

УДК 658.012.32(100)

МЕНЕДЖМЕНТ ЕЛЕКТРОННИХ ВІДХОДІВ. ЗАКОРДОННИЙ ДОСВІД**Хомяков В.І. д.т.н., професор,
Коробченко Н.М.**

Черкаський державний технологічний університет

В статье рассмотрен зарубежный опыт менеджмента электронных отходов и приспособления его для украинских условий.

Ключевые слова: *электронные отходы, послеексплуатационный менеджмент, жизненный цикл электронной продукции, переработка, утилизация.*

The article deals with international experience in electronic waste management and its adaptation to Ukrainian conditions.

Key words: *electronic waste, afteroperating managment, life cycle of electronic production, recycling, utilization.*

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Основною ознакою п'ятого технологічного укладу, характерного для економіки розвинутих країн з початку 1950-х років, є масове виробництво комп'ютерної техніки. При її експлуатації в офісах та виробничих підрозділах фірм, корпорацій і домогосподарствах впродовж періоду, який перевищує тривалість життєвого циклу (ЖЦ) окремих видів такої продукції постійно накопичуються електронні відходи. Щорічно на одного жителя розвинутих країн припадає 8-11 кг таких відходів.

Міжнародний досвід показує, що динаміка фізичних обсягів відходів окремих видів електронних виробів (телевізорів, комп'ютерів, мобільних телефонів тощо) є синхронною динаміці обсягів вироблених (проданих) в окремій країні таких товарів, але з відставанням, що приблизно відповідає тривалості ЖЦ відповідного устаткування.

Накопичення електронних відходів пов'язане, з одного боку, з необхідністю його переробки (відновлення), а, з іншого, із шкідливими наслідками розміщення відходів у сміттєзвалищах або спалюванням їх з отриманням енергії. Як переробка електронних відходів, так і їх розміщення у відвалах і в розвинутих країнах і таких, які розвиваються, пов'язані із суттєвим ризиком внаслідок того, що електронне устаткування вміщує ряд дуже серйозних забруднювачів, таких як свинець, кадмій, берилій тощо. За оцінками, в США 70% важких металів у сміттєзвалищах створюється внаслідок розміщення в них електронних відходів, в той час, як їх частка в загальних відходах становить приблизно 2%. До того ж обсяги відпрацьованих електронних виробів, викинутих як непотріб, в 5-6 разів перевищують обсяги їх переробки.

Аналіз досліджень та публікацій. Проблема менеджменту відходів розглядається у працях таких вітчизняних та зарубіжних вчених, як М. Краснянський, С. Виговська, Л. Абалкін, А. Ганопольський, О. Богнар, О. Бент, О. Бондар та інших. Ця проблема систематично розкривається в щорічниках Environmental Protection Agency (EPA) "Municipal Solid Waste in the United States. Facts and Figures". Однак питання, пов'язані із формуванням та утилізацією електронних відходів, досліджені недостатньо.

Постановка завдання. У зв'язку із вищевикладеним, вивчення основних закономірностей поводження з електронними виробами за весь період їх життєвого циклу від виготовлення, первинного та вторинного використання до повної або часткової утилізації та розміщення генерованих відходів у сміттєзвалищах є актуальною задачею. Тому темою цієї статті обрано висвітлення закордонного досвіду менеджменту електронних відходів та пристосування його для українських умов.

Викладення матеріалу та результати. Електронна продукція включає прилади, які використовуються в домогосподарствах, комерційних установах, офісах. До них відносяться відео і аудіо обладнання, телевізори, плеєри, персональні комп'ютери, мобільні телефони, носії інформації тощо.

За даними EPA, в США за період з 2000 р. по 2008 р. обсяги електронних відходів зростали щорічно на 6,15 %, в той час як обсяги інших твердих муніципальних відходів (ТМВ) – на 0,48%. Отже, темпи приросту обсягів електронних відходів за останні 8 років були вищими від темпів зростання інших ТМВ в 13,7 разу. Ця теза ілюструється лінією η_w на рис. 1, яка характеризує динаміку зростання частки електронних відходів у загальному обсязі твердих муніципальних відходів в США з 0,4% в 1990р. до 1,6% в 2007р. Крім того, як видно з рис. 1, частка виробництва електронної продукції у загальному виробництві товарів та послуг усіма видами економічної діяльності в США (лінія $\eta_{ввп}$) за період часу з 1990р. по 2007р. зменшилася з 1,9% до 1,2%.

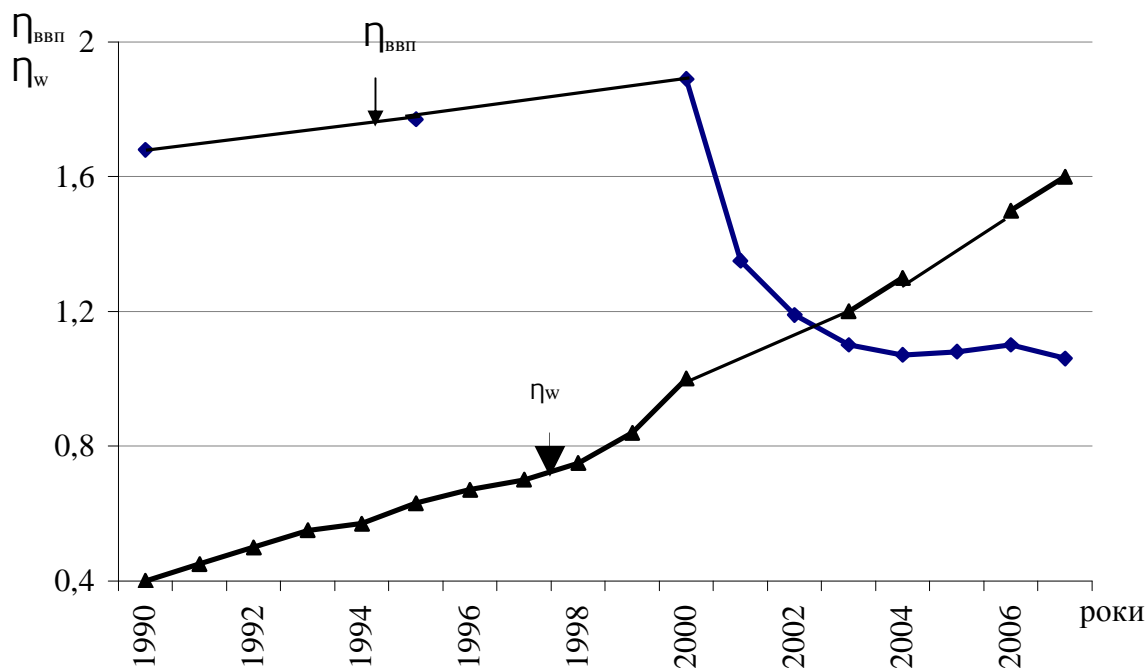


Рис. 1 Динаміка виробництва електронної продукції (у % до загального випуску) та відходів після її споживання (у % загального обсягу ТМВ) в США

Співставлення ліній η_w та $\eta_{wвп}$ дозволяє зробити попередній висновок, по-перше, про початок (з 1999 року) вичерпання резервів п'ятого технологічного укладу та, по-друге, про зростання проблеми адекватного поводження з електронними відходами.

Незважаючи на те, що обсяги електронних відходів не перевищують двох відсотків ТМВ, агенція охорони довкілля США займається детальними дослідженнями процесу утилізації відпрацьованих та таких, які знаходяться на стадії після експлуатаційного менеджменту електронних виробів, з трьох головних причин:

1) швидкого зростання та змін у секторі виробництва електронної продукції, що приводить до постійного збільшення потоку нових товарів та до широкого розмаїття зношеної продукції, яка вимагає відповідного менеджменту;

2) наявності токсичних речовин в багатьох виробках, які можуть викликати проблемні викиди в процесі переробки або розміщення, якщо ці товари не опрацьовані необхідним чином;

3) можливості вторинного використання або переробки електронних виробів (в першу чергу телевізорів, персональних комп'ютерів та мобільних телефонів), вилучення законсервованих у відпрацьованому електроному устаткуванні енергії і цінних матеріалів (золота, срібла, свинця, міді тощо) та зменшення шкідливого впливу електронних відходів на довкілля.

Представники влади в США на федеральному, штатному та місцевому рівнях, а також виробники, роздрібні торгівці, переробники, недержавні організації та інші зацікавлені в здійсненні сучасної оцінки:

- щорічної кількості та ваги електронного устаткування, яке зношується та потребує післяексплуатаційного менеджменту;

- тієї частки електронних приладів на стадії післяексплуатаційного менеджменту, які переробляються та розміщуються у відвали;

- обсягів товарів, які готові для післяексплуатаційного менеджменту, але зберігаються (вдома або в сховищах);

- обсягів зібраних або відсортованих матеріалів, які придатні до переробки за відповідними програмами;

- поточної ситуації стосовно ринку телевізорів та моніторів, відібраних для переробки.

В основу методики досліджень ЕРА поклала концепцію життєвого циклу електронних та комп'ютерних виробів. Життєвий цикл – це відрізок часу від моменту купівлі товару до моменту його готовності для післяексплуатаційного (end-of-life або EOL) менеджменту.

Загальна схема руху електронної продукції від її купівлі до остаточного розміщення в сміттєзвалищах включає чотири етапи (див. рис. 2) [1].

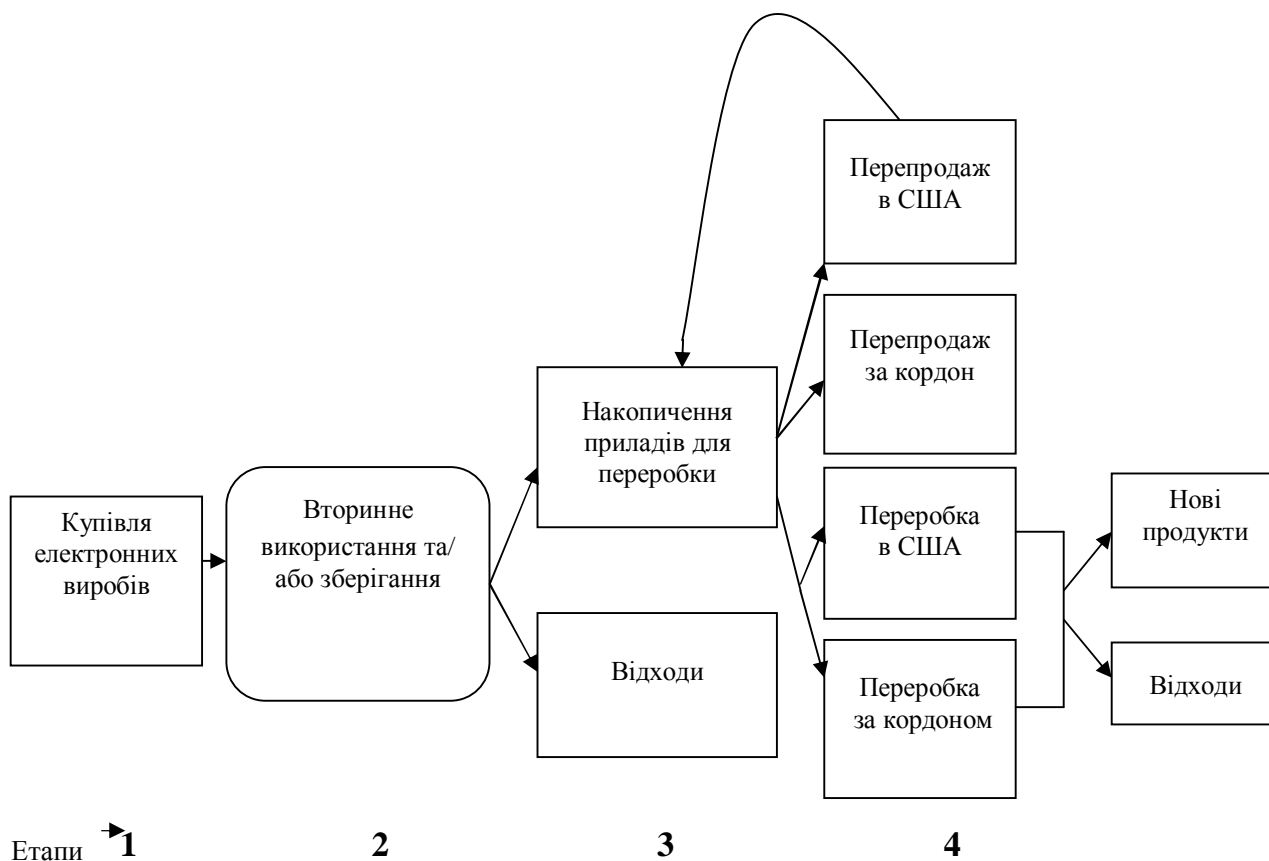


Рис. 2. Структурна модель життєвого циклу електронної продукції

На першому етапі продукція знаходиться в розпорядженні покупця або “першого користувача”. На другому етапі товар може бути переданий або проданий іншому споживачу для вторинного використання або спрямований на зберігання (в складах або в підвальних приміщеннях). Третій етап полягає в тому, що кінцевий споживач готовий вилучити товар з приватного будинку або бізнесу. Після вилучення товару із сховищ він готовий до післяексплуатаційного менеджменту. Частина товарів на цьому етапі накопичується для переробки, а частина розміщується у сміттєзвалища та спалюється. Як тільки електронний виріб з’являється в розпорядженні переробника, він може бути проданий для подальшого використання «як є» або після певного вдосконалення.

Перепродаж може відбуватися як усередині країни, так і фірмами за межами США. Електронні вироби, які не підлягають перепродажу, розбирають, розрізають, і кінцевий матеріал поділяється на вторинні матеріальні потоки та утилізується. Вилучені в процесі переробки матеріали використовують як нові продукти, а відходи переробки розміщуються в сміттєзвалища або спалюються. Вилучення матеріалів здійснюється як у середині країни, так і за кордоном.

В роботі [1] визначали кількість та вагу електронних виробів у відповідності з кожним етапом їх життєвого циклу. Для першого етапу визначали обсяги продажу виробів за рік з урахуванням їх кількості та ваги. Для 1-го та 2-го етапів робили припущення про їх тривалість. Оскільки тривалість життєвих циклів різних товарів різна, робили припущення про єдину тривалість життєвого циклу для конкретного типу товару. Наприклад, телевізори мають більший термін експлуатації, ніж комп’ютери. Розраховано щорічну кількість виробів, готових до післяексплуатаційного менеджменту за період з 1980 р. до 2007 р.

З оціночних даних про кількість виробів, які потребують післяексплуатаційного менеджменту, визначали обсяги виробів, які були перероблені підприємствами електронної переробної промисловості за попередні роки, а також кількість виробів, яка підлягала розміщенню у відвали. Теоретично всі товари, які знаходяться в сховищах (на зберіганні), готові для післяексплуатаційного менеджменту.

За даними Міжнародної асоціації переробників електронної продукції, в 2007 р. в США було перероблено 430,0 тис.т. електронних виробів на 500 підприємствах-переробниках. Розподіл електронної продукції після закінчення життєвого циклу (ЗЖЦ) за видами продукції представлений в табл. 1.

Таблиця 1

Розподіл електронних виробів після ЗЖЦ за видами менеджменту

| Роки | Всього | | Перероблено (recycled) | | | Розміщено у відвалах та спалено | | |
|------|---------|--------|------------------------|-------|------|---------------------------------|--------|------|
| | млн од. | тис.т | млн од. | тис.т | % | млн од. | тис.т | % |
| 1999 | 159,0 | 1056,2 | 23,6 | 157,0 | 14,9 | 135,4 | 899,2 | 85,1 |
| 2000 | 161,6 | 1282,0 | 24,0 | 190,0 | 14,8 | 137,7 | 1092,0 | 85,2 |
| 2001 | 193,6 | 1447,6 | 28,1 | 210,0 | 14,5 | 165,5 | 1237,6 | 85,5 |
| 2002 | 225,2 | 1634,0 | 34,5 | 250,0 | 15,3 | 190,7 | 1384,0 | 84,7 |
| 2003 | 273,8 | 1944,7 | 40,8 | 290,0 | 14,9 | 232,9 | 1654,7 | 85,1 |
| 2004 | 310,7 | 2043,5 | 48,6 | 320,0 | 15,7 | 262,0 | 1723,5 | 84,3 |
| 2005 | 342,1 | 2172,6 | 54,3 | 345,0 | 15,9 | 287,8 | 1827,6 | 84,1 |
| 2006 | 342,9 | 2107,8 | 61,3 | 377,0 | 17,9 | 281,5 | 1730,8 | 82,1 |
| 2007 | 372,7 | 2251,7 | 68,5 | 414,0 | 18,4 | 304,2 | 1837,7 | 81,6 |

За період з 1999р. по 2005р. частка електронних виробів, яка знаходилася на переробці, була стабільною і становила приблизно 15%. В 2006-2008рр. ця частка збільшилася до 18% за рахунок того, що декілька штатів впровадили програми збору електронних виробів та їх переробку. Як видно з табл. 1, у 2007р. 18,4% електронних виробів після ЗЖЦ були перероблені. Основна маса матеріалу, яка не була перероблена, вірогідно, попала у відвали. За даними ЕРА[1], приблизно 19% твердих муніципальних відходів, які залишаються після вилучення корисних матеріалів та компостування, спалюється з отриманням енергії. На основі цих даних можна стверджувати, що із усього електронного матеріалу після ЗЖЦ 18,4% переробляється, 15,5% спалюється з отриманням енергії і 66,1% розміщується у сміттєзвалищах.

Очікувана тривалість життєвого циклу для кольорових телевізорів – 11 років, ноутбуків – 6 років, для настільних персональних комп'ютерів та моніторів для них – 7 років.

В табл. 2 представлена оцінна кількість електронних виробів на окремих стадіях їх використання. Як видно з табл. 2, приблизно 9,7% виробів, проданих в США за період з 1980р. до 2007р., зберігалося в сховищах, 40,8% ще експлуатувалися, а 49,5% були зібрані для післяексплуатаційного менеджменту.

На рис. 3 представлена структура етапів життєвого циклу для чотирьох видів електронної продукції США, реалізованої домогосподарствам в 1980-2007рр. Як видно з рисунка, для портативних комп'ютерів на стадію первинного використання припадає 52% виробів, вторинного – 11%, а у сховищах знаходиться лише 3% виробів, в той час, як для настільних комп'ютерів ці цифри становлять відповідно 27, 20 і 25%. А в середньому для усієї продукції на стадію первинного використання припадало 31% виробів, а вторинного 16%. Така інформація є важливою для прийняття обґрунтованих рішень з післяексплуатаційного менеджменту для різних видів електронного устаткування.

Таблица 2

**Кількість електронних виробів
на різних стадіях їх використання в 2007р. в США, млн одиниць**

| Тип виробів | Зібрано для менеджменту після ЗЖЦ | | В сховищах | | Використовується | | Всього продано в 1980-2007 рр. | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|------|------------|------|------------------|------|--------------------------------|-----|
| | млн од. | % | млн од. | % | млн од. | % | млн од. | % |
| Настільні персональні комп'ютери | 277,6 | 50,5 | 65,7 | 12,0 | 205,6 | 37,5 | 549 | 100 |
| Монітори від персональних компютерів | 339,0 | 57,6 | 42,1 | 7,2 | 207,2 | 35,2 | 588,7 | 100 |
| Портативні комп'ютери | 67,1 | 39,3 | 2,1 | 1,2 | 101,7 | 59,5 | 170,8 | 100 |
| Периферійна техніка | 209,3 | 51,3 | 25,2 | 6,2 | 173,7 | 42,5 | 708,2 | 100 |
| Телевізори | 306,6 | 43,5 | 99,1 | 14,1 | 299,1 | 42,4 | 704,9 | 100 |
| Всього | 1199,6 | 49,5 | 234,6 | 9,7 | 987,6 | 40,8 | 2421,7 | 100 |

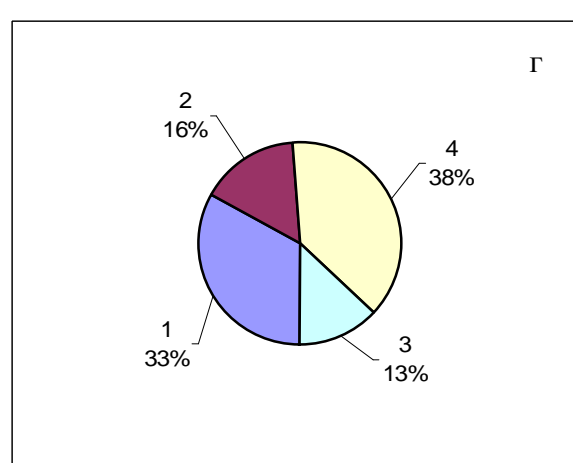
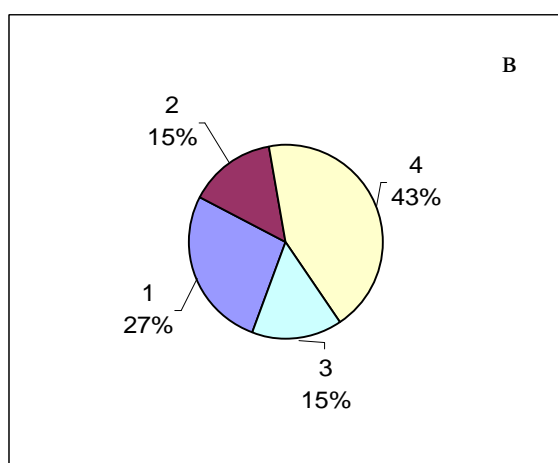
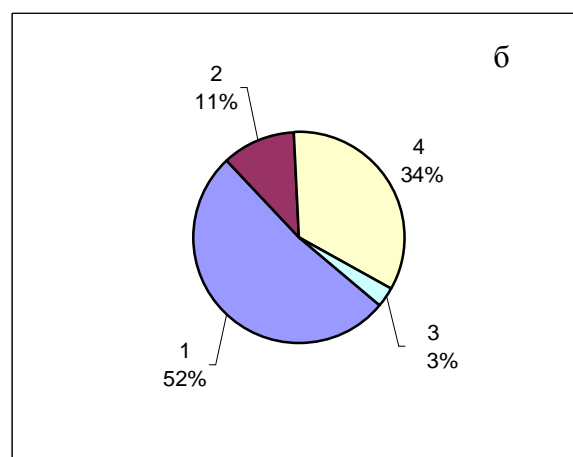
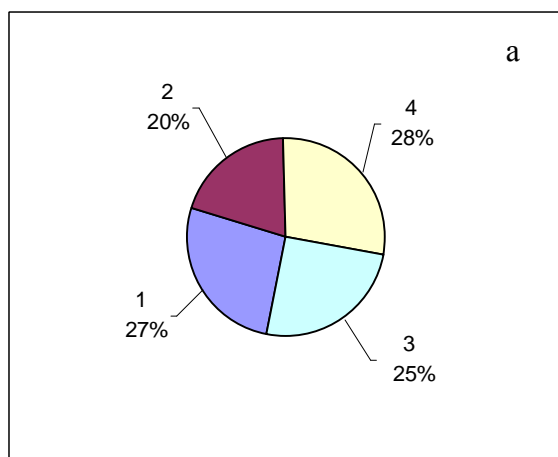


Рис. 3. Розподіл за етапами життєвого циклу настільних (а) та портативних (б) комп'ютерів, моніторів (в) та периферійного обладнання (г), придбаних домогосподарствами США за 1980-2007 рр., в 2007 р.: 1,2 – відповідно первинне та вторинне використання; 3 – зберігання; 4 – менеджмент після завершення життєвого циклу виробів.

Для житлового сектору в 2007 році в США тривалість первинного використання комп'ютерного обладнання прийнята рівною 4 роки, а вторинного – 3 роки. За оцінками ЕРА, 40% бізнесів вилучають комп'ютери в середньому через 3 роки використання, а 60% – через 5 років. Прийнято вважати, що комп'ютерні вироби придатні для перепродажу, якщо вони відносно нові, тобто використовувалися не більше трьох років. Переробниками відбирається з житлового сектору невелика частка виробів, тому, що вони фіксують тенденцію до більш тривалого первинного використання та меншої придатності до вторинного. На жаль, відсутня інформація про розподіл тривалості життєвого циклу мобільних телефонів. Прийнято, що 65% мобільних телефонів мають термін служби 2 роки, що робить їх придатними для вторинного використання після певного ремонту або відновлення. 35% мобільних телефонів з терміном використання 5 років придатні лише для вилучення матеріалів.

Кількість електронних виробів, придатних для післяексплуатаційного менеджменту в США наведена в табл. 3. Оцінка обсягів електронної продукції, переробленої після завершення її життєвого циклу (ЗЖЦ), виконана на базі інформації галузі, яка займається ремонтом, відновленням та утилізацією електронного устаткування (recycling industry).

Таблиця 3

Щорічні обсяги електронних виробів, готових до менеджменту після ЗЖЦ

| Роки | Телевізори | | Комп'ютерні вироби | | Мобільні телефони | | Всього | | |
|------|------------|-------|--------------------|--------|-------------------|-------|---------|--------|---------|
| | млн од. | тис.т | млн од. | тис.т | млн од. | тис.т | млн од. | тис.т | кг/душу |
| 1999 | 16,5 | 497,7 | 123,7 | 553,5 | 18,8 | 5,0 | 159,0 | 1056,2 | 3,5 |
| 2000 | 19,0 | 585,0 | 117,7 | 690,4 | 25,0 | 6,7 | 161,6 | 1282,0 | 4,1 |
| 2001 | 19,8 | 615,1 | 135,9 | 823,5 | 37,9 | 8,9 | 193,6 | 1447,6 | 4,6 |
| 2002 | 19,9 | 635,8 | 150,1 | 987,0 | 55,2 | 11,2 | 225,2 | 1634,0 | 5,2 |
| 2003 | 23,5 | 734,1 | 174,5 | 1196,2 | 75,8 | 14,5 | 273,8 | 1944,7 | 6,1 |
| 2004 | 23,5 | 753,6 | 190,4 | 1272,9 | 96,8 | 17,0 | 310,7 | 2043,5 | 6,3 |
| 2005 | 24,0 | 786,0 | 201,6 | 1368,0 | 116,5 | 18,6 | 342,1 | 2172,6 | 6,7 |
| 2006 | 25,7 | 846,8 | 189,4 | 1242,1 | 127,8 | 19,0 | 342,9 | 2107,8 | 6,4 |
| 2007 | 26,9 | 910,6 | 205,5 | 1321,9 | 140,3 | 19,2 | 372,7 | 2251,7 | 6,8 |

Source: ERG estimates based on modeling results

Як видно з табл. 3, в 2007 р. в США були готові для післяексплуатаційного менеджменту 26,9 млн телевізорів, 140 млн мобільних телефонів. Крім того, в 2007 році до післяексплуатаційного менеджменту було готово 205 млн комп'ютерних виробів, з яких 29,9 млн настільних та 12 млн портативних комп'ютерів. Приблизно 40% (за вагою) комп'ютерних виробів припадало на комп'ютерні монітори (кінескопи). Відношення обсягів комп'ютерної продукції, готової до післяексплуатаційного менеджменту, порівняно з телевізійною зросло з 1,11 разу в 1999 р. до 1,45 разу в 2007 р.

На базі виконаних авторами цієї статті розрахунків з використанням статистичних даних США [1] встановлені залежності між обсягами продажу різних видів електронних виробів та їх обсягами, готовими до післяексплуатаційного менеджменту (див рис. 4). Аналіз графіків на рис. 4 дозволив встановити узагальнені значення тривалості життєвого циклу для телевізорів, настільних та портативних комп'ютерів і мобільних телефонів, які наведені в табл. 4.

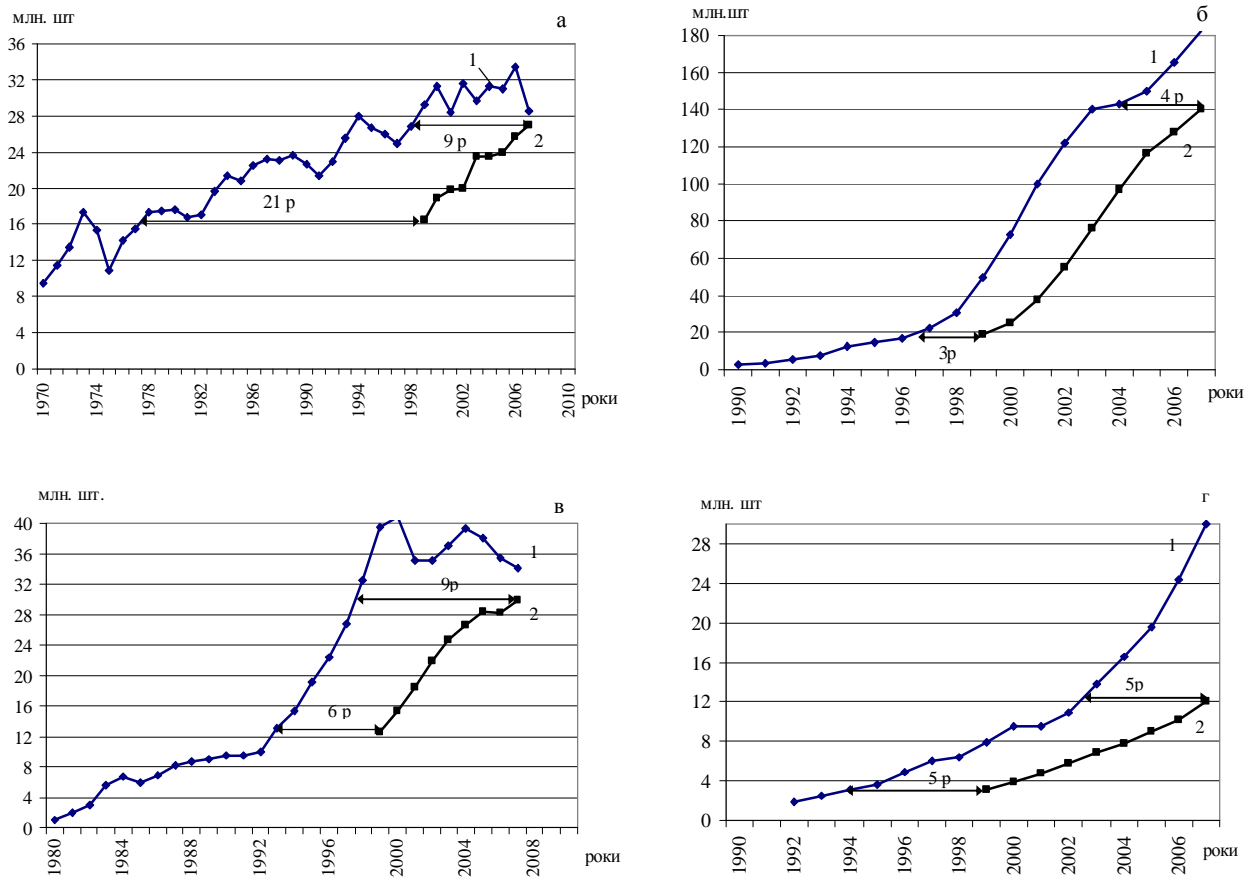


Рис. 4. Динаміка обсягів продажу (1) та готових до післяексплуатаційного менеджменту(2) телевізорів (а), мобільних телефонів (б), настільних комп'ютерів (в), та портативних комп'ютерів (г) в США

Таблиця 4

Узагальнені значення тривалості ЖЦ різних типів електронного устаткування в США, років

| Тип виробів | 1999р. | 2007р. |
|----------------------------------|--------|--------|
| Телевізори | 21 | 9 |
| Настільні персональні комп'ютери | 6 | 9 |
| Портативні комп'ютери | 5 | 5 |
| Мобільні телефони | 3 | 4 |

Розглянемо можливість використання досвіду менеджменту електронних відходів, скажімо, США для умов української економіки. Як відомо, виробництво телевізорів в Україні зменшилося, наприклад, в 2001 р. та в 2008 р. порівняно з 1990 р. з 3,774 млн шт. відповідно до 0,148 та 0,558 млн шт. або відповідно – в 25,5 та 6,8 разу. В той же час парк телевізорів в країні змінився незначною мірою, відповідно з 17,2 млн шт. в 1990 р., до 18,0 млн в 2001 р. і 20,0 млн в 2008 р., внаслідок значного збільшення імпорту. Що стосується комп'ютерів та мобільних телефонів, то вітчизняна статистика не дає будь-якої інформації про виробництво цих виробів, що можна пояснити фактичним зменшенням виробництв такої техніки та фактичним формуванням її парку за рахунок імпорту. За даними Держкомстату України [7], з 2004 р. по 2008 р. щорічний приріст наявної у населення електронної продукції становив: для кольорових телевізорів 6,56%, комп'ютерів – 38,9% і для мобільних телефонів – 77,5%.

Узагальнена інформація про наявність у населення України основних видів електронного устаткування за період з 2000 р. по 2008 р. наведена в табл. 5.

Таблиця 5

Наявність у населення України окремих електронних виробів, млн штук

| | 2000р. | 2001р. | 2002р. | 2003р. | 2004р. | 2005р. | 2006р. | 2007р. | 2008р. |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Телевізори | 18,6 | 18,0 | 18,3 | 18,3 | 18,2 | 19,2 | 19,5 | 19,7 | 20,0 |
| Мобільні телефони | ... | ... | ... | ... | 2,64 | 8,0 | 14,6 | 20,5 | 26,4 |
| Комп'ютери | 0,48 | 0,69 | 0,76 | 0,89 | 1,12 | 1,64 | 2,16 | 3,03 | 3,89 |

... – дані відсутні

Таким чином, якщо врахувати наведені вище результати досліджень, виконаних для умов США, то можна стверджувати:

- по-перше, в Україні здійснюється економічна модель запозичення технологічних досягнень розвинутих країн;

- по-друге, враховуючи очікувані тривалості життєвих циклів окремих електронних виробів, в Україні, починаючи з 2011-2012рр. стануть швидко накопичуватися електронні відходи і цю проблему потрібно буде вирішувати.

Висновки та напрямки подальших досліджень. Встановлено, що динаміка фізичних обсягів відходів окремих видів електронних виробів (телевізорів, комп'ютерів, мобільних телефонів тощо) є синхронною динаміці обсягів, вироблених (проданих) в окремій країні таких товарів, але з відставанням, що приблизно відповідає тривалості ЖЦ відповідного устаткування.

В роботі проаналізована структурна модель життєвого циклу електронної продукції. Цей аналіз є важливим для прийняття обґрунтованих рішень з післяексплуатаційного менеджменту для різних видів електронного устаткування.

Використання концепції життєвого циклу товару дозволяє встановити як тривалість первинного та вторинного використання окремих типів електронних виробів, так і визначити терміни досягнення ними стадії післяексплуатаційного менеджменту та обсяги робіт з ремонту (відновленню), утилізації устаткування, а також відходів, спрямованих у сміттєзвалища.

Визначені можливі прогнозні обсяги електронних відходів в Україні на короткострокову перспективу. Сформульована необхідність створення системи промислових структур з відновлення та утилізації електронного устаткування і необхідної інфраструктури. Для забезпечення цієї задачі необхідно вирішити ряд прикладних питань – підготовки відповідних кадрів, вдосконалення законодавства та обґрунтування раціональних форм організації діяльності (створення підприємств малого бізнесу, кластерних утворень тощо).

ЛІТЕРАТУРА

1. Electronics Waste Management in the United States: Approach One. – US Environmental Protection Agency. Washington, July 2008.
2. Electronics TakeBack Coalition „Facts and Figures on e-waste and Recycling”, September, 2009, режим доступу - www.electronicstakeback.com
3. Industry Economic Accounts, Bureau of Economic Analysis US Department of Commerce December, 2009
4. Municipal Solid Waste in the USA. 2007. Facts and Figures. US. EPA, November, 2008
5. Хомяков В.І., Коробченко Н.М. Еколого-економічні аспекти доцільності переробки твердих муніципальних відходів. Досвід США. // Матеріали X міжнародної науково-практичної конференції „Теорія і практика сучасної економіки”. – Том 1. – Черкаси: ЧДТУ, 2009. – С. 14-17.
6. Хомяков В.І., Коробченко Н.М. Еколого-економічна оцінка зменшення відходів та шкідливих викидів // Збірник наукових праць ЧДТУ. – Серія: Економічні науки: Випуск 23: у 3 ч. – Черкаси: ЧДТУ, 2009. – Ч. I. – 118 с.
7. Статистичний щорічник України 2008 рік / За ред. Осауленко О.Г. – К.: Консультант, 2009.