

## ТОКСИЧНІ РЕЧОВИНИ У ВІДПРАЦЬОВАНИХ ХІМІЧНИХ ДЖЕРЕЛАХ СТРУМУ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*У роботі детально досліджено небезпечні компоненти у складі побутових відходів на прикладі відпрацьованих хімічних джерел струму (батареєнок). Розглянуті токсичні речовини, які містяться у складі таких компонентів. На основі детального літературного аналізу та власних досліджень встановлено, що їх міститься велика кількість, серед найпоширеніших – сполуки важких металів та інші канцерогенні та агресивні органічні і неорганічні сполуки*

**Ключові слова:** небезпечні компоненти побутових відходів, відпрацьовані хімічні джерела струму, батарейки, важкі метали, токсичні речовини, навколишнє середовище.

### *Abstract*

*Hazardous components in household waste (batteries case study) are analyzed in details. The toxic substances contained in such components are investigated. On the basis of detailed literary review and own studies they were found to contain a large number. The most widespread are heavy metals and other carcinogenic and aggressive organic and inorganic compounds.*

**Keywords:** hazardous household waste, batteries, heavy metals, toxic substances, environment.

### **Вступ**

У більшості країн, в тому числі і в Україні, побутові відходи фактично не сортуються і в змішаному вигляді накопичуються, як правило, на сміттєзвалищах і можуть майже безперешкодно потрапляти у навколишнє середовище. Ситуація ускладнюється й тим, що у складі побутових відходів з кожним роком стає все більше небезпечних компонентів, тобто таких, які мають небезпечні властивості і містять у своєму складі токсичні для навколишнього середовища або людини елементи та сполуки. До них, наприклад, відносяться побутові джерела струму (батареї). Вони містять токсичні речовини (в прешу чергу, важкі метали), які у відповідних умовах на сміттєзвалищах здатні переходити у навколишнє середовище. Наслідком наявності відпрацьованих побутових джерел струму у відходах є проникнення багатьох шкідливих речовин у довкілля разом із фільтратом полігонів побутових відходів. Зокрема, автори [1,2] вказують на велику кількість забруднювальних речовин у фільтраті, серед яких важкі метали і багато небезпечних органічних забрудників. Крім того, полігони побутових відходів є значним джерелом цих речовин протягом багатьох років. Таким чином, метою даної роботи є детальний аналіз хімічних елементів та сполук, які містяться у відпрацьованих побутових джерелах струму, і становлять загрозу для довкілля та людини.

### **Результати дослідження**

Хімічні джерела струму, до яких відносяться акумулятори і побутові батарейки, є головним джерелом сполук важких металів у побутових відходах. На них припадає близько від 0,02 до 0,25% маси всіх побутових відходів і близько 50% небезпечних компонентів [3-7]. Різні типи хімічних джерел струму містять сполуки цинку, мангану, ртуті, міді, свинцю, кадмію, нікелю, кислоти [8,9]. І, хоча в багатьох країнах діє відповідне законодавство, зокрема в ЄС діє Директива [10], яка зобов'язує мати систему роздільного збирання такого виду відходів, не всі країни мають ефективно працюючу систему. Крім того, навіть в країнах ЄС, незважаючи на законодавче і організаційне забезпечення, а також занепокоєння громадськості, значна частина батарейок не включена в спеціальні системи збирання. Наприклад, відповідно до [3], 39% батарейок в Данії потрапляють у побутові відходи. А станом на 2014 рік в країнах ЄС було зібрано близько 40% всіх батарейок [11]. Більше того, згідно дослідження [12,13] вміст важких металів у багатьох батарейках вищий лімітів, встановлених вищезгаданою Директивою ЄС. Розглянемо детальніше наявність токсичних елементів та сполук у

різних типах хімічних джерел струму. Цинк-вугільні і цинк-хлоридні батарейки містять, цинк (корпус) хлорид цинку і хлорид амонію (електроліт). Цинк-повітряні батарейки містять цинк (матеріал аноду), ртуть, електроліт гідроксид калію. Лужні батарейки містять цинк (матеріал аноду), гідроксид калію (електроліт). Срібло-цинкові батарейки містять цинк (матеріал аноду), гідроксид калію або натрію (електроліт). Срібло-оксидні батарейки містять цинк, мідь, ртуть, нікель, а також електроліт гідроксид калію. Літійові батарейки містять літій (матеріал аноду), літій-тіонілхлорид  $\text{LiSOCl}_2$ , літій-п'ятиокис ванадію  $\text{LiV}_2\text{O}_5$ , літій-двоокис сірки  $\text{LiSO}_2$ , літій-триокис молібдену  $\text{LiMoO}_3$ , літій-фторид міді  $\text{CuF}_2$ , літій-хромат срібла  $\text{LiAg}_2\text{CrO}_4$  або літій-сульфід міді  $\text{LiCuS}$  (електроліти), а також кобальтат літію  $\text{LiCoO}_2$ , літій-манган оксид  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ , і літій-ферофосфат  $\text{LiFePO}_4$  (матеріали катоду). Літій-марганцеві батарейки містять літій (матеріал аноду), хром, нікель, діметоксиетан (тверді електроліти). Свинцево-кислотні акумулятори містять свинець (матеріал аноду), оксид свинцю (IV) (матеріал катоду), сульфатну кислоту (електроліт). Лужні залізо-нікелеві акумулятори містять гідроксиду нікелю  $\text{Ni(OH)}_3$  (матеріал катоду). Нікель-кадмієві акумулятори містять кадмій або гідроксид кадмію (матеріал аноду), гідрат окису нікелю  $\text{NiOOH}$  (матеріал катоду), гідроксид калію і гідроксид літію (електроліт). Нікель-металгідридні акумулятори містять оксид нікелю (матеріал катоду), гідроксид калію (електроліт), кобальт, цинк. Нікель-цинкові акумулятори містять цинк (матеріал аноду), оксид нікелю (матеріал катоду), гідроксид калію і гідроксид літію (електроліт). Срібло-цинкові акумулятори містять гідроксид калію (електроліт). Літій-іонні акумулятори містять літій-кобальт оксид  $\text{LiCoO}_2$  (матеріал катоду), солі літію (гексафлуорофосфат літію  $\text{LiPF}_6$ , тетрафлуороборат літію  $\text{LiBF}_4$ , перхлорат літію  $\text{LiClO}_4$ ) і органічні розчинники (диметилкарбонат  $\text{CH}_3\text{OCOC}_2\text{CH}_3$ , диетилкарбонат  $\text{CO}_3(\text{CH}_2\text{CH}_3)_2$ ) – електроліти, а також полівініліден фторид.

## Висновки

Проведений аналіз показує, що у побутових відходах міститься певна кількість відпрацьованих хімічних джерел струму (батарейок), які, в свою чергу, містять токсичні речовини, серед яких сполуки важких металів та інші агресивні, канцерогенні органічні і неорганічні сполуки. Якщо такі компоненти змішуються із звичайними побутовими відходами, то зростає рівень небезпеки побутових відходів та вартість поводження з ними. Крім того, в умовах, коли 95% побутових відходів в Україні опиняються на сміттєзвалищах, які переважно не відповідають сучасним вимогам, це несе велику небезпеку для довкілля і здоров'я людей. Таким чином, необхідним кроком повинне бути розділення потоків небезпечних компонентів та інших побутових відходів, тобто їх роздільне збирання. Доки такі заходи не впроваджені, постійно буде зростати екологічний ризик.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Slack, R., Gronow, J., Hall, D., and Voulvoulis, N., 2007. Household hazardous waste disposal to landfill: using LandSim to model leachate migration. *Environmental Pollution*, 146(2), pp. 501–509.
2. Іщенко В.А. Дослідження джерел важких металів у складі відходів // VI-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю, 20-22 вересня, 2017. Збірник наукових праць. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – С. 84.
3. Bigum, M., Petersen, C., Christensen, T., and Scheutz, C., 2013. WEEE and portable batteries in residual household waste: Quantification and characterisation of misplaced waste. *Waste Management*, 33(11), pp. 2372–2380.
4. Dimitrakakis, E., Janz, A., Bilitewski, B., and Gidarakos, E., 2009. Small WEEE: Determining recyclables and hazardous substances in plastics. *Journal of Hazardous Materials*, 161(2-3), pp. 913–919.
5. Bernstad, A., Jansen, J.I.C., and Aspegren, H., 2011. Property-close source separation of hazardous waste and waste electrical and electronic equipment – A Swedish case study. *Waste Management*, 31(3), pp. 536–543.
6. Ishchenko V., Petruk R., Kozak Y. Hazardous household waste management in Vinnytsia region. *Environmental Problems* 1 (2016), vol. 1, pp. 27-30.
7. Козак Я. Л. Дослідження небезпечних складових побутових відходів / Я. Л. Козак, В. А. Іщенко // Екологічна безпека держави: тези доповідей IX Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених та студентів, м. Київ, Національний авіаційний університет, 16 квітня 2015 р. – К.: НАУ, 2015. – С. 146.
8. Ishchenko, V., Pohrebennyk, V., Kozak, Y., Kochanek, A., and Politylo, R., 2016. Assessment of batteries influence on living organisms by bioindication method. In: 16th International Multidisciplinary Geoconference SGEM 2016, Book 5. Ecology, Economics, Education and Legislation, SGEM2016 Conference Proceedings, June 28–July 6, 2016, vol. II, pp. 85–92.
9. Ishchenko, V., 2017. Soil contamination by heavy metal mobile forms near landfill. *International Journal of Environment and Waste Management*, 20(1), pp. 66–74.

10. Directive 2006/66/EC of the European Parliament and of the Council of 6 September 2006 on batteries and accumulators and waste batteries and accumulators and repealing Directive, 91/157/EEC, 2006. Official Journal of the European Union, L 266, pp 1–14.
11. EPBA (European Portable Battery Association), 2015. The collection of waste portable batteries in Europe in view of the achievability of the collection targets set by Batteries Directive 2006/66/EC (Summary of Changes), EU.
12. Moreno-Merino, L., Emilia Jimenez-Hernandez, M., de la Losa, A., Huerta-Munoz, V., 2015. Comparative assessment of button cells using a normalized index for potential pollution by heavy metals. Science of the Total Environment, 526, pp. 187–195.
13. Recknagel, S., Radant, H., and Kohlmeyer, R., 2014. Survey of mercury, cadmium and lead content of household batteries. Waste Management, 34(1), pp. 156–161.

***Ищенко Віталій Анатолійович*** – канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри екології та екологічної безпеки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ischenko.v.a@vntu.edu.ua

***Ishchenko Vitalii A.*** — Ph.D., Head of the Department of Ecology and Environmental Safety, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ischenko.v.a@vntu.edu.ua