Think about E-Waste Is in Need of Repair," Anthropocene, October 2016, www.anthropocenemagazine.org/ewaste-repair
49. Baldé, C. P., et al., The Global E-waste Monitor 2017, UNU, ITU, ISWA, 2017
50. Basel Convention, Parties to Basel Convention on Control of Transboundary Movements: Hazardous Wastes, Accessed December 2018, www.basel.int/Countries/StatusofRatifications/PartiesSignatories/tabid/4499/Default.aspx#enote1
51. Mihai Florin-Constantin, Gnoni Maria-Grazia, E-waste Management as a Global Challenge, Intech Open, 13 June 2016, www.intechopen.com/books/e-waste-in-transition-from-pollution-to-resource/e-waste-management-as-a-globalchallenge-introductory-chapter
52. Baldé, C. P., et al., The Global E-waste Monitor 2017, UNU, ITU, ISWA, 2017
53. Odeyingbo, O., et al., Person in the Port Project: Assessing Import of Used Electrical and Electronic Equipment into Nigeria , UNU, 2018

54. Moore Mike, "Smartphone sales see significant drop in 2017," Tech Radar, 28 February 2018, www.techradar.com/news/smartphone-sales-see-significant-drop-in-2017
55. Baldé, C. P., et al., The Global E-waste Monitor 2017, UNU, ITU, ISWA, 2017
56. Woolacott Emma, "E-waste mining could be big business - and good for the planet, BBC News Online, 6 July 2018, www.bbc.co.uk/news/business-44642176
57. Pennington. J, Understanding the Sharing Economy, World Economic Forum, 2016
58. Fairphone, From ownership to service: A new Fairphone pilot just for companies [Press Release], 8 January 2018, Accessed December 2018, www.fairphone.com/en/2018/01/08/from-ownership-to-service-new-fairphone-pilot-forcompanies/
59. Dell, PC as a Service, (PCaaS), Webpage, Accessed December 2018, www.dell.com/en-us/work/learn/pc-as-a-service
60. Ross Andrew, "Gartner says global IT spending will grow 3.2% in 2019," Information Age, 17 October 2018, www.information-age.com/global-it-spending-123475636/
61. Ellen MacArthur Foundation, Circular Consumer Electronics, An Initial Exploration, 2018, www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Circular-Consumer-Electronics-2704.pdf
62. Morlet, A. et al "The Circular Economy Opportunity for Urban and Industrial Innovation in China", Ellen MacArthur Foundation, 2018