

ОТХОДЫ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А. О. Карелин, А. Ю. Ломтев, Институт проектирования, экологии и гигиены

Ежегодно объем отходов электронного и электрического оборудования возрастает на 5 %. Ускоренное развитие электроники, которое немисливо было представить всего 20–25 лет назад, и агрессивная реклама фирм-производителей приводят к тому, что жизненный цикл телевизоров, телефонов, приборов глобальной навигации, офисного оборудования, другой электронной техники становится короче, а себестоимость производимой продукции – выше. Растет количество ОЭЭО.

На рынок России ежегодно поступает до 70 млн единиц электронного и электротехнического бытового оборудования. Суммарная масса электронного лома в России приближается к 1 млн т. Под ОЭЭО подразумевают большое количество разной продукции, вышедшей из употребления, для работы которой необходимы электрический ток и/или электромагнитное поле, а также отработанное оборудование для генерации, передачи и измерения таких токов и полей. Существуют различные классификации такой продукции – например, крупная бытовая техника, работающая на электричестве или управляемая человеком; холодильное оборудование; приборы информационной и телекоммуникационной техники; прочая техника, работающая на электричестве.

Особенностью ОЭЭО является то, что они содержат как драгоценные металлы, так и токсичные соединения. К последним относятся: фреоны, содержащиеся в холодильных установках, системах кондиционирования, увлажнителях; полихлорированные бифенилы, содержащиеся в конденсаторах многих устройств; тяжелые металлы – кадмий, свинец в источниках тока, ртуть в осветительных и других приборах; бромированные антипирены (полибромированные дифенилафиры), используемые в кабелях, печатных платах, коннекторах; литий из батареек и аккумуляторов; поли-

винилхлорид из изоляции проводов и кабелей. Одна только электронно-лучевая трубка может содержать от 1 до 3 кг свинца. В большом телевизионном мониторе его окажется еще больше. Плоские панельные телевизоры и мониторы содержат меньше свинца, но больше ртути. Примерно 40 % тяжелых металлов, включая свинец, ртуть и кадмий, обнаруживаемых в окружающей среде, выделяются из ОЭЭО, выбрасываемых и попадающих на несанкционированные свалки и полигоны. Одна треть меди и серебра, добываемых на Земле, используется для создания электрического оборудования и при отсутствии эффективной системы переработки теряется с отходами.

Значительное количество таких элементов, как мышьяк, сурьма, галлий и индий, используется для производства приборов СВЧ-техники и оптоэлектроники. Однако основными элементами, до настоящего времени широко используемыми в полупроводниковом производстве, являются кремний и его соединения, в частности оксид, хлорид и высокочистые силаны, которые также практически не утилизируются и попадают на свалки и полигоны ТКО. При возгорании отходов на полигонах возникает особая проблема образования токсичных продуктов горения. Так, горение пластмасс, используемых при изготовлении электроники, означает выделение чрезвычайно опасных химических веществ – диоксинов.

Необходимость организации эффективной переработки ОЭЭО очевидна с точки зрения как защиты окружающей среды и здоровья населения, так и прекращения потерь ценных материалов.

К сожалению, приходится констатировать отсутствие в России системы обращения с ОЭЭО и специальных нормативных правовых актов, регулирующих управление ими. Имеющиеся НПА касаются только отдельных категорий этих отходов, таких как ртутьсодержащие отходы; отходы, содержащие озоно-разрушающие вещества; отходы, содержащие драгоценные металлы. Обращение физических лиц с ОЭЭО вообще не регулируется; не стимулируется отдельный сбор этих отходов. Поэтому, по различным данным, ежегодно перерабатывается не более 5–8 % от общего объема ОЭЭО.

Утилизация ртутьсодержащих ОЭЭО организована в разных регионах страны с разной степенью эффективности. Сбор батареек и аккумуляторов проводится только отдельными организациями и торговыми сетями. В связи с этим батарейки и аккумуляторы в основном по-прежнему оказываются в потоке ТКО на полигонах, как правило не оборудованных надлежащим образом. Сходная картина наблюдается и в отношении другого бытового электронного оборудования. Производимый крупными сетями по продаже электронной и электробыто-

вой техники прием ОЭЭО является скорее маркетинговым ходом, хотя он и помогает собирать немалые объемы ОЭЭО.

Бытовая техника в основном разбирается «серыми» переработчиками (частными лицами и компаниями) и поступает далее в виде металлического лома.

Еще хуже обстоит дело с технологиями переработки ОЭЭО. В стране отсутствуют мощности для экологически безопасной переработки свинецсодержащего стекла от телевизоров и другого оборудования старых моделей. Не перерабатываются литиевые, литий-ионные аккумуляторы, бытовые никель-кадмиевые аккумуляторы. Ограничено число предприятий, сжигающих фреоны, используемые в климатическом оборудовании. Нет рентабельных технологий по переработке пластиков, содержащих антипирены. Имеющиеся мощности для переработки аккумуляторов нередко остаются невостребованными в связи с отсутствием надлежащего сбора этих отходов.

Необходимо отметить, что технологии переработки ОЭЭО имеются. Так, для повышения степени использования сырья и уменьшения экологической нагрузки предлагается проводить их обработку в такой последовательности: гравитационное разделение (выделение «легких» и нетоксичных оксидов и элементов – бор, алюминий, кремний), термическая обработка (термическая диссоциация и выделение летучих продуктов – мышьяк, селен) для последующей переработки и возвращения в технологические циклы, химическая газофазная или жидкостная переработка с выделением летучих или растворимых химических соединений (хлориды галлия, индия, мышьяка, сурьмы и др.) с последующим разделением. Остаток после завершающей обработки, содержащий токсичные элементы – кадмий, свинец и др., предлагается подвергать взаимодействию с сульфидными растворами, что приведет к осаждению сульфидов элементов в нерастворимой или труднорастворимой форме для последующего захоронения [1]. Достаточно эффективной может быть термическая

переработка в «кипящем слое» с экстракцией металлов из обработанного термически материала [2]. Для переработки печатных плат предлагается сочетать три типа обработки: предварительную обработку (демонтаж многообразных и токсичных элементов, измельчение или разделение), физическую переработку (дробление, воздушная сепарация, электростатические технологии разделения) и химическую переработку (пиролиз, гидро- и биометаллургические методы, газификация) [3]. Однако данные технологии пока не нашли широкого применения. Они должны являться конечным звеном системы, включающей сбор, накопление, сортировку и адресную транспортировку ОЭЭО. Все эти этапы требуют законодательного, финансового, материального и организационного обеспечения.

За основу построения системы можно использовать опыт развитых стран, например Директиву Европейского союза 2002/96/ЕС «Об отходах электрического и электронного оборудования». Согласно этому документу с 2016 г. все страны – члены ЕС обязаны перерабатывать и вторично использовать в производстве около 45 т электронной и электрической техники на каждые 100 т проданных электронных товаров, а с 2019 г. объемы отходов, которые перерабатываются, должны повыситься до 65 % от общего количества продаваемых приспособлений или 85 % от количества всех отходов. В Великобритании ввели запрет на выброс отработанной радиоэлектроники (старых телефонов, телевизоров, компьютеров и пр.) на полигоны. Для таких товаров появляются специальные места утилизации в соответствии с программой, разработанной в сотрудничестве с представителями электронной промышленности. В Австрии, Германии и Испании разработана и реализуется новая система сбора и переработки ОЭЭО, при этом имеет место жесткая конкуренция среди предприятий-переработчиков. Так, в Германии фирма Fuba поставила на коммерческую основу выделение 92–95 % металлов из отходов печатных плат за счет использования механических и гидрометаллургических методов разделения.

Одной из наиболее распространенных стратегий эффективного управления ОЭЭО во всем мире является расширенная ответственность производителей (РОП). В странах ЕС преимущественно применяются авансовые платежи за переработку отходов. Такие платежи взимаются при покупке нового оборудования и используются для нужд переработки оборудования, выпущенного на рынок ранее. Возможно использование и других экономических инструментов: платы за загрязнение окружающей среды и размещение отходов, дифференциации ставок налогов с учетом экологической опасности отдельных производств и степени участия в переработке отходов, штрафов и компенсаций ущерба и др.

Опыт развитых стран показывает, что эффективное управление ОЭЭО позволяет существенно снизить антропогенную нагрузку на окружающую среду и рационально использовать природные ресурсы путем внедрения передовых технологий их переработки. В нашей стране система управления ЭЭО только начала складываться. Скорейшее развитие данной системы является одной из наиболее актуальных экономических и экологических задач. ♻️

ЛИТЕРАТУРА

1. Быков И. С. Особенности ре-генерации отходов производства электронной промышленности / И. С. Быков, Е. Е. Гринберг, А. В. Наумов // Вестник Международной академии системных исследований. Информатика, экология, экономика. – Т. 1. – 2010. – № 12. – С. 30–34.
2. Акаев О. П. Термическая переработка отходов электронной промышленности / О. П. Акаев, А. Войнаровская, С. Желязны, В. Жуковски // Вестник КГУ им. Н. А. Некрасова. – 2012. – № 2. – С. 8–10.
3. Барашков В. А. Экологические проблемы производства и утилизации электронных средств / В. А. Барашков, Т. Н. Патрушева, С. К. Петров, О. В. Чурбакова // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технология. – Т. 11. – 2018. – № 6. – С. 679–693.