

УДК 504.054

Л. Ю. Главацька¹
В. А. Іщенко¹

АНАЛІЗ СКЛАДУ КОМПОНЕНТІВ ЕЛЕКТРОННИХ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ ВІДХОДІВ

¹Вінницький національний технічний університет

Відходи електронного та електричного обладнання — найцінніша категорія відходів, яка потребує детального вивчення. Ці відходи мають різноманітний склад компонентів, які доцільно повторно використовувати та важливо правильно утилізувати. У статті досліджено та проаналізовано кількісний та якісний склад компонентів різних типів електронних та електричних відходів. Зокрема, оцінені статистичні дані щодо маси і концентрації головних компонентів, цінних ресурсів, токсичних речовин. Розглянуто типи електронного та електричного обладнання, які найчастіше зустрічаються у відходах та широко використовуються людьми у повсякденному житті. Побутові відходи містять лише 2 % електронних компонентів, але саме вони містять 70 % небезпечних речовин. До них належать: свинець, кадмій, ртуть, хром, хлор, бром, важкі метали, бромовані антипірени, фталати, поліхлоровані біфеніли, поліциклічні ароматичні вуглеводні, бензол, толуол, етилбензол, ксилол, рідкі кристали, тонерний порошок, електроліти з акумуляторів та ін. Серед цінних компонентів: золото, срібло, паладій, платина, цинк, алюміній та ін. Загальні оцінки вмісту цінних ресурсів у відходах електронного та електричного обладнання показують, що, майже вся маса дорогоцінних металів знаходиться у друкованих платах. Наприклад, друковані плати малих електронних пристроїв можуть містити від 120 до 280 г/т золота. Холодильні та морозильні камери є дуже цінними, оскільки на 80 % можуть бути перероблені та повторно використані. Таке обладнання включає багато цінних матеріалів: мідь, залізо, алюміній, скло, ПВХ, ртуть та ін. Навіть такий небезпечний компонент як фреон відкачують для подальшого використання. Детальний аналіз компонентного складу відходів електронного та електричного обладнання дає можливість ефективніше управляти потоками цих відходів. За допомогою розбору та сортування електронного обладнання, яке застаріло чи зламалося, можна поповнити значну частку сировинної бази для повторного виробництва різних приладів. Це допоможе зменшити видобування сировини і зменшить антропогенний вплив на довкілля.

Ключові слова: електронні відходи, електричні відходи, обладнання, електронні прилади, токсичні речовини, компонентний склад, антропогенний вплив, забруднення довкілля.

Вступ

Відходи електронного та електричного обладнання (ВЕЕО) — фракція побутових та комерційних відходів з найінтенсивнішим приростом маси. Основна маса електронного та електричного обладнання (ЕЕО) припадає на великогабаритне обладнання — монітори, телевізори, комп'ютери. Велике різноманіття ЕЕО зумовлює велику кількість різних компонентів та речовин, які входять до їх складу. Це є однією з причин, чому ВЕЕО є небажаними у відходах, які в Україні потрапляють на сміттєзвалища. Рекомендоване їх повторне використання, адже вони є сировинною базою для аналогічних та сумісних приладів. Більшість деталей ВЕЕО уже готові до повторного використання, інша ж частина потребує спеціальної утилізації чи переробки. Ситуація ускладнюється ще й тим, що ЕЕО різних виробників може дуже відрізнятися і постійно модифікуватися внаслідок технічного прогресу. Тому велике різноманіття обладнання потребує ретельного аналізу компонентного складу.

Мета роботи — максимально дослідити та проаналізувати склад компонентів електронних та електричних відходів.

Результати дослідження

Відомо [1], що у складі більшості ЕЕО містяться такі компоненти:

– компоненти, що містять небезпечні речовини: конденсатори, батареї/акумулятори, картриджі

з тонером або чорнилом, рідкокристалічні дисплеї, друківані плати, інші компоненти (ртутьвмісні, азбест, вогнетривкі керамічні волокна, радіоактивні речовини) використовуються переважно у специфічних приладах;

- пластмаси;
- електричні кабелі;
- метали;
- друківані плати.

Компонентний склад ЕЕО включає велику кількість елементів періодичної таблиці. За різними оцінками, до складу електронної продукції входить близько 1000 різних хімічних речовин та сполук, зокрема хлорвмісні розчинники, бромовані антипірени, полівінілхлорид, важкі метали, пластмаси і газу [2].

Головними компонентами ВЕЕО є пластик і вогнетривкі оксиди (по 30 % за масою), а також сполуки міді (близько 20 %) і сполуки заліза (близько 8 %) (рис. 1) [3]. Електронні відходи можуть становити лише 2 % з усіх твердих побутових відходів, але при цьому вони складають 70 % небезпечних відходів, які потрапляють на звалища. Головними металами у складі ЕЕО є залізо, алюміній, мідь, свинець, нікель, олово, цинк. Вміст чорних металів у ВЕЕО за деякими оцінками [4] досягає 15 % за масою. Більше того, ВЕЕО містять менш поширені метали: вісмут, кобальт, галій, стронцій і тантал, а також інші, токсичні метали, включаючи барій, берилій, кадмій, хром, стибій [5], що зумовлює необхідність належного поводження цими відходами.

Друківані плати, які є фактично у будь-якому сучасному пристрої, містять певну кількість кольорових (в першу чергу, мідь) і дорогоцінних металів (золото, платина та ін.), а також такі рідкісні метали як родій, рутеній, іридій, осмій та ін., які, як правило, знаходяться в суміші з іншими металами в контактах, кабелях, припоях, кераміці конденсаторів, інтегральних мікросхемах, пластику, міжплатових шарах [5]. Хоча, плати містять до 70 % неметалевих компонентів [6], що значно ускладнює їх переробку. Рідкоземельні метали (скандій, ітрій, метали групи лантановидів) містяться у електронно-променевих трубках, люмінесцентних лампах, магнітах, акумуляторах, електродах, напівпровідниках, конденсаторах та електричних контактах [5].

Загальні оцінки вмісту цінних ресурсів у ВЕЕО показують, що, наприклад, друківані плати малих електронних пристроїв (цифрові фотоапарати та мобільні телефони) можуть містити від 120 до 280 г/т золота (а у мобільних телефонах — до 1000 г/т), що еквівалентно 0,012...0,028 % маси приладу. Інші прилади (наприклад, кавові машини, пилососи тощо) мають меншу відносну кількість золота — приблизно 0,0006 % [7], [8]. При цьому, майже вся маса дорогоцінних металів знаходиться у друківаних платах. За даними [8] концентрація срібла коливається від 600...700 г/т (у платах комп'ютерів) до 5000...5500 г/т (у платах мобільних телефонів), а концентрація паладію — 100...300 г/т; вміст платини найбільший, навпаки, у платах комп'ютерів (до 40 г/т). Відносно загальної маси приладів вміст срібла знаходиться в межах 1...5 г/т, золота — 100...150 мг/т, паладію — 40...170 мг/т [8]. Суттєво відрізняється вміст дорогоцінних металів лише у комп'ютерах (приблизно в 20—30 разів вищий).

Незважаючи на наявність дорогоцінних металів, варто також звернути увагу на токсичні метали. Саме вони є основною проблемою для управління ВЕЕО. Наприклад, вміст свинцю у ВЕЕО коливається в межах від 40 до 2100 мг/кг, кадмію — 2,3...2000 мг/кг, ртуті — 0,29...15 мг/кг, хрому — 34...900 мг/кг. Також високими є концентрації хлору і бромовані — відповідно, 1900...11000 мг/кг і 150...250000 мг/кг [4].

Крім того, багато компонентів ВЕЕО містять небезпечні речовини, наприклад важкі метали, бромовані антипірени, фталати, поліхлоровані біфеніли (ПХБ), поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ), бензол, толуол, етилбензол, ксилол, рідкі кристали, тонерний порошок, електроліти з акумуляторів та ін. Більшість небезпечних речовин містяться, переважно, в якомусь одному компоненті. Наприклад, Pb, Sb та бромовані антипірени, головним чином, входять до складу друківаних плат (за рахунок припою), в меншій кількості вони присутні у кабелях та пластмасах. Cd та Hg присутні, в основному, у батареях. ПХБ містяться у конденсаторах (середній вміст у ВЕЕО —

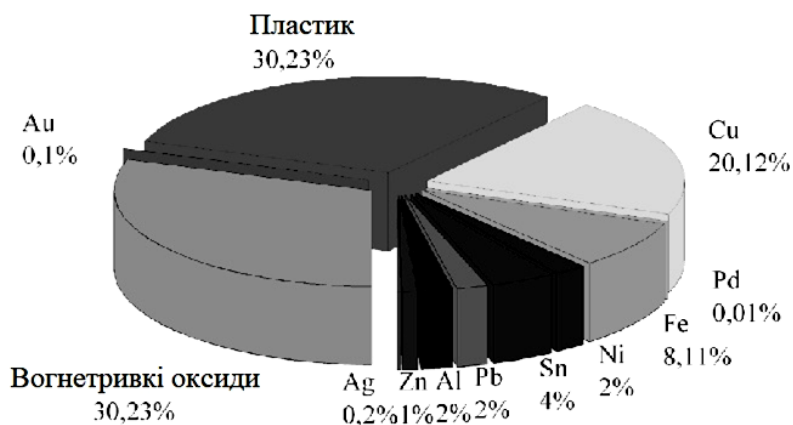


Рис. 1. Хімічний склад ВЕЕО [3]

13 мг/кг [9]). Водночас, значна частина специфічних небезпечних речовин, таких як Ni, Cd та Cr, міститься у батареях та друкованих платах. Джерелом As є друковані плати і рідкокристалічні екрани. Частка тонерів та чорнильних картриджів у загальній масі небезпечних речовин порівняно низька. Деякі типи обладнання (холодильники, морозильники, кондиціонери) містять фторвуглеводні, які є токсичними і озоноруйнівними речовинами.

Пластик ВЕЕО містить, крім самих полімерів, різні домішки та наповнювачі. Деякі домішки класифікуються як небезпечні речовини — бромовані/хлоровані антипірени (для зменшення займистості) та важкі метали (наприклад за рахунок використання свинцевих стабілізаторів і кадмієвих пігментів). Наявність та різноманітність домішок часто свідчить про відносно високий рівень кольорових металів (мідь, цинк, нікель тощо). У ноутбуках пластики іноді містять дорогоцінні метали — паладій та срібло. Відомо [10], що найпоширеніші АБС-пластик (42%) і полістирол (43%); меншою мірою використовуються поліпропілен і полікарбонат (відповідно 14% і 1%).

Близько 50% маси старих моніторів і телевізорів складає скло електронно-променевих трубок, які, в свою чергу, містять від 1 до 3 кілограмів свинцю. Стронцій — також один з елементів кінескопів кольорових телевізорів. Саме такі телевізори використовувалися більше 20 років тому, а зараз вони стають відходами. До 40% їх маси — метали (в основному залізо). Телевізори і монітори на базі рідкокристалічних та плазмових панелей вільні від свинцю, але містять сполуки ртуті в складі ламп підсвічування матриць. До їх складу також входять кадмій, свинець, стибій, індій, а також невелика кількість сплавів з присутністю золота, срібла і деяких інших дорогоцінних металів. Індій присутній в рідкокристалічних екранах телевізорів, в елементах електроніки, а також у вигляді компонента в деяких припаях і сплавах, що застосовуються в деталях телевізорів. На скло припадає близько 87% маси екрану сучасних моніторів і телевізорів, ще майже 13% — на пластик, 0,1% — рідкі кристали і 0,01% — шар оксиду індію-олова [6]. Аналіз вмісту металів показує, що він різко знизився за останні роки (від 40% до близько 3%), в першу чергу, за рахунок заміни металевих компонентів корпусу на пластикові. Так само зменшилась маса друкованих плат (з 14% до 6%) [11]. Крім антипіренів і рідких кристалів, згаданих вище, рідкокристалічні монітори і телевізори також містять інші токсичні сполуки — поліоксиметилен (полімерна плівка екрану), полівінілхлорид, фталати тощо.

Холодильні та морозильні камери є дуже цінними, оскільки на 80% можуть бути перероблені та повторно використані. Таке обладнання включає багато цінних матеріалів: мідь, залізо, алюміній, скло, ПВХ, ртуть та ін.; навіть небезпечний компонент — фреон, який відкачують для подальшого використання. Цікаво, що у 40 кілограмовому холодильнику міститься: 17,5 кг заліза, ПВХ — 4 кг, алюмінію (міді) — 4 кг, скла — 0,24 кг, фреону — 0,13 кг; 9 кг важить компресор, решта — інші компоненти.

Типовий склад персонального комп'ютера показано на рис. 2.

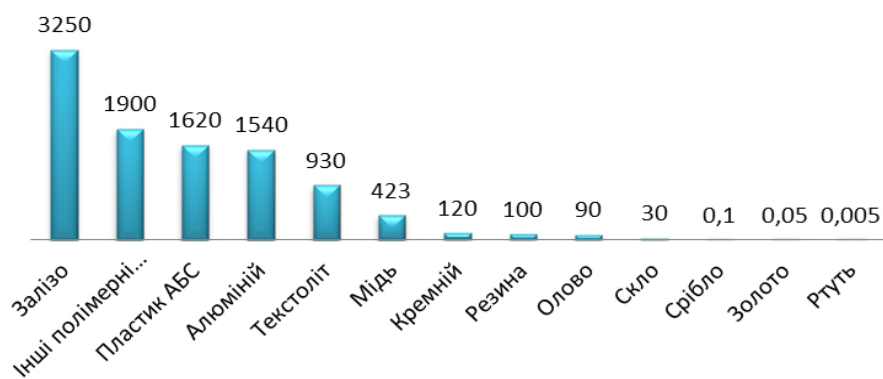


Рис. 2. Хімічний склад персонального комп'ютера вагою 10 кг (в грамах)

Сучасний мобільний телефон складається з таких компонентів:

1. Електронна плата — різні сплави.
2. Деталі корпусу, до яких, в першу чергу, відноситься клавіатура, а також корпусні складові — пластик (АБС і полікарбонат, також додають різні армуючі добавки, такі як скловолокно або вуглеволокло) або метал (алюміній, магній).
3. Дисплей — скло, рідкі кристали.
4. Акумулятор (літій-іонний або літій полімерний).
5. Інші компоненти (камера, сканер відбитку пальця, динаміки і мікрофони, антена).

Більше 50% маси смартфона припадає на метали — алюміній, залізо, мідь, титан, хром, манган, кобальт, нікель, цинк, паладій, олово, свинець, срібло, платина, золото та ін.

Узагальнені дані щодо маси окремих компонентів для різних типів ЕЕО подані у табл. 1, 2.

Таблиця 1

Компонентний склад електричного та електронного обладнання [12]—[14]

Обладнання	Масова частка компоненту, %					
	Чорні метали	Інші метали	Кабелі	Пластик	Друковані плати	Скло катодних трубок
Холодильник	47,6	1,3	3,4	43,7	0,5	—
Кондиціонер	45,9	9,3	17,8	17,7	2,7	—
Телевізор із катодною трубкою	6...12,7	0,1	2...3,9	17,9...22	8,7...10	35,7...60
Телевізор рідкокристалічний	25...43	3,8...9	0,8...4	24...42,8	4,4...11,6	—
Комп'ютер	47...58	0,4	0,9...2,6	2,8...3,5	8,9...9,4	—
Ноутбук	7...19,5	2,4...11	1...3,2	19,5...38	13,7...17	—
DVD програвач	62,5	—	3,6	15,3	14,0	—
Аудіоплеєр	35,1	0,5	3,2	46,9	10,4	—
Факс	33,3	1,7	6,1	49,1	12,2	—
Телефон	3,6	0,3	10,3...16,2	47,8...53,2	12,6...21,9	—
Принтер	10...41	0,2...0,3	0,8...3,2	34,4...45,8	6,6...7,4	—
Мобільний телефон	0,8—8	0...3,9	0,3	25,6...45	22...40	—
Фотоапарат цифровий	5,2	4,3	0,3	31,8	20,2	—
Мікрохвильова піч	71,9	0,4	4	6,5	4,7	—
Прилади для дистанційного контролю	1	—	—	82	17	—
Детектор диму	13	2	1	67	17	—
Клавіатура	9...27	—	6,8	55...78,5	2,1...11	—
Монітор	3	1	4	18	12	0...62
Комп'ютерна миша	1,2...5	—	32	46,9...52	8,2...11	—
Іграшки	4,3...11	0,2	1,3...2	72	2...6	—
Праска	3,9	44,8	14,3	37,1	—	—
Міксер/блендер	2,7	0,1	6,8	20,4	0,7	—
Пилосос	1,1	0,1	5,2	55,5	0,7	—

Таблиця 2

Вміст цінних металів у друкованих платах електричного та електронного обладнання [12]

Обладнання	Масова частка, г/кг					Масова частка, мг/кг		
	Al	Cu	Fe	Sn	Zn	Ag	Au	Pd
Холодильник	16	170	21	83	17	42	44	—
Кондиціонер	6,9	75	20	19	4,9	51	17	—
Телевізор з катодною трубкою	62	72	34	18	5,3	120	5	20
Телевізор рідкокристалічний	63	180	49	29	20	600	200	—
Комп'ютер	18	200	13	18	2,7	570	240	150
Ноутбук	18	190	37	16	16	1100	630	200
DVD програвач	54	220	11	22	26	710	150	20
Аудіоплеєр	61	140	58	24	11	170	26	34
Факс	37	120	11	7,4	7,7	69	35	110
Телефон	67	96	150	34	8,6	2400	—	—
Принтер	180	140	17	16	4,2	70	38	21
Мобільний телефон	15	330	18	35	5	3800	1500	300
Фотоапарат цифровий	24	270	30	39	8,8	3200	780	200
Мікрохвильова піч	14	320	400	15	28	2000	—	—

Як видно з табл. 1, основну масу більшості ЕЕО складають чорні метали (головним чином залізо) та пластик — сумарний вміст до 90 %. Виключеннями є лише старі телевізори з катодними трубками (головний компонент — скло), мобільні телефони і цифрові фотоапарати (значну масу становлять друковані плати). Найбільший вміст металів є у великогабаритних пристроях. Вміст пластику, в основному, коливається в межах 30...50%, причому найменше його у комп'ютерах і мікрохвильових печах. Масова частка друкованих плат для більшості ЕЕО складає 7...15 %.

Важливим джерелом цінних ресурсів (особливо дорогоцінних металів) є друковані плати. Серед цінних металів у друкованих платах найбільша масова частка припадає на мідь з найвищими концентраціями у платах мобільних телефонів і мікрохвильових печей. Найвищий вміст алюмінію — у платах принтерів, заліза і цинку — у платах мікрохвильових печей, олова — у платах холодильників. Дорогоцінні метали присутні у друкованих платах ЕЕО, в першу чергу — це срібло (високий вміст — у мобільних телефонах, цифрових фотоапаратах, стаціонарних телефонах, мікрохвильових печах), золото та паладій (високий вміст — у мобільних телефонах, цифрових фотоапаратах, ноутбуках).

Дослідження, описані в [9] та [15], показують, що в набагато меншій фракції ВЕЕО міститься набагато більше окремих елементів (наприклад, Ni, Cu, Cr) у порівнянні з іншими фракціями побутових відходів.

Висновки

Відходи електронного та електричного обладнання містять велику кількість цінних компонентів. Це, в першу чергу, дорогоцінні (золото, срібло, паладій, платина та ін.) та інші метали (цинк, алюміній та ін.). Більшість металів сконцентровані у друкованих платах ВЕЕО, які складають незначну частку маси приладів. Прилади, які містять найбільше дорогоцінних металів — мобільні телефони, цифрові фотоапарати. Інший вагомий компонент ВЕЕО — пластик досить умовно можна вважати цінним ресурсом, оскільки до складу одного лише приладу може входити декілька різних видів пластику, враховуючи різні прилади. Тому їх розділення і утилізація є досить складними і часто економічно не вигідними. Варто також відмітити наявність у складі ВЕЕО токсичних речовин, що потребує відповідних заходів для поводження з такими відходами. Крім того, з часом склад ВЕЕО суттєво змінюється у зв'язку з розвитком технологій. Таким чином, детальний аналіз компонентного складу ВЕЕО дасть можливість ефективніше управляти потоками цих відходів з метою їх подальшої утилізації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] S. Salhofer, and M. Tesar, "Assessment of removal of components containing hazardous substances from small WEEE in Austria," *Journal of hazardous materials*, 186 (2-3), 1481-1488, 2011.
- [2] Yu. Shulaeva, "Instrumentarii mekhanizmov effektivnogo upravleniia elektronnyimi otkhodami," *Zbirnyk naukovykh prats "Problemy i perspektvy rozvytku bankivskoi systemy Ukrainy"*. Sumy, Ukraina: vyd-vo Derzhavnoho vyshchoho navchalnoho zakladu «Ukrainska akademiia bankivskoi spravy Natsionalnoho banku Ukrainy», no. 25, pp. 282-293, 2009.
- [3] L. Hlavatska, and V. Ishchenko, "Povodzhennia z vidkhodamy elektronnoho ta elektrychnoho obladnannia u Vinnytskii oblasti," *Zbirnyk materialiv 5 Miznarodnoho konhresu «Zakhyst navkolyshnoho seredovyshcha. Enerhooschhadnist. Zbalansovane pryrodokorystuvannia»*, Lviv, September 26-29, pp. 74, 2018.
- [4] E. Dimitrakakis, A. Janz, B. Bilitewski, and E. Gidaracos, "Determination of heavy metals and halogens in plastics from electric and electronic waste," *Waste Management*, no. 29 (10), pp. 2700-2706, 2009.
- [5] A. Cesaro, A. Marra, K. Kuchta, V. Belgiorno, and E. D. Van Hullebusch, "WEEE management in a circular economy perspective," An overview. *Glob. NEST J*, 20, pp.743-750, 2018.
- [6] H. Duan, J. Hu, Q. Tan, L. Liu, Y. Wang, and J. Li, "Systematic characterization of generation and management of e-waste in China," *Environmental Science and Pollution Research*, no. 23(2), pp. 1929-1943, 2016.
- [7] S. Diedler, J. Hobohm, B. Batinic, M. Kalverkamp, and K. Kuchta, "WEEE data management in Germany and Serbia," *Glob. NEST J*, no. 20, pp. 751-757, 2018.
- [8] P. Chancerel, C. E. Meskers, C. Hagelüken, and V. S. Rotter, "Assessment of precious metal flows during preprocessing of waste electrical and electronic equipment," *Journal of Industrial Ecology*, no. 13(5), pp.791-810, 2009.
- [9] L. S. Morf, J. Tremp, R. Gloor, F. Schuppisser, M. Stengele, and R. Taverna, "Metals, non-metals and PCB in electrical and electronic waste—Actual levels in Switzerland," *Waste Management*, no. 27(10), pp. 1306-1316, 2007.
- [10] T. Ernst, R. Popp, and R. van Eldik, "Quantification of heavy metals for the recycling of waste plastics from electrotechnical applications," *Talanta*, no. 53 (2), pp. 347-357, 2000.
- [11] H. S. Hong, and A. R. Choi, "Quantitative characterization of recyclable resources dismantled from waste liquid crystal display products," *Journal of Material Cycles and Waste Management*, no. 20(4), pp. 2054-2061, 2018.
- [12] M. Oguchi, H. Sakanakura, and A. Terazono, "Toxic metals in WEEE: Characterization and substance flow analysis in waste treatment processes," *Science of the total environment*, 463, pp. 1124-1132, 2013.
- [13] S. E. Musson, K. N. Vann, Y. C. Jang, S. Mutha, A. Jordan, B. Pearson, and T. G. Townsend, "RCRA toxicity characterization of discarded electronic devices," *Environmental science & technology*, no. 40(8), pp. 2721-2726, 2006.

[14] P. Chancerel, and S. Rotter, "Recycling-oriented characterization of small waste electrical and electronic equipment," *Waste management*, no. 29(8), pp. 2336-2352, 2009.

[15] V. Ishchenko, V. Pohrebennyk, A. Kochanek, and L. Hlavatska, "Waste electrical and electronic equipment management in Ukraine," *Proceedings of International Conference on Geosciences*, March 26-29, 2019, Athens, Greece, book 3, vol. 1, pp. 197-204.

Рекомендована кафедрою екології та екологічної безпеки ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 19.02.2021

Главацька Лілія Юрївна — аспірантка кафедри екології та екологічної безпеки, e-mail: manilkolili4ka@ukr.net ;

Ищенко Віталій Анатолійович — канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри екології та екологічної безпеки, e-mail: ischenko.v.a@vntu.edu.ua .

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

L. Yu. Hlavatska¹
V. A. Ishchenko¹

Analysis of Composition of Waste Electrical and Electronic Equipment Components

¹Vinnitsia National Technical University

Waste electronic and electrical equipment is the most valuable category of waste that needs detailed study. These wastes have a diverse composition of components that should be reused and it is important to dispose of properly. The article investigates and analyzes the quantitative and qualitative composition of components of different types of electronic and electrical waste. In particular, statistical data on the mass and concentration of major components, valuable resources, toxic substances were evaluated. The types of electronic and electrical equipment that are most common in waste and widely used by people in everyday life are considered. Household waste contains only 2 % of electronic components, but they contain 70 % of hazardous substances. These include: lead, cadmium, mercury, chromium, chlorine, bromine, heavy metals, brominated flame retardants, phthalates, polychlorinated biphenyls, polycyclic aromatic hydrocarbons, benzene, toluene, ethylbenzene, xylene, liquid crystals, toner powder, and electrolytes. Among the valuable components: gold, silver, palladium, platinum, zinc, aluminum and others. General estimates of the content of valuable resources in waste electronic and electrical equipment show that almost the entire mass of precious metals is in printed circuit boards. For example, printed circuit boards for small electronic devices can contain from 120 to 280 g/t of gold. Refrigerators and freezers are very valuable, because 80 % can be recycled and reused. This equipment includes many valuable materials: copper, iron, aluminum, glass, PVC, mercury, etc.; even a dangerous component — Freon — is pumped out for further use. A detailed analysis of the component composition of waste electronic and electrical equipment makes it possible to more effectively manage the flow of this waste. By disassembling and sorting electronic equipment that is obsolete or broken, you can replenish a significant portion of the raw material base for the re-production of various devices. This will help reduce the extraction of raw materials and reduce the anthropogenic impact on the environment.

Keywords: electronic waste, electrical waste, equipment, electronic devices, toxic substances, component composition, anthropogenic impact, environmental pollution.

Hlavatska Liliya Yu. — Post-Graduate Student of the Chair of Ecology and Environmental Safety, e-mail: manilkolili4ka@ukr.net ;

Ishchenko Vitalii A. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Head of the Chair of Ecology and Environmental Safety, e-mail: ischenko.v.a@vntu.edu.ua

Анализ состава компонентов электронных и электрических отходов

¹Винницкий национальный технический университет

Отходы электрического и электронного оборудования — самая ценная категория отходов, которая требует детального изучения. Эти отходы имеют разнообразный состав компонентов, которые целесообразно повторно использовать и важно правильно утилизировать. В статье исследован и проанализирован количественный и качественный состав компонентов различных типов электронных и электрических отходов. В частности, оценены статистические данные по массе и концентрации главных компонентов, ценных ресурсов, токсичных веществ. Рассмотрены типы электронного и электрического оборудования, которые чаще всего встречаются в отходах и широко используются людьми в повседневной жизни. Бытовые отходы содержат лишь 2% электронных компонентов, но именно они содержат 70% опасных веществ. К ним относятся: свинец, кадмий, ртуть, хром, хлор, бром, тяжелые металлы, бромированные антипирены, фталаты, полихлорированные бифенилы, полициклические ароматические углеводороды, бензол, толуол, этилбензол, ксилол, жидкие кристаллы, тонерный порошок, электролиты с аккумулятором и др. Среди ценных компонентов: золото, серебро, палладий, платина, цинк, алюминий и др. Общие оценки содержания ценных ресурсов в отходах электронных и электрических устройств показывают, что почти вся масса драгоценных металлов находится в печатных платах. Например, печатные платы малых электронных устройств могут содержать от 120 до 280 г/т золота. Холодильные и морозильные камеры являются очень ценными, поскольку на 80% могут быть переработаны и повторно использованы. Такое оборудование включает много ценных материалов: медь, железо, алюминий, стекло, ПВХ, ртуть и др. Даже такой опасный компонент как фреон откачивают для дальнейшего использования. Детальный анализ компонентного состава отходов электронного и электрического оборудования дает возможность более эффективно управлять потоками этих отходов. С помощью разбора и сортировки электронного оборудования, которое устарело или сломалось, можно пополнить значительную долю сырьевой базы для повторного производства различных приборов. Это поможет уменьшить добычу сырья и уменьшить антропогенное воздействие на окружающую среду.

Ключевые слова: электронные отходы, электрические отходы, оборудование, электронные приборы, токсичные вещества, компонентный состав, антропогенное воздействие, загрязнение окружающей среды.

Главацкая Лилия Юриевна — аспирант кафедры экологии и экологической безопасности, e-mail: manilkolili4ka@ukr.net ;

Ищенко Виталий Анатоліевич — канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой экологии и экологической безопасности, e-mail: ischenko.v.a@vntu.edu.ua