



УДК 628.47+504.06

Г. М. Кожушко, докт. техн. наук,
Л. В. Дугніст
 ВНЗ Укоопспілки «Полтавський
 університет економіки і торгівлі»
 36014, вул. Ковалю, 3, м. Полтава,
 тел. 0506146893, e-mail.
 linatsingud@mail.ru
С. Г. Кислиця, канд. техн. наук
 Полтавський національний
 технічний університет ім. Юрія
 Кондратюка

ПРОБЛЕМИ РТУТНОГО ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ВІДХОДАМИ РОЗРЯДНИХ ЛАМП

Зі зростанням чисельності населення і поліпшенням економічної ситуації, використання штучного освітлення розширюється, збільшується споживання електроенергії, виробництво якої пов'язане з великими капітальними витратами, витратою природних ресурсів і забрудненням довкілля. У літературі приведені вражаючі дані по забрудненню атмосфери CO₂ (головним чином від ТЕС, які працюють на рідкому і твердому паливі). Зараз світовий об'єм викидів CO₂ оцінюється приблизно в 22·10⁹ т/рік. Якщо віднести цю цифру до маси повітря земної атмосфери – 5,1·10¹⁵ т, отримаємо, що щорічне «збільшення» CO₂ в атмосфері складає 4,3·10⁻⁶ %. А виділяється з атмосфери вільний CO₂ дуже повільно: через 20 років вміст його зменшується тільки у 2 рази, а через 100 років все ще залишається близько 1/3 від початкової кількості. Таким чином, якщо не проводити ефективних заходів з економії електроенергії, то людство в недалекому майбутньому чекають катастрофічні наслідки пов'язані з глобальним потеплінням клімату, викликаним збільшенням концентрації CO₂ в атмосфері. Ці обставини змушують шукати шляхи зниження частки електроенергії, споживаної на освітлення. Одним із таких шляхів є використання розрядних ламп низького та високого тиску.

Більше 80 % світлової енергії, що виробляється у світі, припадає саме на розрядні лампи [1]. Економічні переваги цих ламп не викликають сумніву – світлова віддача їх в 4–8 разів, а строк служби в 6–15 разів вище аналогічних показників для ламп розжарювання. Сьогодні практично неможливо забезпечити гігієнічно обґрунтований рівень освітлення без застосування розрядних ламп. Тенденція росту споживання світлової енергії вказує на те, що в найближчий час обсяги виробництва розрядних ламп будуть зростати. Але всі сучасні розрядні лампи, які використовуються для освітлення, вміщують невелику кількість ртуті, тому відходи цих ламп є забруднювачами навколишнього середовища [2].

Резолюцією Генеральної Асамблеї ООН 1979 р. визначено головними критеріями доцільності та ефективності всіх сфер людської діяльності здоров'я населення та чисте довкілля. Однією з головних причин погіршення стану навколишнього середовища та здоров'я людей є антропогенне забруднення довкілля, в

першу чергу, токсичними речовинами та відходами. Ртуть як забруднювач довкілля та токсикант включено в перелік речовин-контамінантів як один із найбільш небезпечних.

Україна, на жаль, сьогодні належить до країн з високим рівнем негативних екологічних наслідків господарської діяльності людини та техногенного забруднення. Екологічна ситуація в Україні характеризується як кризова. Одним із головних чинників загрози здоров'ю населення та довкіллю є забруднення навколишнього середовища відходами. Відходи негативно впливають на всі складові навколишнього природного середовища – повітря, воду та ґрунт. В Україні сьогодні відсутня належним чином організована система збирання та утилізації токсичних відходів, що містять ртуть, відсутні облік та доступна статистика утворення ртутьмісних відходів, відсутня відповідальність виробника та імпортера ртутних ламп за їх подальшу долю.

Тому актуальними проблемами сьогодні є зниження використання ртуті у розрядних лампах та попередження забруднення навколишнього середовища їх відходами.

Метою даної роботи є дослідження шляхів зниження використання ртуті в розрядних лампах та утилізації їх відходів.

Більша частина штучного світла в даний час генерується розрядними лампами низького тиску – двоцокольними люмінесцентними лампами та компактними люмінесцентними лампами (КЛЛ). Сьогодні в Україні щорічно споживається приблизно 13–15 млн. шт. двоцокольних ЛЛ та більше 20 млн. шт. (за різними даними 22–24 млн. шт.) КЛЛ. Люмінесцентні лампи використовуються для освітлення промислових громадських приміщень, офісів, навчальних закладів та інших об'єктів. КЛЛ також знаходять широке використання у житловому освітленні.

Основні параметри розрядних ламп низького тиску та кількість ртуті в них наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Основні параметри розрядних ламп низького тиску

Типи ламп, потужність (Вт)	Світлова віддача (Лм/Вт)	Строк служби (год.)	Кількість ртуті (мг)
Двоцокольні 1) ЛЛ (Т12), 20-80 Діаметр колби 38 мм	55-70	10000-12000	26-60
2) ЛЛ (Т10), 20-80 Діаметр колби 32 мм	55-70	10000-12000	25-60
3) ЛЛ (Т8), 18-54 Діаметр колби 26 мм	60-75	12000-15000	10-12
4) ЛЛ (Т5), 14-35 Діаметр колби 16 мм	92-96	>20000	3-5
5) КЛЛ, 5-57 Діаметр колби 38 мм	45-65	6000-15000	2-5

Слід зазначити, що кількість ртуті в ЛЛ та КЛЛ згідно з вимогами Технічного регламенту «Обмеження використання деяких небезпечних речовин в електричному та електронному обладнанні» (Директива 2002/95/ЄС) не має бути більшим, відповідно, 12 та 5 мг [3]. Але цей показник в Україні, через відсутність стандартних методик, практично не контролюється і на ринок України ще поступають ЛЛ, які виробляються

на застарілому обладнанні (T12, T10 і навіть T8), в які дозується значно більша кількість ртуті – до 60 мг і більше.

Розрядні лампи високого тиску – дугові ртутні з люмінофорним покриттям на зовнішній колбі (типу ДРЛ), дугові ртутні з металогалогенними добавками (МГЛ) та натрієві лампи високого тиску (НЛВТ) – застосовують скрізь, де потрібні великі світлові потоки та висока економічність при малих габаритах джерел світла. Найбільше їх використовують для зовнішнього та промислового освітлення, для освітлення спортивних споруд та інших приміщень з високими стелями (наприклад, торговельні центри). На сьогодні, обсяги споживання РЛВТ займають третє місце після ламп розжарювання та розрядних ламп низького тиску і складають приблизно 10 % від обсягів ЛЛ та КЛЛ разом взятих. В Україні це біля 4 млн. шт. на рік. Кількість ртуті в РЛВТ Технічним регламентом [3] не обмежується, так як у ці лампи для забезпечення електричних та світлових параметрів вводиться мінімальна кількість ртуті. Основні параметри та орієнтовна кількість ртуті, яка міститься у цих лампах наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Основні параметри та кількість ртуті в ГЛВТ

Типи ламп, потужність, Вт	Світлова віддача, мл/Вт	Строк служби, год.	Маса ртуті в лампах, мг
ДРЛ, 80-1000	40-60	8000-15000	15-200
МГЛ, 35-3500	80-110	8000-15000	10-1000
НЛВТ, 50-1000	60-140	15000-32000	3-20

За нашими оцінками кількість ртуті, яка з відходами розрядних ламп попадає в навколишнє середовище (з врахуванням того, що частина ламп утилізується), в Україні становить більше 300 кг/рік. Безумовно – це велика кількість, але вона значно менша від кількості ртуті, яка викидається в атмосферу тепловими електростанціями при спалюванні вугілля. У вугіллі Донецького басейну вміст ртуті складає 0,4-2 мг/т, тому при виробництві електроенергії на теплових електростанціях, які працюють на цьому вугіллі, викиди ртуті в навколишнє середовище можуть сягати до 1-мг/кВт год.

Слід зазначити, що Директивою Європарламенту 2000/32/ЄС [4] передбачена поетапна заборона використовувати в ЄС ЛЛ з галофосфатним люмінофором T12, T10 та T8, а також РЛВТ з параметрами, які не відповідають мінімальним вимогам цього регламенту за енергоекономічністю. Це буде сприяти і зменшенню кількості ртуті в лампах, так як будуть заборонені для використання застарілі конструкції з високим вмістом ртуті.

Аналізуючи досвід ЄС щодо використання небезпечних речовин в електричних лампах можна зробити висновок, що обмеження ведуться не тільки шляхом зниження максимально допустимих їх значень та заборони неефективних ламп з точки зору світлової віддачі та екологічної безпеки, але і встановлюють поетапне підвищення їх надійності та строку служби. Це сприяє зменшенню кількості відходів цих ламп, так як підвищення строку служби еквівалентно зменшенню їх виробництва. Наприклад у [5] встановлені обов'язкові вимоги до середнього строку служби та кількості запалювань, які повинні витримати КЛЛ: на першому етапі кількість ламп, які догорають до 6000 год. повинна бути не менша 50 %, а на другому – не менше 70 %; відповідно, число запалювань КЛЛ до виходу їх з ладу на першому етапі повинно бути не менше 10000, а на другому – не менше 30000.

Для вирішення проблем утилізації відходів, в тому числі і ртутних ламп, у ЄС розроблена і впроваджується Директива WEEE – 2002/96/ЄС «Відходи виробництва

електричного та електронного обладнання» [6]. Метою Директиви є запобігання утворення відходів виробництва або зменшення їх шляхом повторного використання та переробки.

Положення Директиви стосується 10 категорій електричного та електронного обладнання, в тому числі і освітлювального.

До освітлювального обладнання, яке потрібно утилізувати у відповідності до вимог Директиви [6] відноситься:

- світильники для люмінесцентних ламп (за винятком світильників побутового призначення);
- двоцокольні люмінесцентні лампи (лінійні люмінесцентні лампи);
- одноцокольні люмінесцентні лампи (компактні люмінесцентні лампи);
- розрядні лампи високої інтенсивності, в тому числі натрієві, металогалогенні та ртутні високого тиску з люмінофорним покриттям на зовнішній колбі типу ДРЛ;
- натрієві лампи низького тиску;
- інші розрядні лампи та освітлювальні прилади, крім ламп розжарювання. Для всіх розрядних ламп, які вміщують ртуть, обов'язково має проводитись процес демеркуризації відходів (видалення ртуті).

Ключові позиції WEEE:

- виробники та імпортери електричного обладнання відповідають за компенсацію коштів за збирання, зберігання та переробку відходів;
- споживачі можуть повертати використані ними вироби до пунктів приймання;
- тільки ліцензовані підприємства мають право на поводження з відходами.

У європейських країнах виробники розрядних ламп спільно працюють над створенням колективних сервісних та переробних підприємств. Внески на WEEE становлять суттєву частину відпускнуої ціни на лампи, особливо на лампи низької якості з малим строком служби, наприклад, такі як ЛЛ з галофосфатними люмінофорами. Збільшення строку служби ламп зменшує кількість відходів, а, отже, зменшує внески.

Урегулювання поводження з відходами електронного та електричного обладнання є проблемою світовою. Особливо гостро вона стоїть для країн, що розвиваються. Необхідність розробки та прийняття нормативної законодавчо-правової основи поводження з відходами електричного та електронного обладнання викликана вимогою нормалізації відносин, що виникають під час надання послуг у сфері поводження з небезпечними відходами та відходами, які є вторинною сировиною. Про актуальність вирішення цієї проблеми в Україні наголошується в [7, 8].

Відходи сучасних люмінесцентних ламп вміщують приблизно 10^{-3} % ртуті, що в 10 разів перевищує гранично допустимі концентрації, тому їх утилізація необхідна з точки зору забезпечення екологічної безпеки.

Основні задачі утилізації:

- видалення ртуті з відходів ламп (демеркуризацію) до залишкової концентрації, безпечної для довкілля та повторного використання матеріалів;
- розділення матеріалів на компоненти для подальшого перероблення та використання (скло, метали, люмінофори та інше).

Для демеркуризації відходів ЛЛ сьогодні використовують різні технології, які умовно можна розділити на «термічні» і «холодні». «Термічні» технології засновані на переводі ртуті в пароподібний стан шляхом нагрівання подрібнених відходів ламп до температури 400-600 °С, відведенні технологічних газів і наступним вилученням ртуті із газового потоку. «Холодні» технології базуються на обробці подріблених відходів

ртутних ламп спеціальними рідкими агентами з переводом ртуті в розчин і наступним видаленням її в осад у вигляді слабкорозчинних сполук, сорбції на іонообмінних смолах, відмиванням водою, тощо.

Аналіз показує, що «термічні» технології мають переваги за ступенем очистки відходів від ртуті та її сполук, але вони більш складні і дорогі, ніж «холодні».

Як приклад сучасних «термічних» та «холодних» технологій утилізації люмінесцентних ламп можна привести технології та обладнання запропоновані фірмами «Mercury Recovery Technology System AB» та «Osram GmbH».

Технології шведської фірми «MRT System AB» дозволяють на різних комплексах обладнання переробляти всі типи ртутних ламп. Технологія утилізації двоцокольних лінійних ЛЛ продуктивністю 4000 ламп/год. передбачає такі основні операції: відділення (за допомогою абразивних дисків або газових пальників) кінців ламп з цоколями; здування стиснутим повітрям (або знімання за допомогою спеціальних щіток) люмінофорного покриття, яке вміщує біля 95 % маси ртуті в лампі; збирання люмінофору, ртуті та дрібних скляних часток; видалення ртуті із люмінофору «термічним» методом за допомогою спеціальних дисциляторів; подрібнення скляних трубок для повторного використання у скловиробництві; відділення від металевих цоколів з ізоляційними та металевими вводами від скла за допомогою дробильно-сепараційного комплексу. Склобій використовують у виробництві електровакуумного та іншого скла, металеві цоколі (як правило алюмінієві) – як металобрухт, ртуть – для повторного використання. Рекуперація ртуті з суміші люмінофору та скла становить 99,99 %. Склобій, який із різних причин не може бути застосований для виробництва електротехнічного скла (забруднений домішками), може бути використаний у дорожньому будівництві, виробництві будівельних матеріалів або видалений на полігон. Обладнання «MRT System AB» для перероблення власного технологічного браку застосовують такі виробники джерел світла як Philips, Osram.

Німецька фірма «Osram GmbH» використовує «холодну» технологію демеркуризації відходів ламп. На першому етапі від ламп відділяють цоколі з електродними зонами. Далі спеціальними розчинами із трубок вимивають люмінофор із ртуттю, відфільтровують його та проводять десорбцію ртуті. Очищені трубки подрібнюють та відправляють на повторне використання. Від початкової маси ЛЛ вдається повторно використати 85 % складових і лише 15 % підлягає захороненню. Обладнання дозволяє регенерувати до 80 % дорогого люмінофору та до 90 % лампового скла. Відділення люмінофору від скляної трубки може також проводитись з допомогою щіток, що обертаються. Продуктивність установки – 4000 ламп за годину.

Однією з важливих проблем утилізації відходів ртутних ламп є збирання цих ламп після закінчення терміну їх дії у споживачів та фінансування підприємств зі збирання та переробки відходів. Світовий досвід показує, що для її вирішення потрібно створювати велику кількість приймальних пунктів та спеціалізованих підприємств, які мають ліцензії на поводження з відходами. Пункти збирання здійснюють приймання ламп від населення та підприємств, які потім доставляються на переробні заводи. Фінансування збирання, переробки відходів також вирішуються по-різному. У США фінансування здійснюють за рахунок місцевих бюджетів, у Німеччині – за рахунок виробників ламп (хоч в кінцевому рахунку ці витрати є складовою частиною ціни на лампи). Лампи від населення у США та Німеччині приймаються безкоштовно. В Бельгії та Румунії споживач при купівлі ламп сплачує внесок на їх утилізацію.

В Україні доцільно розробити Технічний регламент на основі Директиви ЄС [WEEE] та створити мережу приймальних пунктів та спеціалізованих підприємств зі збирання та транспортування відпрацьованих ламп, а також кілька підприємств з переробки відходів ламп. Найбільш ефективними є великі переробні заводи

(потужністю у декілька мільйонів і навіть десятків мільйонів ламп на рік). Собівартість утилізації ламп досить велика (з урахуванням транспортування вона складає, наприклад, в європейських країнах та США близько 1 \$ за лампу, але сьогодні в Україні ціна за утилізацію сягає 10-11 грн. за лампу), тому, на наш погляд, найбільш ефективно буде створити 2-3 переробні заводи великої потужності, які забезпечать потреби в переробці всієї України. З економічної та екологічної точки зору для утилізації ртутних ламп доцільно використовувати високопродуктивні технології, наприклад, технологію шведського підприємства «MRT», яка себе добре зарекомендувала в багатьох країнах світу. Для мотивації здачі ламп споживачами у приймальні пункти, доцільно ввести залогову ціну (аналогічно як на скляну тару), яка буде повертатись споживачеві в приймальних пунктах.

Висновки:

1. На сьогодні люмінесцентні лампи (лінійні двоцокольні та компактні одноцокольні) є одними із найбільш ефективних джерел світла. Ними генерується більше 80 % всієї світової енергії і вони мають перспективу широкого використання у майбутньому. Але ці лампи вміщують у собі ртуть, що з екологічної точки зору потребує утилізації, їх відходів.

2. Для обмеження утворення відходів ртутних розрядних ламп і поетапної заборони виробництва та використання екологічно небезпечної світлотехнічної продукції в Україні доцільно розробити та запровадити Технічні регламенти на основі Директиви Європарламенту 2000/32/ЄС та Регламенту Комісії ЄС № 244/2009 стосовно екодизайнерських вимог до ламп побутового призначення.

3. Для вирішення проблем утилізації ртутних ламп, в Україні також доцільне розроблення Технічного регламенту на основі Директиви WEEE – 2002/96/ЄС «Відходи виробництва електричного та електронного обладнання».

Література:

1. Айзенберг Ю.Б. Энергобережение – одна из важнейших проблем современной светотехники [Текст] / Ю.Б. Айзенберг // Светотехника. – 2007. – №6. – С. 6-10.
2. Кожушко Г. М. Екологічні проблеми утилізації та використання відходів розрядних ламп / Г.М. Кожушко, О.О. Согоконь // Світлолюкс. – 2007. – №6. – С 12-16.
3. Директива 2002/95/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 27 січня 2003 року про обмеження використання деяких небезпечних речовин в електричному та електронному обладнанні [Електронний ресурс] // Офіційний вісник європейських співтовариств. 13.02.2002 С. 19-23
4. Директива Європарламенту та Ради від 6 червня 2005р. №2005/32/ЄС покладення основ щодо встановлення екологічних вимог до конструкцій енергоспоживаючих виробів та внесення змін до Директиви Ради №92/42/ЄС і Директив Європарламенту та Ради № 96/57/ЄС та № 2000/55/ЄС.
5. 244/2009/ЄС Регламент Комісії від 18 березня 2009 р. по застосуванню Директиви 2005/32/ЄС Європейського парламенту і Ради у відношенні до вимог до екологічної конструкції побутових ламп з ненаправленим світловипроміненням
6. Директива 2002/96/ЄС Європарламенту і Ради від 27 січня 2003 про відходи електричного і електронного обладнання (WEEE)
7. Крайнов І.П. Управління екологічною безпекою в сфері поводження з відходами електронного та електричного обладнання / І.П. Крайнов, В.М. Крилюк, Є.П. Шаго, В.С. Бахарев // Екологічна безпека. – 2012. – № 1(13). – С. 13-18.
8. Кожушко Г.М. Розрядні лампи: проблеми попередження ртутного забруднення навколишнього середовища / Г.М. Кожушко, Л.В. Дугніст., В.В. Фуштей // Хімія, екологія та освіта: матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет конфер. (25-26 березня 2013 р., м. Полтава) / Полтава, 2013. – С. 15-21.

ПРОБЛЕМЫ РТУТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТХОДАМИ РАЗРЯДНЫХ ЛАМП

Г. М. Кожушко, Л. В. Дугнист, С. Г. Кислица

Рассматриваются вопросы ограничения ртутного загрязнения окружающей среды путем установления требований к минимальному сроку службы, световой отдаче, поэтапному запрещению использования низко эффективных разрядных ламп низкого и высокого давления. Обсуждаются также проблемы сбора и обязательной утилизации отходов разрядных ламп, установление ответственности производителей ламп за финансирование утилизации и использования отходов.

THE PROBLEM OF MERCURY POLLUTION OF ENVIRONMENTAL WASTES DISCHARGE LAMPS

G. M. Kozhushko, L. W. Duhnist, S. G. Kyslytsia

The problems limiting mercury pollution through requirements for the minimum period of service, luminous efficiency, phased ban the use of low efficient discharge lamps low and high pressure. We discuss also the problem of collecting and recycling mandatory discharge lamps, lamp manufacturers establish responsibility for funding recycling and waste management.