

УДК 504.054:628.4.045:620:266.11

Л. Н. АБАКУМЕНКО^а, В. Н. РАДИОНЕНКО^б^а «Макеевский научно-исследовательский институт по безопасности работ в горной промышленности»,^б ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

О ПЕРСПЕКТИВАХ ДЕМЕРКУРИЗАЦИИ И УТИЛИЗАЦИИ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП НА ТЕРРИТОРИИ ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ

Аннотация. В статье изложен материал о состоянии вопроса, который связан с демеркуризацией и утилизацией люминесцентных ламп на территории Донецкой Народной Республики. Проанализированы способы и методы в области утилизации ртути содержащих отходов. Рассмотрены основные виды специализированного оборудования, применяемого в соответствующей отрасли. Описаны принципы действия и приведены данные технических характеристик некоторых демеркурирующих установок, в основу которых положены данные методы. Сопоставлены технические характеристики, выявлены основные преимущества и недостатки. Приведены данные об опыте эксплуатации определённых установок в различных странах. На основании чего предложены некоторые рекомендации. Обоснована необходимость создания специализированных организаций на территории Донецкой Народной Республики, которые имели бы право осуществлять деятельность в сфере демеркуризации и утилизации люминесцентных ламп. Для реализации предложенных способов по недопущению образования экологических и техногенных катастроф возникает острая необходимость принятия соответствующих решений на законодательном уровне.

Ключевые слова: отходы, утилизация, демеркуризация, люминесцентные лампы, ртуть, экологическая опасность.

ЦЕЛЬ

Анализ и обоснование проблемы утилизации люминесцентных ламп как приоритетной задачи в сфере обеспечения экологической безопасности объектов окружающей среды.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

На сегодняшний день использование люминесцентных ламп широко применяется для освещения жилых и общественных зданий и сооружений, так как имеют ряд преимуществ перед классическими лампами накаливания. Следует отметить, что их срок службы значительно дольше и потребление электричества значительно меньше. Тем не менее, несмотря на определённые достоинства, они все же имеют один существенный недостаток. Речь идёт о ртути, которая содержится в составе люминесцентных ламп. Широко известным фактом является то, что ртуть относится к чрезвычайно опасным веществам.

Любая люминесцентная лампа состоит из следующих компонентов:

- стекло;
- люминофор;
- металлы;
- ртуть.

Более детальное устройство лампы показано на рисунке.

Люминесцентные лампы являются газоразрядными источниками света. Принцип работы люминесцентной лампы следующий: между двумя электродами, которые находятся в противоположных концах лампы, создается дуговой разряд, который происходит в парах ртути, вследствие чего и создается ультрафиолетовое излучение. С помощью специального вещества, называемого люминофором,

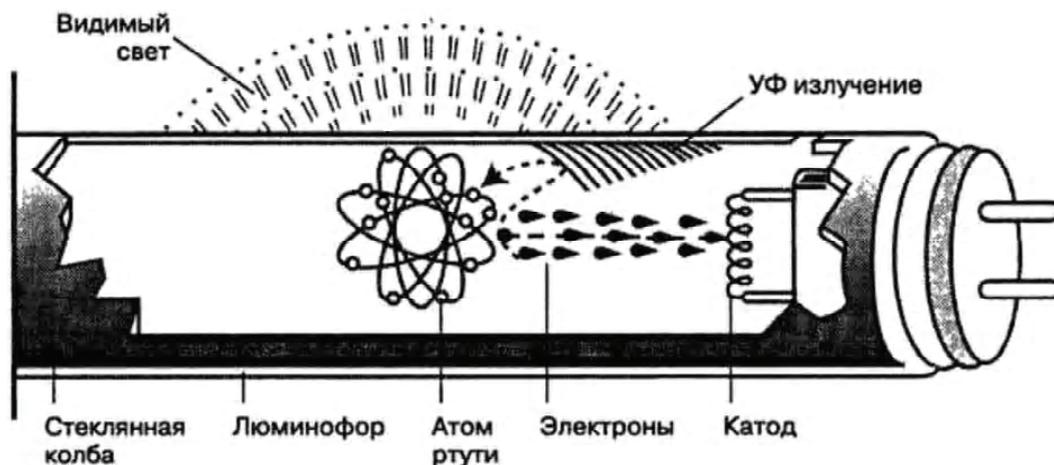


Рисунок – Устройство люминесцентной лампы.

оно преобразовывается в видимый свет. Несмотря на то, что в лампе находится довольно небольшое количество паров ртути, при разгерметизации оболочки возможно превышение предельно допустимой концентрации в замкнутом помещении почти в 20 раз.

Всемирная организация здравоохранения относит ртуть к токсическим веществам, которые наиболее опасны для окружающей среды и здоровья человека.

Отравление ртутью возникает не только при прямом контакте с ее парами, но и при употреблении в пищу молока и мяса коров, выпас которых осуществляется вблизи полигонов и свалок, куда хаотично сбрасываются ртутьсодержащие лампы, а также во многих других случаях, например через почву, воду и т. д.

Как известно, всего 1 г ртути, попавший в окружающую среду, загрязняет 200 000 м³ воды и 3 млн м³ воздуха. Ко всему ртути накапливается в корнях растений и деревьев, грибах, водорослях и рыбе. Поэтому отработанные ртутьсодержащие лампы обязательно должны подлежать утилизации. Первоочередной задачей при переработке отработанных ртутных ламп является извлечение из них ртути с последующим удалением – демеркуризацией.

На территориях предприятий и учреждений Донецкой Народной Республики, которые особо нуждаются в утилизации люминесцентных ламп, хранится огромное количество данного вида отходов.

Однако даже осознавая важность корректной утилизации люминесцентных ламп, жители Донецкой Народной Республики испытывают сложности, поскольку на сегодняшний день отсутствует система пунктов сбора таких ламп, а также наличие организаций, которые осуществляют деятельность, связанную с обезвреживанием ртутьсодержащих отходов.

Куда более продвинулись в этих вопросах западные страны, Евросоюз в целях защиты населения и окружающей среды выпустил ряд директив. Самыми главными из них являются:

Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) – Директива 2002/96/ЕС Европейского Парламента и Совета от 27 января 2003 г. об утилизации электроприборов и электронного оборудования. Данная Директива регулирует сбор, обработку, повторное использование, обезвреживание и утилизацию отходов.

Во исполнение Директивы в 2002 году была создана организация European Recycling Platform (ERP).

The Restriction Of The Use Of Certain Hazardous Substances (RoHS) – Директива 2002/95/ЕС Европейского Парламента и Совета от 27 января 2003 г. по ограничению использования определенных опасных материалов в электроприборах и электронном оборудовании. Директива вступила в силу на территории Евросоюза с 1 января 2006 года. Она устанавливает точные пределы допустимых концентраций опасных веществ, в том числе ртути, в отличие от других нормативных документов, которые только рекомендуют придерживаться некоторых безопасных значений.

Проанализировав существующие методы демеркуризации можно выделить два основных – термический и химический. Все остальные методы являются вариантами их исполнения.

Термический метод – основан на испарении ртути и ее конденсации в результате прогрева или прокаливания ртутьсодержащих отходов в специальных установках [1].

Одной из таких установок является шнековая трубчатая печь, в которой термообработка осуществляется при температуре 350...390 °С. Процесс демеркуризации заключается в возгонке ртути из предварительно раздробленных ламп, последующей конденсации паров ртути и удалении продуктов переработки. Продуктами переработки являются два продукта: ступша и сорбент. Ступша состоит из смеси металлической ртути с порошкообразным стеклом и люминофором. Сорбент – химический поглотитель ртути. Метод положен в основу установок типа УДЛ и типа УДМ, УДМП. Является одним из наиболее эффективных, однако требует высоких капитальных затрат. Потому с помощью такого метода наиболее выгодно перерабатывать материалы с высоким содержанием ртути.

Термовакuumно-криогенная демеркуризация, еще один из разновидностей термического метода, также заключается в нагревании измельченных люминесцентных ламп, однако в условиях глубокого вакуума и дальнейшем вымораживании испарившейся ртути в криогенной ловушке, охлаждаемой жидким азотом. Применение глубокого вакуума дает ряд преимуществ. Во-первых, позволяет понизить рабочую температуру процесса, во-вторых – увеличить интенсивность испарения ртути. Однако у данного метода существуют и недостатки, такая технология не пригодна для загрязненных и влажных отходов, а также отходов с содержанием органических компонентов.

Метод положен в основу в малогабаритной установке типа УРЛ-2М, технические характеристики которой указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики установки УРЛ-2М

Наименование показателя	Размерность	Значение
Производительность	лампы/час	до 200
Энергопотребление	кВт	не более 15
Температура демеркуризации	°С	до 450
Остаточное содержание ртути: в отходящих газах	мг/м. куб	не более 0,0003
в стеклобое	мг/кг	не более 2,1
Габаритные размеры (высота/ширина/длина)	мм	1 900×1 280×2 100
Вес	кг	720
Размеры обрабатываемых ламп	мм	до 1 600

Обрабатываемые люминесцентные лампы разрушают в демеркуризационной камере установки, после этого камеру вакуумируют и отходы нагревают до температуры 380...450 °С. Далее пары ртути откачиваются вакуумной системой установки. Систему вакуумной откачки камеры образуют буcтерный (усиливающий) паромасляный насос и механический форвакуумный (для предварительной откачки) насос. Вакуумирование камеры осуществляют через низкотемпературную ловушку, которую охлаждают до температуры – 60 °С жидким азотом или, при необходимости, твердой углекислотой [2]. В ней и происходит конденсация атомов ртути, которая стекает после размораживания ловушки в сборник в виде жидкого металла.

Метод так называемой «сухой» химической демеркуризации – заключается в тонком измельчении и перетирании осколков люминесцентных ламп в герметичной дробилке стальными валками при повышенной температуре в присутствии избытка тонкодисперсной серы. Вследствие этого процесса на выходе получается тонкоизмельченная смесь стеклобоя, люминофора с присутствием в ней серы и сульфида ртути. Получаемый отход свободной ртути не содержит, относится к 4 классу опасности и может быть захоронен на полигоне ТБО.

Метод вибропневматического разделения – заключается в вибропневматическом разделении ртутных ламп на главные составляющие: стекло, металлические цоколи и ртутьсодержащий люминофор [4]. Стеклобой, металлические цоколи (алюминиевые и стальные), а также ртутьсодержащий люминофор, очищенные от ртути, могут использоваться как вторичное сырье. Данный метод нельзя считать самостоятельным, так как при его использовании образуется ртутьсодержащий отход (люминофор), который требует в свою очередь термической обработки для выделения из него ртути. Однако используется он достаточно широко, в частности, работая в паре с термической установкой, вибросепаратор позволяет резко улучшить общую технологичность и экологичность процесса за счет использования термической установки в оптимальном режиме [3].

К установкам, основанным на таком методе, относится Экотром-2, разработанный в ООО НПП «Экотром». Перерабатываемая лампа разделяется в пневмовибрационном сепараторе на металлические цоколи, стеклянную смесь до крупности стекла – 8 мм и на ртутьсодержащий люминофор,

концентрирующий большинство ртути, которая находится в лампе. Воздушный поток очищается от люминофора в циклоне, рукавном фильтре и адсорбере. С помощью такой технологии получается извлекать и фиксировать в люминификаторе не менее 95...97 % ртути. Стеклобой и цоколи, уже очищенные от ртути, можно использовать как вторичное сырье. По сравнению с пневмовакуумными, термическими и термохимическими установками является экономичной по потреблению электроэнергии, а производительность ее составляет до 1 200 ламп/час [4]. Тем не менее данная установка имеет существенный недостаток, она не обеспечивает полного цикла обезвреживания и требует дополнительных операций по демеркуризации люминофора с целью выделения ртути. Однако примерно по такой технологии работает подавляющее большинство установок в США, Германии и Великобритании, которые в обязательном порядке дополнены узлом дистилляции. Технические характеристики установки представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики установки Экотром -2

Наименование показателя	Размерность	Значение
Производительность	ламп/час	до 1 200
Стеклобой	кг	250–280
Цоколи	кг	5
Люминофор	кг	15–18
Энергопотребление	кВт/ч	11
Расход активированного угля в адсорберах	т/год	0,5
Расход воздуха для продувки рукавных фильтров	м ³ /час	0,3
Остаточное содержание ртути в отходящих газах	мг/м ³	0,0001
Необходимая производственная площадь	м ²	20

Метод «мокрой» химической демеркуризации, который еще называют гидрометаллургическим, заключается в обработке раздробленных ламп химическими демеркуризаторами для перевода ртути в труднорастворимые соединения, как правило, сульфид ртути. В качестве демеркуризатора чаще всего используются растворы полисульфида натрия или кальция [5].

Вариантом метода является проведение процесса в специально доработанной бетономешалке, при этом помимо растворов демеркуризаторов в реакционную массу добавляется также цемент. Основным отходом такого процесса являются затвердевшие массы, содержащие связанную ртуть в виде сульфида [6]. Одним из самых главных его недостатков является образование сточных вод. Применение данного метода возможно только в крайних случаях при проведении демеркуризационных работ в загрязненных ртутью помещениях и проведении других аварийных работ, в том числе работ в зонах экологического бедствия. Единственное исключение делается для ртутьсодержащих отходов с чрезвычайно низким содержанием ртути (менее 0,00021 %), которые разрешено захоронить на полигоне в обезвреженном или необезвреженном состоянии [7].

В Луганской Народной Республике эксплуатируется установка «Экотром-2У». Мощность установки «Экотром-2У» составляет 200 тыс. шт./год, что покрывает потребности в утилизации данного вида отходов всей Луганской Народной Республики. Стоимость вывоза и утилизации одной ртутьсодержащей лампы составляет 37 руб.

Установка «Экотром-2У» является мобильной установкой и может применяться как в помещениях, так и в мобильных зданиях контейнерного типа, модулях, боксах, как имеющих собственную ходовую часть, так и не имеющих собственной ходовой части при температуре от +12 до +28 °С и относительной влажности не более 80 %. Технические характеристики установки представлены в таблице 3 [8].

При нынешней ситуации, в которой оказались братские Республики, в качестве рекомендаций следует позаимствовать опыт эксплуатации описанной выше установки.

ВЫВОД

Для решения вопроса по изложенной проблеме крайне необходимо наличие специализированных организаций и производств по демеркуризации и утилизации люминесцентных ламп. Проведенный анализ существующих методов и способов свидетельствует о внушительном количестве возможных вариантов, доступных к использованию. Создание таких организаций должно инициироваться исключительно на уровне законодательной базы Донецкой Народной Республики, что позволит

Таблица 3 – Технические характеристики установки Экотром-2У

Наименование показателя	Размерность	Значение
Производительность		
прямые люминесцентные лампы	шт./час	900
прямые ртутьсодержащие лампы без разрушения трубок		200
U-образные, фигурные лампы		300
компактные люминесцентные лампы		300
Электроэнергия		
при работе узла измельчения и обезвреживания прямых ЛЛ;	кВт/час	2,5
при работе узла измельчения и обезвреживания КЛЛ и прямых ЛЛ		1,35
при работе узла обезвреживания трубок ЛЛ		0,1
Расход препарата демеркуризационного Э-2000Т, ТУ 2621-003- 29496068-2013	литр/час	1,0–2,0
Расход сорбента (активированный уголь) АГ-3, АГ-5, Silcarbon SQ21 и аналогичных препаратов	кг/год	6
Расход воды питьевой	л/час	1,0–2,0
Необходимая производственная площадь	м ²	4,5
Вес	кг	100–200

защитить население от пагубного воздействия отходов от люминесцентных ламп и не допустить возникновения экологических и техногенных катастроф.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бессонов, В. В. Утилизация ртутьсодержащих искусственных источников света на станциях демеркуризации [Текст] / В. В. Бессонов. – М. : ИМГРЭ, 2000. – 142 с.
2. Min, Jang Characterization and recovery of mercury from spent fluorescent lamps [Текст] / Min Jang, Seung Mo, Hong Jae, K. Park // Waste Management, 2005. – Volume 25, Issue 1. – P. 5–14.
3. Ефремов, М. С. Современные методы утилизации энергосберегающих ртутьсодержащих люминесцентных ламп [Электронный ресурс] / М. С. Ефремов // Материалы VII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум – 2015». Промышленная экология и безопасность. – 2015. – Режим доступа : <https://scienceforum.ru/2015/article/2015016441>.
4. Recycling oriented comparison of mercury distribution in new and spent fluorescent lamps and their potential risk [Текст] / J. Hobohm, O. Krüger, S. Basu, K. Kuchta and etc. // Chemosphere. – 2017. – Volume 169. – PP. 618–626.
5. Тимошин, В. Н. Вибропневматическая установка «Экотром-2» – эффективное решение проблем утилизации ртутных ламп [Текст] / В. Н. Тимошин, Г. В. Макаренченко, Е. П. Янин // ВэйтТэк-2005. Сборник докладов. – М. : ЗАО «Фирма СИБИКО интернэшнл», 2005. – 173 с.
6. Glenz, T. G. Preventing mercury vapor release from broken fluorescent lamps during shipping [Text] / T. G. Glenz, L. M. Brosseau, R. W. Hoffbeck // J. Air and Waste Management Association. – 2009. – 59(3). – PP. 266–272.
7. ИТС 15-2016 Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Утилизация и обезвреживание отходов (кроме обезвреживания термическим способом (сжигание отходов) [Текст] / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Москва : Бюро «НДТ», 2016. – 208 с.
8. ТУ 3618-001-81835672-2015 Установка разделения компонентов, обезвреживания и утилизации ртутьсодержащих ламп и отходов [Текст]. – Введ. 2015-02-12 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии ФБУ «Краснодарский ЦСМ». – 2015. – 19 с.

Получено 10.10.2018

Л. М. АБАКУМЕНКО ^a, ^b, В. М. РАДИОНЕНКО ^b
 ПРО ПЕРСПЕКТИВИ ДЕМЕРКУРИЗАЦІЇ ТА УТИЛІЗАЦІЇ
 ЛЮМІНЕСЦЕНТНИХ ЛАМП НА ТЕРИТОРІЇ ДОНЕЦЬКОЇ НАРОДНОЇ
 РЕСПУБЛІКИ

^a «Макиївський науково-дослідний інститут з безпеки робіт у гірничій промисловості»,

^b ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Аноація. У статті викладено матеріал про стан питання, яке пов'язане з демеркуризацією та утилізацією люмінесцентних ламп на території Донецької Народної Республіки. Проаналізовано способи і методи в галузі утилізації ртутьвмісних відходів. Розглянуто основні види спеціалізованого обладнання, що застосовується у відповідній галузі. Описані принципи дії і наведені дані технічних характеристик деяких демеркуризувальних установок, в основу яких покладені дані методи. Зіставлені

технічні характеристики, виявлені основні переваги і недоліки. Наведено дані про досвід експлуатації певних установок в різних країнах. На підставі чого запропоновано деякі рекомендації. Обґрунтовано необхідність створення спеціалізованих організацій на території Донецької Народної Республіки, які мали б право здійснювати діяльність у сфері демеркуризації та утилізації люмінесцентних ламп. Для реалізації запропонованих способів щодо недопущення утворення екологічних і техногенних катастроф виникає гостра необхідність прийняття відповідних рішень на законодавчому рівні.

Ключові слова: відходи, утилізація, демеркуризація, люмінесцентні лампи, ртуть, екологічна небезпека.

LIUBOV ABAKUMENKO ^{a, b}, VITALY RADIONENKO ^b
ABOUT PROSPECTS OF DEMERCURIZATION AND UTILIZATION OF
FLUORESCENT LAMPS IN THE TERRITORY OF DONETSK PEOPLE'S
REPUBLIC

^a Makeevka Research Institute for the Safety of Works in the Mining Industry, ^b Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The article presents the material on the state of the issue, which is associated with the demercurization and disposal of fluorescent lamps in the territory of the Donetsk people's Republic. The methods and methods in the field of mercury-containing waste disposal are analyzed. The main types of specialized equipment used in the relevant industry are considered. The principles of operation are described and the data of technical characteristics of some demercurizing installations, which are based on these methods, are given. Technical characteristics are compared, the main advantages and disadvantages are revealed. The data on the experience of operation certain installations in different countries. On the basis of what some recommendations are proposed. The necessity of creation of the specialized organizations in the territory of Donetsk people's Republic which would have the right to carry out activity in the sphere of demercurization and utilization of fluorescent lamps is proved. For the implementation of the proposed methods to prevent the formation of environmental and man-made disasters there is an urgent need to take appropriate decisions at the legislative level.

Key words: waste, recycling, decontamination, fluorescent lamps, mercury, an environmental hazard.

Абакуменко Любов Николаевна – инженер по охране окружающей среды Makeevskogo научно-исследовательского института по безопасности работ в горной промышленности; магистрант кафедры техносферной безопасности ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: переработка и утилизация промышленных отходов.

Радионенко Виталий Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры техносферной безопасности ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: переработка и повторное использование горюче-смазочных материалов.

Абакуменко Любов Миколаївна – інженер з охорони навколишнього середовища Макіївського науково-дослідного інституту з безпеки робіт у гірничій промисловості; магістрант кафедри техносферної безпеки ДДУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: переробка і утилізація промислових відходів.

Радионенко Віталій Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри техносферної безпеки ДДУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: переробка і повторне використання паливно-мастильних матеріалів.

Abakumenko Liubov – environmental engineer at Makeevka Research Institute for the Safety of Works in the Mining Industry; master's student, Technosphere Safety Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: processing and utilization of industrial.

Radionenko Vitaly – Ph. D. (Eng), Associate Professor, Technosphere Safety Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: processing and re-use of fuels and lubricants.