

УДК 504.062

ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТРАБОТАННЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ПИТАНИЯ

Шуптар Н.И.*Одесский государственный экологический университет*

У статті розглянуто проблеми поводження з електронними відходами. Приведено класифікацію найбільш поширених на українському ринку елементів живлення. Проаналізовано їх типи та складові частини. На підставі порівняння різних елементів живлення обґрунтована доцільність використання в якості модельного об'єкту батарейки Duracell Basic. Досліджено методичний підхід щодо оцінки збитку від забруднення оточуючого середовища відпрацьованими джерелами живлення, згідно якого визначено розмір еколого-економічного збитку від потрапляння в навколишнє середовище використаних батарейок.

Ключові слова: відпрацьовані джерела живлення, електронні відходи, еколого-економічний збиток.

The article considered problems of handling electronic waste. The classification of the most common batteries in the Ukrainian market is presented. Their types and components are analyzed. The classification based on comparison of different batteries. The advisability of using the battery Duracell Basic as a model object is substantiated. The methodical approach of damage assessment of environmental contamination by used batteries is investigated, according to this the amount of environmental and economic damage caused by getting into the environment used batteries is defined.

Keywords: used power sources, electronic waste, environmental damage.

Актуальность проблемы. Благодаря научно-техническому прогрессу, современный человек не представляет свою жизнь без потребительской электроники (телевизоров, компьютеров, периферийных устройств, мобильных телефонов и т.п.). Работоспособность большей части таких устройств зависит от наличия в них автономных источников питания - батареек и аккумуляторов. Однако любые элементы питания рано или поздно приходят в негодность и становятся отходами; тогда-то и начинается их вторая жизнь, связанная с потенциальной опасностью для экосистемы и здоровья человека.

Несмотря на то, что отработанные батарейки составляют менее 0,25% объема твердых бытовых отходов, на их долю приходится более 50% всех токсичных металлов (ртуть, свинец, кадмий, олово, никель, цинк, магний), поступающих в окружающую среду в результате хозяйственной деятельности человека. По оценкам специалистов, одна пальчиковая батарейка, попадая на свалку, может отравить 1 м³ почвы или 400 л воды [1].

Сегодня в пользовании украинцев находится около 1 млрд. батареек. Ежегодно утилизации подлежит не менее 6 тыс. тонн отработанных элементов питания, содержащих, в том числе, порядка 4 тонн ртути, которая, оказываясь в водной среде, превращается в метилртуть - высокотоксичное и стойкое соединение, накапливающееся в пищевых цепочках [2].

Таким образом, если отслужившие срок элементы питания не подвергаются правильной переработке, то вредные вещества, содержащиеся в них, загрязняют окружающую среду и наносят ей значительный ущерб, величина которого, до настоящего времени, не определена. В связи с чем, проблема оценки эколого-экономического ущерба, обусловленного поступлением в окружающую среду отработанных источников питания, представляется крайне актуальной и требует разрешения.

Анализ последних научных исследований. Методологическим аспектам оценки эколого-экономического ущерба посвящены труды многих отечественных и зарубежных ученых, в том числе, Мельника Л.Г. [3], Александрова И.А. [4], Васильевой Е.Э. [5], Ильичевой М.В. [6], Рюминой Е.В. [7], Кантаржи И.Г. [8], Масленниковой И.С. [9]. Однако, несмотря на очевидный интерес исследователей к данной проблематике, ряд вопросов, касающихся экономической оценки последствий антропогенного загрязнения, обусловленных, в частности, поступлением в окружающую среду электронных отходов, изучен недостаточно.

В публикациях, посвященных проблеме обращения с отходами электрического и электронного оборудования, рассматриваются, в первую очередь, организационно-экономические аспекты управления данным видом отходов, анализируется динамика их образования и накопления (например, [10-14]). Тем не менее, работы, в которых описаны методические подходы к оценке ущерба, обусловленного электронными отходами, известны. Например, Ю.Е. Шулаевой выполнена оценка экологического

ущерба, наносимого персональным компьютером на протяжении его жизненного цикла [15].

Вместе с тем, практически не разработанными остаются вопросы, касающиеся определения величины ущерба, обусловленного ухудшением качества экосистем в результате загрязнения другими электронными отходами.

Целью работы является оценка эколого-экономического ущерба, вызванного размещением в окружающей среде отработанных источников питания.

Изложение основного материала исследования. Так как потребность в элементах питания постоянно растет, то на украинском рынке представлены батарейки разных типоразмеров и назначения. Подавляющее большинство из них – импортного производства. В таблице 1 приведены наиболее распространенные элементы питания.

Таблица 1. Типоразмеры гальванических элементов [16]

Тип	Номенклатура		Форма	Размеры, мм	Напряжение, В	Обиходное название
	IEC JIS	Советская				
AAA	R03	286	Ц	44,5×Ø10,5	1,2-1,6	«мизинчиковая»
AA	R6	316	Ц	50,5× Ø 14,5	1,2-1,6	«пальчиковая»
C	R14	343	Ц	50,0× Ø 26,2	1,2-1,6	«средняя»
D	R20	373	Ц	61,5× Ø 34,2	1,2-1,6	«большая»
—	6F22	Крона	П	48,5×26×17,5	9	«крона»
—	3R12	3336	П	67×62×22	4,5	квадратная

Примечание: Ц – цилиндр; П - параллелепипед

Кроме того, элементы питания принято классифицировать по веществам, включенным в электрохимическую систему. В таблице 2 представлены существующие виды таких систем.

Для потребителей наибольший интерес представляют щелочные элементы (Alkaline). За счет хороших эксплуатационных характеристик они постепенно вытесняют другие типы батареек, поскольку хорошо

работают при больших токах разряда, имеют лучшую герметичность и меньший ток саморазряда, а также обладают высокой эффективностью при средних и длительных разрядах. Щелочные элементы могут эксплуатироваться при температурах от -25°C до $+55^{\circ}\text{C}$ и удовлетворительно переносят более низкие температуры [17].

Таблица 2. Диверсификация химических источников тока по типу электролита [16]

Тип	Достоинства	Недостатки
1	2	3
Сухие («солевые», LeClanche, угольно-цинковые)	- самый дешёвый; - массово производится	- наименьшая ёмкость; - спадающая кривая разряда; - плох в работе с мощными нагрузками (большим током); - плох при низких температурах
Heavy Duty («мощный» сухой элемент, хлорид цинка)	- менее дорогой, чем щелочной; - лучше LeClanche при высоком токе и низких температурах	- низкая ёмкость; - спадающая кривая разряда
Щелочные («алкалиновые», щёлочно-марганцевые)	- средняя стоимость; - лучше предыдущих при большом токе и низких температурах; - при разряде сохраняет низкое значение полного сопротивления; - широко выпускается	- спадающая кривая разряда
Ртутные	- постоянство напряжения; - высокая энергоёмкость и энергоплотность	- высокая цена; - из-за токсичности ртути уже почти не производятся
Серебряные	- высокая ёмкость; - пологая кривая разряда; - хорош при высоких и низких температурах; - превосходная длительность хранения	- дорогой
Литиевые	- наивысшая ёмкость на единицу массы; - пологая кривая разряда; - превосходит при низких и высоких температурах; - чрезвычайно длительное время хранения; - высокое напряжение на элемент (3В); - лёгкий.	- дорогой

С учетом выше изложенного, в качестве модельного объекта был выбран щелочной элемент самого популярного типоразмера, который в европейском стандарте IEC обозначают как LR6 (1,5 В) - щелочная батарейка Duracell Basic, габариты которой - 50,35×14 мм, а масса - 23,8 г.

Все существующие гальванические элементы питания состоят из одинаковых элементов – анода и катода, пространство между которыми заполнено электролитом. При создании замкнутого круга происходит движение электронов из анода к катоду, т.е. электрический ток.

Активная масса анода содержит цинк (объемная доля 18-33%), загуститель (гель-компонент), раствор электролита, оксид цинка и ингибитор коррозии. В качестве гель-компонента используют производные целлюлозы, полиакрилаты, поливиниловый спирт и другие полимеры.

Активная масса катода включает кроме диоксида марганца, графит либо ацетиленовую сажу, раствор КОН и связующее. Содержание компонентов в активной массе катода у различных изготовителей может колебаться в широком диапазоне. Например, содержание углеродистых материалов может достигать 15% и выше [18]. Типичный состав анодной и катодной массы щелочной батарейки представлен в таблице 3.

В основу расчета оценки ущерба от загрязнения окружающей среды отработанными источниками питания была положена Методика определения размеров ущерба, обусловленного загрязнением и засорением земельных ресурсов в результате нарушения природоохранного законодательства [19], согласно которой размер ущерба определяется по формуле:

Таблица 3. Типичный состав анодной и катодной массы щелочной батарейки

	Компонент	Содержание (масс. %)
Анодная масса	Порошок цинка	55-75
	Раствор КОН (32-55%)	25-45
	Оксид цинка	до 2
	Загуститель	0,4-2
	Ингибитор коррозии	до 0,05
	Диоксид марганца	79-85
Катодная масса	Углерод	7-10
	Раствор КОН (32-55%)	7-10
	Связующее	0-1

$$P_{ш} = A * G_{оз} * P_{д} * K_{з} * K_{н} * K_{ег} \quad (1)$$

где $P_{ш}$ - размер ущерба от загрязнения земли, грн.;

A – удельные расходы на ликвидацию последствий загрязнения земельного участка, значение которого равно 0,5;

$G_{оз}$ - нормативная денежная оценка земельного участка, который был загрязнён, грн./м²;

$P_{д}$ - площадь земельного участка, м²;

$K_{з}$ - коэффициент загрязнения земельного участка, который характеризует количество загрязняющего вещества в объёме загрязненной земли в зависимости от глубины просачивания, который рассчитывается по формуле:

$$K_{з} = \frac{O_{зр}}{T_{з} * P_{д} * I_{н}} \quad (2)$$

где $O_{зр}$ – объем загрязняющего вещества, м³, рассчитывается по формуле:

$$O_{зр} = \frac{V_{зр}}{Щ_{зр}} \quad (3)$$

где $V_{зр}$ - масса загрязняющего вещества, т;

$Щ_{зр}$ - относительная плотность загрязняющего вещества, т/м³;

$T_{з}$ - толщина земельного шара, которая является размерной единицей для расчета расходов на ликвидацию последствий загрязнения в зависимости от глубины просачивания и равна 0,2 м;

$I_{н}$ - индекс поправки расходов на ликвидацию последствий загрязнения в зависимости от глубины просачивания загрязняющего вещества;

$K_{н}$ - коэффициент опасности загрязняющего вещества;

$K_{ег}$ -коэффициент эколого-хозяйственного значения земель.

В состав батарейки входят различные вещества, поэтому общий размер возмещения при одновременном загрязнении земельного участка несколькими загрязняющими веществами рассчитывается по формуле:

$$P_{ш.заг} = P_{ш.макс} + 0,5 * (P_{ш1} + P_{ш2} + \dots + P_{шn}) \quad (4)$$

где $P_{ш.заг}$. – общий размер убытка от загрязнения земли несколькими загрязняющими веществами, грн;

$P_{ш.макс}$. - максимальный из всех посчитанных отдельно для каждого

загрязняющего вещества размеров ущерба от загрязнения земельного участка, грн;

$R_{ш.1}$, $R_{ш.2}$, $R_{шп}$ – рассчитанные размеры ущерба от загрязнения земли другими загрязняющими веществами, грн.

Для определения площади загрязнения отработанными источниками питания была решена задача оптимизации, в соответствии с которой площадь загрязнения может рассчитываться по формуле:

$$S_{ооб} = S_{б} + \left((n-1) * \left(S_{б} - 4 * 1/2 \left(R^2 \arcsin \frac{x}{|R|} + \sqrt{R-x} * x * \sqrt{x+R} \right) \right) \right) \quad (5)$$

Согласно данным общественного движения «За право граждан на экологическую безопасность», сегодня в пользовании украинцев находится около 1 млрд. батареек, общим весом до 18 тысяч тонн [2].

Такое количество батареек, попав в окружающую среду в виде электронных отходов, может привести к загрязнению тяжелыми металлами огромной территории, площадь которой составит, согласно формуле (5), порядка 52,99 км². При этом в грунт попадает 2550,6 т порошка цинка, 36 т оксида цинка, 7318,8 т диоксида марганца и 2232 т раствора едкого калия, а эколого-экономический ущерб, который будет нанесен окружающей среде, составит 400,36 млн. грн.

Выводы. Отработанные бытовые источники питания относятся к электронным отходам, объемы образования которых все еще существенно превышают объемы их переработки. Согласно проведенным расчетам, экологический ущерб от одной выброшенной на свалку батарейки в среднем составляет 0,53 грн. Данная категория электронных отходов характеризуется наличием в их составе как ценных, так и небезопасных для окружающей среды веществ, поэтому, для повторного использования ресурсоценных материалов, присутствующих в отработанных батарейках, и предотвращения антропогенного загрязнения, обращение с ними требует организации контролируемого сбора и специальной переработки.

В Украине (г. Львов) уже функционирует предприятие по утилизации батареек, которое является одним из трех крупнейших отраслевых заводов в Европе и может обеспечить переработку 1 тонны батареек в день, но из-за нехватки сырья работает не на полную мощность [20]. Однако до настоящего времени в стране не существует централизованной системы сбора у населения этих опасных отходов. По-прежнему, ежедневно 10-12 тонн батареек попадает на санкционированные и несанкциониро-

ванные мусорные свалки. Ущерб, который вследствие этого наносится окружающей среде и здоровью украинцев, составляет примерно 0,03% ВВП Украины.

Перспективой дальнейших исследований должно стать определение возможного дохода от переработки отработанных источников питания и оценка упущенной выгоды от потерь ценного вторичного сырья.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шестаковский А. Маленькая батарейка - большие проблемы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://greenconsumption.org/articles/43/c6/i8.html>
2. Довбуш Е. Куда украинцам девать отработанные батарейки. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.epochtimes.com.ua>
3. Методи оцінки екологічних втрат: Монографія / Л.Г. Мельник, О.І. Карінцева, М.К. Шапочка та ін.; За ред. Л.Г. Мельника, О.І. Карінцевої. – Суми: Університетська книга, 2004. – 288 с.
4. Александров И.А. Оценка ущерба при загрязнении атмосферы промышленными предприятиями / И.А. Александров, Э.А. Костыря // Наукові праці ДонНТУ. Серія: економічна. – Донецьк, 2004. – Вип. 84. – С. 183-189.
5. Васильева Е.Э. Экономика природопользования. / Е.Э. Васильева. – Минск: БГУ, 2003. – 120с.
6. Ильичева М.В. Методы оценки экологического ущерба от негативного влияния загрязненной среды / М.В. Ильичева // Экономика и менеджмент / Известия Челябинского научного центра. – Челябинск, 2005. – Вып. 3 (29). – С. 112-116.
7. Рюмина Е.В. Оценка экономического ущерба от экологических нарушений при разработке планов и программ / Е.В. Рюмина // Проведение оценки воздействия на окружающую среду в государствах-участниках СНГ и странах Восточной Европы. – М.: Государственный центр экологических программ, 2004. – С. 33-40.
8. Кантаржи И.Г. Оценка ущерба в системах экологического менеджмента / И.Г. Кантаржи // Научно-технический журнал «Сертификация». – М.: ВНИИСертификации Госстандарта России, 2001. – Вып. 3. – С. 47-54.
9. Масленникова И.С. Управление экологической безопасностью и рациональным использованием природных ресурсов / И.С. Масленникова, В.В. Горбунова:– СПб.: СПбГИЭУ, 2007. – 497 с.
10. Свиточ Н.А. Лавина электронного мусора – проблема XXI века / Н.А. Свиточ // Твердые бытовые отходы. - 2008. - №2. – С. 8-13.
11. Хомяков В.І. Менеджмент електронних відходів. Закордонний досвід / В.І. Хомяков, Н.М. Коробченко // Зб. наук. праць ЧДТУ. Серія: економічні науки. – Вип. 24.

- Черкаси: ЧДТУ, 2009. – С. 257-264.
12. Хомяков В.І. Формування економічного механізму управління відходами / В.І. Хомяков, Н.М. Коробченко // Зб. наук. праць ЧДТУ. Серія: економічні науки. – Вип. 25 (II). – Черкаси: ЧДТУ, 2010. - С. 9-16.
 13. Шулаєва Ю.Е. Інструментарій механізмів ефективного управління електронними відходами / Ю.Е. Шулаєва // Зб. наук. праць «Проблеми і перспективи розвитку банківської системи в Україні». - № 25. – Суми: ДВНЗ «УАБС НБУ», 2009. – С. 282-293.
 14. Шулаєва Ю.Е. Підходи к формированию фонда рециклирования электронных отходов / Ю.Е. Шулаєва, И.В. Качан // Наукові праці ДонНТУ. Серія: економічна. – Вип. 41. - Донецьк, 2012. – С. 212-217.
 15. Шулаєва Ю.Е. Підходи к оценке экологического ущерба, наносимого персональными компьютерами / Ю.Е. Шулаєва // Наукові праці ДонНТУ. Серія: економічна. – Вип. 36-1. - Донецьк, 2009. – С. 166-172.
 16. Батарейка. Матеріал из Википедии. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Батарейка>
 17. Липпарт С. Свободная энергия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://byt.potrebitel.ru>
 18. Марганцево-цинковые батарейки. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.powerinfo.ru/babybattery.php>
 19. Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 4 квітня 2007 року N 149 Про внесення змін до Методики визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення природоохоронного законодавства. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/RE13689.html
 20. Когут Т. 10-12 тонн батареек выбрасываются каждый день в Украине [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://itexpert.in.ua/tehnika/item/21698-10-12-tonn-batareek-vibrasivaiutsya-kazhdiy-den-v-ukraine-tkogut.html>