

**Галкіна С.В., студ. гр. У-43**

Науковий керівник: Губанова О.Р., д.екон.н., проф.

*Одеський державний екологічний університет*

## **ВДОСКОНАЛЕННЯ ІЄРАРХІЇ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОННИМИ ВІДХОДАМИ ПРИ ПЕРЕХОДІ ДО ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ**

Зміни стилю і рівня життя жителів планети обумовили зростання споживання продуктів і предметів особистого користування, а можливість їх постійного оновлення викликала збільшення обсягу відходів, які утворюються в результаті життєдіяльності кожної окремої людини.

В європейських країнах в загальному потоці твердих побутових відходів (ТПВ) 4-6% складають відходи електричного та електронного обладнання (ВЕЕО). Загальна вартість всіх сировинних матеріалів, наявних в електронних відходах, в 2016 році оцінювалася приблизно в 55 млрд. євро, що більше, ніж валовий внутрішній продукт більшості країн світу за цей рік [1].

За прогнозами фахівців, щорічне збільшення ВЕЕО становить 3-5%, а до 2050 року їх обсяг в світі досягне 120 млн. т. В Україні на смітники потрапляє майже 500 тис. т електронних відходів на рік. Отже, вирішення цієї проблеми стає вкрай актуальним як в глобальному, так й в національному вимірі [2].

Мета роботи полягає у виявленні особливостей побудови ієрархії управління відходами електричного та електронного обладнання в умовах переходу до циркулярної економіки.

Під електронними відходами розуміють електричне та електронне устаткування та його частини, які їх власник викинув як відходи, не маючи наміру використовувати їх повторно. За даними Глобального моніторингу, 37,6% електронних відходів припадає на обладнання невеликого розміру (пилососи, праски, електричні чайники), 20,4% - велике обладнання (холодильники, пральні машини), 17% - пристрої для обігріву або охолодження, 14,7% - різні екрани, 8,7% - смартфони, планшети та інші гаджети, 1,6% - різноманітні лампи [1].

Від інших видів ТПВ відходи електричного та електронного обладнання відрізняються своїм складом. Будь-який сучасний прилад - це не просто набір заліза і кремнію, в ньому поєднуються самі різні елементи періодичної таблиці Д.І. Менделєєва. Екологічну шкоду від поховання електронного сміття значна, не кажучи про пряму небезпеку для людей. Наприклад, монітори та плати «багаті» миш'яком, свинцем і ртуттю, корпуси техніки - це пластик, який важко розкладається, при горінні дротів виділяються хлор і діоксин, а тонер картриджів - частинки ціаніду. Відповідно, утильну електроніку не можна просто викинути на смітник разом з іншими відходами через її небезпеку. Проте, крім токсичних

речовин в електронних відходах містяться й цінні матеріали, які можуть повторно використовуватися у суспільному виробництві.

В складі електронних відходів 50% припадає на залізо та його сплави, 20% - на пластик, 13% - на кольорові метали, такі як мідь, алюміній, та дорогоцінні метали, а саме, золото, срібло, платина, паладій. Наприклад, в середньому у телевізорі міститься близько 5,9 кг полістиролу, 0,17 кг алюмінію, 0,223 кг міді, 23,4 м джгутів та кабелів, 15,6 кг скла, а у мобільному телефоні - 8,75 г міді, 3,81 г кобальту, 3 г заліза, 1 г олова, 0,4 г танталу, 0,25 г срібла, 0,024 г золота, 0,009 г паладію [3, с. 22]. Крім того, наприклад, з 20 тис. старих комп'ютерів загальною вагою близько 100 т можна вилучити до 40 кг рідкісноземельного металу - неодиму, який є важливим компонентом постійних магнітів, що використовуються у електро- та гібридних автомобілях, електричному та електронному обладнанні, вітряних турбінах. Дані щодо вмісту благородних металів в деяких видах електричних та електронних пристроїв наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Вміст дорогоцінних металів в ЕЕО

Назва виробу	Вміст ДМ, г/од. виробу			
	Золото	Срібло	Платина	Метали платинов ої групи
Персональний комп'ютер	0,91	1,62		0,35
Принтер лазерний	0,10605	0,09236		0,00051
Сканер	0,2076	0,2278	0,006	
Комп'ютер «Notebook»	0,20457	1,0392	0,00502	0,33425
Кондиціонер «Funai»		6,9		
Кавоварка «Мулинекс»	0,001	0,01		
Піч мікрохвильова «Samsung»		0,11		
Пральна машина «Bosch»	0,0053	0,1117		
Телевізор «Philips»	0,021	0,741		0,1

Як засвідчує світова практика, з однієї тони мобільних телефонів в середньому можна вилучити приблизно 280 г золота, 140 г паладію та платини, 140 кг міді. У порівнянні з природною золотовмісною рудою, в якій зазвичай виявляють від 0,5 до 5 г золота на тону, телефонний брухт є вторинною сировиною з вкрай високим вмістом благородних металів. Параметри кондицій відходів комп'ютерного обладнання також виявляються кращими за аналогічні показники природних руд. Так, в 1 т комп'ютерних відходів знаходиться золота стільки, скільки у 18 тонах природної руди [4].

У короткостроковій перспективі електронні відходи залишаються в значній мірі невикористаними, але при цьому стають цінним ресурсом, кількість якого постійно збільшується. З огляду на це, майже всі ВЕЕО

повинні бути спрямовані на рециркулювання. Залучення вторинних ресурсів у господарський оборот дозволяє знизити потребу в природних ресурсах і використанні енергії, запобігаючи видобуток нової сировини, процеси її обробки і виробництва, які також чинять негативний вплив на навколишнє середовище (НС).

З економічної точки зору, рециклінг електронних відходів стає доцільним лише за умови, що сумарні витрати на вилучення корисних матеріалів є меншими їх загальної вартості. Й такі приклади відомі. Так, пілотний проект з утилізації ВЕЕО, який здійснюється у м. Кейптаун (Південна Африка), вийшов на самоокупність вже у перший рік з початку роботи. Дохід від переробки 60 т електронних відходів склав 19,6 тис. дол. США [3, с. 27].

У загальноприйнятому розумінні управління твердими відходами починається з моменту їх утворення і включає процеси зберігання, збору, транспортування, утилізації, знешкодження, кінцевого розміщення. Існуюча ієрархія управління відходами – це класифікація дій з відходами за ступенем їх пріоритетності з точки зору мінімізації негативного впливу на навколишнє природне середовище і здоров'я людини.

Метою ієрархії управління відходами є одержання максимальної практичної користі зі споживаного продукту при мінімальному утворенні відходів за умов дотримання відповідних принципів:

- запобігання або зниження утворення відходів;
- розподіл відходів у джерела їх утворення;
- вторинне використання відходів шляхом повернення у виробництво;
- рециклінг (переробка відходів з метою отримання з них нових видів сировини або продукції);
- знешкодження відходів з метою зниження їх небезпеки для довкілля;
- захоронення відходів (найменш краща альтернатива управління відходами).

З огляду на суттєві відмінності електронних відходів від інших категорій ТПВ, пріоритетами в ієрархії управління ВЕЕО є:

- максимальне запобігання утворенню відходів;
- збільшення обсягів вторинного використання, переробки та інших форм утилізації для стимулювання ефективного ресурсозбереження та високого рівня захисту довкілля від негативних впливів.

Ієрархія управління електронними відходами не повинна включати опцію «поховання». Ефект від поводження з ВЕЕО може бути більш вагомим за умов:

- придбання надійного обладнання, що буде працездатним тривалий час;
- акуратного використання електроніки та дотримання інструкцій з експлуатації;
- ремонту техніки замість придбання нової;
- протистояння впливу реклами і відмови від покупки непотрібного

обладнання;

- передачі застарілих гаджетів і техніки іншим користувачам;
- здачі електронних відходів в спеціалізовані пункти прийому для подальшої переробки.

Отже, наступною після досягнення мети запобігання утворенню і мінімізації відходів в їх джерелах, має стає вирішення проблеми повторного використання і відновлення продукції. На це орієнтований ряд законодавчих ініціатив, включаючи Директиву 2012/19 / ЄС про електронне обладнання.

Сьогодні акцент в сфері поводження з ВЕЕО робиться на концепції життєвого циклу продукції з урахуванням можливості її використання або відновлення по завершенню терміну експлуатації. Важливість зазначеної проблематики була підкреслена ще в 2015 році на 41-му саміті G-7, на якому обговорювалась низка заходів підвищення ресурсоефективності, зокрема, розробка і дизайн продукції для повторного використання і відновлення.

Поряд з переробкою електронних відходів та інших видів високотехнологічної продукції в розвинених країнах останнім часом активно розвивається ремануфактурінг - особливий вид виробництва, в рамках якого відбувається відновлення кондицій продукції до початкового рівня з можливістю їх покращення при використанні в новому виробничому циклі комбінацій повторно вживаних, відтворених і нових частин обладнання [5].

Ремануфактурінг є найбільш ефективною формою вторинного використання продукції, що втратила споживчу цінність, і відходів. Це пояснюється тим, що витрати на виготовлення продукції за допомогою ремануфактурінгу для компаній-відновників нижче, й відповідно впливає на вартість продукції для споживача. Крім того, за рахунок відновлення, а не виробництва з «нуля», скорочується споживання природних ресурсів і енергії, що сприяє покращенню екологічної ситуації як на національному, так й глобальному рівнях.

Одночасно відбувається збереження вже вкладеної цінності, отриманої за рахунок використаних ресурсів, як матеріальних, так і трудових. За оцінками фахівців, за рахунок ремануфактурінгу продукт зберігає до 85% своєї початкової цінності, ціна відновленого виробу виявляється на 30-40% нижче ціни нового продукту, викиди вуглекислого газу зменшуються на 73-87% [6].

Ремануфактурінг тісно пов'язаний з іншими ланками екологічно свідомого виробництва і вторинного використання продуктів: з екологічним дизайном, поворотною логістикою, замкнутим ланцюгами поставок, які спрямовані на формування циркулярної економіки.

Сьогодні багато відомих світових компаній займаються відновленням побутової техніки та електроніки, зокрема Hewlett-Packard, Apple Inc.,

Siemens AG, Robert Bosch і ін. Для цілей спрощення сортування виробники маркують продукти, що робить виробництво більш рентабельним.

Проте розвиток ремануфактурінгу стикається з численними проблемами, серед яких: відсутність технологій демонтажу, знань про продукти, обмеженість каналів збуту, недосконале законодавство, високі витрати на робочу силу, а також негативне сприйняття і визнання відновленої продукції клієнтами. Але найбільша проблема впровадження ремануфактурінгу полягає в тому, як організувати зворотні канали збору у клієнтів, зокрема, відпрацьованої електроніки.

Зворотний канал відрізняється від традиційного каналу розподілу через високий ступінь невизначеності в поставках як за кількістю, так і за якістю продуктів, які повернуться споживачами. Невизначеність у вартості відновлення може призводити до того, що фірми стикаються з операційним ризиком, який був визнаний практиками та вченими як одна з найбільш важливих проблем в управлінні продуктивністю зворотних ланцюжків поставок. Ці невизначеності і порушення при зборі використаних продуктів роблять витрати ремануфактурінгу волатильними і обумовлюють великий ризик для операцій замкнених ланцюжків поставок.

Незважаючи на існуючі проблеми, вдосконалення ієрархії управління електронними відходами за рахунок впровадження ремануфактурінгу дозволяє очікувати низку позитивних ефектів, в тому числі:

- зниження потоку відходів, скорочення площ звалищ і полігонів, зменшення викидів CO<sup>2</sup> і антропогенного навантаження;
- створення системи ефективного вторинного використання продуктів і матеріалів, зниження споживання ресурсів і енергії;
- формування нового сегмента в промисловості, розвиток високотехнологічних виробництв, залучення іноземних інвестицій;
- створення додаткових робочих місць.

### Література

1. Глобальный мониторинг электронных отходов, 2017 год / К.П. Балде, В. Форти, В. Грей, Р. Кюр, П. Стегманн [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://collections.unu.edu/eserv/UNU:6341/GEM\\_2017-R.pdf](https://collections.unu.edu/eserv/UNU:6341/GEM_2017-R.pdf)
2. Шуміло О. М. Вирішення проблеми електронних відходів: європейські підходи до української проблеми / О. М. Шуміло, Г. П. Виговська, О. М. Цигульова та ін. – К.: ФОП "Клименко", 2013. – 88 с.
3. Губанова О.Р. Електронні відходи: теорія та практика поводження : монографія. – Одеса : «ТЕС», 2014. - 120 с.
4. Філатов Л.Г. Поводження з електронними відходами в Україні. Аналіз проблеми та шляхи вирішення / Л.Г. Філатов, С.В.

Сидоренко, О.С. Кононенко // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: Нові рішення в сучасних технологіях - Харків: НТУ «ХПІ», 2012. - № 34. – С. 124 - 130. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

[http://www.kpi.kharkov.ua/archive/Наукова\\_періодика/vestnik/Новые решения в современных технологиях/2012/34/124\\_130.pdf](http://www.kpi.kharkov.ua/archive/Наукова_періодика/vestnik/Новые_решения_в_современных_технологиях/2012/34/124_130.pdf)

5. Johnson M. R., McCarthy I. P. Product Recovery Decisions within the Context of Extended Producer Responsibility// Journal of Engineering and Technology Management № 34, 2014, С. 9–28.
6. Ветрова, М.А. Развитие ремануфактуринга в качестве новой стратегии бизнеса при переходе к циркулярной экономике // Эффективность экономики, экологические инновации, климатическая и энергетическая политика - 2017 / Под. Ред. Н.В. Пахомова [и др.]. - Спб., 2017. - С. 226-238.

Отмечая важность этих и ряда других реализуемых в стране мер, стоит учитывать, что современные схемы обращения с отходами, наряду с обезвреживанием и захоронением, повторным использованием и утилизацией, включают в себя и ряд новых звеньев, которые позволяют поднять технологический уровень решения проблемы отходов, при одновременном достижении существенных экономических и социально-экологических результатов. К числу подобных звеньев относится ремануфактуринг, который еще ждет своего признания и развития в России. В этой связи в статье, во-первых, с учетом передового зарубежного опыта представлены базовые компоненты современных схем обращения с отходами. На этой базе проведена оценка, с одной стороны, того, насколько реализуемые в стране меры соответствуют общей логике формирования современных схем обращения с отходами. А, с другой, выясняется, учитываются ли при реализации этих мер задачи, вытекающие из Парижского соглашения по снижению климатической напряженности. Во-вторых, раскрывается роль ремануфактуринга как активно формирующегося звена современной системы обращения с твердыми бытовыми и производственными отходами с учетом значительных возможностей, которыми он располагает в области ресурсо- и энергосбережения, имеющих приоритетное значение для реализации Парижских соглашений. В-третьих, дается углубленный анализ возможностей развития ремануфактуринга в секторе российского автомобилестроения, который может сыграть роль пилотного для страны проекта. При этом проводится сравнительный анализ экономических и социально-экологических характеристик ремануфактуринга и применявшейся в стране программы утилизации автотранспортных

средств. На базе проведенного анализа формулируются краткие выводы и рекомендации

Как уже отмечалось, в передовой зарубежной практике современные схемы обращения с отходами формировались в течение прошедших десятилетий, для чего регулярно усложнялось и ужесточалось экологическое законодательство. Так, в ЕС первые шаги касались мер, направленных на безопасное размещение отходов на имеющихся полигонах с принятием в 1999 г. соответствующей Директивы 99/31/ЕС «О захоронении отходов на полигонах». Однако уже в 2008 г. в Директиве 2008/98 / ЕС «Об отходах» основной акцент был сделан на предотвращение образования отходов в качестве приоритетной задачи для предприятий и потребителей. Сегодня современная схема обращения с отходами представляет собой иерархию разнообразных этапов и форм, которая сложилась с учетом приоритетов в области охраны окружающей среды, ресурсо- и энергосбережения, а также уточнения целевых ориентиров и содержания каждого из этапов по мере решения имевшихся ранее наиболее острых проблем (см. рис. 1) (на базе: [9]). Так, следующей после достижения цели предотвращения образования и минимизации отходов в их источниках, стало решение проблемы повторного использования и восстановления продукции. На это был ориентирован ряд законодательных инициатив, относящихся к различным датам, включая Директиву 2000/53/ЕС об отслуживших транспортных средствах и Директиву 2012/19/ЕС об электронном оборудовании. В современных условиях решению данной задачи должно способствовать принятие новой версии международного стандарта экологического менеджмента ISO 14001:2015, в котором сделан акцент на концепции жизненного цикла продукции с учетом возможности ее использования или восстановления по завершению эксплуатации. Важность указанной проблематики была подчеркнута и участниками 41-го саммита G-7 в 2015 г, на котором обсуждались такие меры для повышения ресурсоэффективности, как разработка и дизайн продукции для повторного использования и восстановления. Опять-таки, поскольку далеко не вся продукция пригодна для восстановления, та часть ее, которую невозможно восстановить, должна быть переработана для получения сырья. На это была ориентирована принятая еще в 1994 г. Директива 94/62 / ЕС, которая предписывала переработку к 2008 г. 50% металла, 60% стекла, бумаги / картона, 22,5% пластмассы. В итоге, сегодня некоторые виды продукции, например, автомобильные аккумуляторы, должны быть переработаны на 100%. Та часть отходов, которая не пригодна для переработки, по логике формируемой в ЕС схемы обращения с отходами, должна быть использована для получения энергии путем сжигания или направлена на компостирование. С учетом этой рекомендации в 2000 г. была принята Директива Европейского Парламента

и Совета Европы 2000/76/ЕС «О сжигании отходов», в которой были установлены предельно допустимые нормы выбросов для мусоросжигающих заводов и когенерационных установок. И только в случае исчерпания возможностей, связанных с применением всех перечисленных методов, отходы в ЕС можно, после обезвреживания, захоронить на полигоне. С учетом данной логики, задача по предотвращению и минимизации отходов из исходной переместилась на заключительный, верхний этап современной схемы. И она теперь, в основном, относится только к той части остаточных отходов, которые не были утилизированы с применением разнообразных методов и форм предшествующих этапов, и решается уже в рамках концепции безотходного производства (рис. 1).

2. Ремануфактуринг как звено современной системы обращения с отходами

Наряду с наиболее простым видом вторичного использования продукции — переработкой — в развитых странах в последние годы активно развивается новая отрасль — ремануфактуринг (Remanufacturing). Ремануфактуринг — это особый вид восстановительного производства, в рамках которого происходит восстановление спецификаций продукции до первоначального уровня с возможностью его превышения, при использовании в новом производственном цикле комбинаций повторно использованных, восстановленных и новых частей [10]. Таким образом, в отличие от задачи по утилизации ТКО, которая, согласно логике ФЗ № 458-ФЗ, касается отходов, образующихся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами, а также товаров, утративших свои потребительские свойства в процессе их использования физическими лицами в жилых помещениях, а также юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, для ремануфактуринга характерна более широкая область применения. Он распространяется на отслужившую, бракованную, изношенную, в том числе морально, продукцию авиа-космической, автомобильной промышленности, бытовую технику, электронику, машины и оборудование, где главным отличием выступает производство нового продукта на основе бывшей в употреблении модели или ее отдельных частей. В то же время утилизация отнюдь не предполагает создание новой продукции, а частично направлена на получение сырья, энергии при помощи сортировки отходов, их переработки, сжигания и компостирования. Последние годы ремануфактуринг во многих странах привлекает значительное внимание, как со стороны практиков, так и со стороны представителей научно-экспертного сообщества. Что касается научного обсуждения, то первые публикации по ремануфактурингу относятся к концу 1990-х гг. В ведущих зарубежных изданиях уже опубликованы обстоятельные обзоры литературы по проблемам восстановления



продукции [11; 12; 13], в том числе в контексте формирования замкнутых цепочек поставок [14]. Что касается российской научной литературы, то вопросы, связанные с ремануфактурингом отражаются в ней недостаточно. Преобладают лишь бизнес-обзоры, а также публикации на специализированных сайтах в сети Интернет. Например, участники Российской ассоциации переработчиков авто компонентов (RRA) привлекают внимание к практическим аспектам восстановления продукции, к самому процессу ремануфактуринга, а также к выгодам, которые могут получить производители и потребители, приводя в качестве примеров известные компании-восстановители (<http://www.remanufacturing.ru/>).

Зарубежные исследователи подчеркивают, что ремануфактуринг является более привлекательной стратегией развития бизнеса по сравнению с традиционным производством. В литературе количественно оцениваются и выгоды от ремануфактуринга: восстановленный путем ремануфактуринга продукт стоит в среднем на 40–65% дешевле для производителя, и на 30–40% дешевле для клиента, по сравнению с производством и покупкой нового товара [15].

Благодаря значительным преимуществам ремануфактуринг применяют в своей деятельности тысячи компаний, а мировые обороты по таким отраслям, как авиационно-космическая, автомобильная промышленности, производство бытовой техники и электроники, медицинского оборудования, уже в 2011 г. составляли более 100 млрд долл. (см. табл. 2) [16]. Тем не менее, несмотря на существенное значение ремануфактуринга с точки зрения свойственного ему экономического потенциала, а также возможностей по снижению негативного воздействия производства на окружающую среду, потенциал промышленного восстановления во многих секторах и странах используется не полностью [17].

Кроме того, в современных условиях утилизация представляет собой отнюдь не самым передовой метод обращения с отходами. Существенным потенциалом располагают технологии ремануфактуринга, позволяющие не просто получить из отходов дополнительные сырье и энергию, но и восстанавливать отслужившую продукцию или ее отдельные компоненты, поставляя их на рынок в качестве полноценных заменителей новых изделий. Отсутствие в стране необходимых мощностей для утилизации отходов, а также значительные выгоды, которыми обладает ремануфактуринг в области сбережения ресурсов, труда и энергии, обуславливают целесообразность в ряде секторов, включая автомобилестроение, переориентацию усилий на поддержку новой экологически эффективной и базирующейся на инновационных подходах отрасли восстановления продукции. Этому будет способствовать взаимодействие представителей бизнеса и государства, в том числе в рамках частно-государственных партнерств, что позволит одновременно

снизить давление на окружающую среду, сократить потребление ресурсов, создать дополнительные рабочие места.