

О НЕОБХОДИМОСТИ СБОРА ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП

Е. П. Янин, к. г.-м. н., председатель научно-технического совета Некоммерческого партнерства «Ассоциация предприятий по обращению с ртутьсодержащими и другими опасными отходами» (НП «АРСО»)



Федеральный закон РФ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» определяет поэтапный отказ от использования в России ламп накаливания. Это уже привело к широкому использованию в бытовом секторе ртутных прежде всего люминесцентных ламп и после потери ими

потребительских свойств – к увеличению их количества в общем потоке твердых коммунальных отходов. Это обуславливает необходимость повсеместного практического внедрения принципа отдельного сбора и последующего обезвреживания вышедших из строя люминесцентных ламп (как ртутьсодержащих отходов 1-го класса опасности) на специализированных предприятиях.

Отсутствие во многих регионах и городах нашей страны отдельного сбора и последующего обезвреживания ртутьсодержащих отходов, образующихся в бытовом секторе, не только существенно затрудняет безопасную утилизацию основной массы ТКО, но и имеет далеко идущие негативные санитарно-гигиенические, экологические и экономические последствия, а также противоречит российскому законодательству

и международным обязательствам Российской Федерации.

Люминесцентная лампа (ЛЛ) является разновидностью ртутных ламп и представляет собой газоразрядный источник света низкого давления, в котором ультрафиолетовое излучение электрического разряда в парах ртути превращается при помощи слоя люминофора, нанесенного на внутреннюю поверхность стеклянной колбы (трубки) лампы, в видимое оптическое излучение различной цветности. Массовое применение ртутных, особенно люминесцентных ламп обусловлено высокими показателями энергосбережения, универсальностью, высокой световой отдачей, длительным сроком службы (по сравнению с обычными лампами накаливания) и возможностью получения разнообразных спектров излучения, широкого диапазона мощностей и яркости. Ртутные лампы обеспечивают в развитых странах от 50 до 80 % (в России до 65–70 %) световой энергии, генерируемой искусственными

источниками света. Особую группу составляют ртутные лампы задней подсветки (backlighting), которые являются неотъемлемой частью мультимедиамониторов, мониторов с ЖК-дисплеем, телевизоров с ЖК-экраном, цифровых фоторамок, ноутбуков, факсов, сканеров, копиров и т. п., а также ртутьсодержащие неоновые трубки для световой рекламы.

Мировой электроламповой промышленностью в наибольшем объеме выпускаются различные виды трубчатых линейных и компактных люминесцентных ламп (ЛЛЛ и КЛЛ). Именно эти лампы находят все большее применение в жилом секторе нашей страны. Типичное содержание ртути в различных типах ламп приведено в табл. 1.

Следует отметить, что широко используемое, особенно в СМИ, словосочетание «энергосберегающая лампа» – это маркетинговый (проще говоря, торговый) термин, под которым чаще всего подразумеваются так называемые компактные люминесцент-

Таблица 1

Содержание ртути в ртутных лампах [1]

Лампы	Количество ртути в одной лампе, мг
Люминесцентные (трубчатые)	<10–50
Люминесцентные компактные	<3–5
Высокого давления (типа ДРЛ*)	15–350
Высокого давления (типа ДРТ**)	30–600
Металлогалогенные	2,5–60
Натриевые высокого давления	11–50
Неоновые трубки для световой рекламы	От <10 до 500

*Дуговые ртутные люминесцентные лампы

**Дуговые ртутные трубчатые лампы

Таблица 2

Основные характеристики различных источников света

Лампы	Средний срок службы, тыс. ч	Светоотдача, лм/Вт	Удельная световая энергия, вырабатываемая за срок службы, относительные единицы
Накаливания	1	8–17	1
Люминесцентные	10–20	48–104	88
Компактные люминесцентные	5–15	65–87	60
Дуговые ртутные	12–24	19–63	57
Натриевые высокого давления	11–28	66–150	157
Металлогалогенные	3,5–20	68–105	78

Таблица 3

Оценка эффективности различных источников света, %

Лампа	Потребление электроэнергии	Экономия электроэнергии
Накаливания	100	–
Типа ДРЛ	55	45
Люминесцентная	46	54
Металлогалогенная	35	65
Натриевая высокого давления	29	71

ные лампы (КЛЛ, или, в английском варианте, CFL, то есть Compact Fluorescent Lamps), что с электротехнической, экономической и экологической точек зрения не совсем правильно. Дело в том, что энергосберегающие лампы – это прежде всего оптические источники света (электрические лампы), обладающие существенно большей светоотдачей (соотношением между световым потоком и потребляемой мощностью) в сравнении с наиболее распространенными лампами накаливания (или, как их иногда называют, «вольфрамовыми лампами»). С этой точки зрения к энергосберегающим лампам относятся практически все виды ртутных (газоразрядных) ламп (включая КЛЛ), галогенные, светодиодные и индукционные лампы, светоотдача которых существенно выше, нежели обычных ламп накаливания. В табл. 2 и 3 приведены усредненные характеристики различных источников света. Как видим, по удельной световой энергии, вырабатываемой за время эксплуатации, первое место (по сравнению с обычными лампами накаливания) занимают натриевые лампы высокого давления, далее следуют ЛЛ, металлогалогенные лампы, КЛЛ и дуговые ртутные лампы.

Входящая в состав ЛЛ ртуть отличается широким спектром проявлений токсического действия на живые организмы и экосистемы в целом [2]. Наряду с общетоксическим действием (отравлениями) ртуть и ее соединения вызывают гонадотоксический (воздействие на половые железы), эмбриотоксический (воздействие на зародыши), тератогенный (пороки развития и уродства) и мутагенный (возникновение наследственных изменений) эффекты. Именно поэтому Федеральный классификационный каталог отходов определяет ртутьсодержащие отходы (PCO), к которым относятся и вышедшие из строя (использованные, перегоревшие) ртутные лампы, как чрезвычайно опасные отходы (I класса опасности). PCO, как подчеркивается в нормативных документах, обладают очень высокой степенью воздействия на окружающую среду, в результате которого экосистемы необратимо нарушаются, причем период их естественного восста-

новления отсутствует. Это, в сущности, и определяет необходимость селективного сбора использованных ртутных ламп и их последующего обезвреживания на специальных предприятиях.

В новых (неиспользованных) ЛЛ ртуть присутствует в основном в элементарной форме (в виде металла или амальгамы) [3, 4]. В использованных (перегоревших) лампах она преимущественно находится в адсорбированных на люминофоре химических соединениях и в существенно меньшей степени связывается со стеклом колбы и другими компонентами лампы [4–6]. Установлено, что не менее 94–97 % ртути в ЛЛ, бывшей в эксплуатации, связано с люминофором и лишь 3–6 % – со стеклом и прочими деталями. Такое распределение ртути объясняется электрохимическими эффектами и наличием плазмы «ртуть/разряженный газ» в колбе работающей лампы; люминофор является своеобразным барьером («депо») для ртути и постоянно фиксирует ее в разнообразных соединениях, существенная часть которых в конечном счете достаточно прочно связывается его веществом и может эмитировать из него лишь при высоких температурах. Это, между прочим, положено в основу современных технологий утилизации ЛЛ, которые базируются на холодных и сухих процессах дробления и сепарации изделий в систе-

ме с пониженным давлением, разделяющих лампы на три компонента:

- цоколи,
- стеклянная смесь (стеклобой),
- ртутьсодержащий люминофор (с последующим его обезвреживанием).

Такие способы получают все большее развитие во многих странах мира, включая Россию [1, 7].

Важно отметить, что определенное (обычно незначительное) количество ртути в использованных лампах связывается люминофором в относительно подвижных соединениях, способных (при нарушении целостности стеклянной колбы лампы) даже при комнатной температуре выделять в окружающий воздух пары металла [4, 6]. В последние годы были прове-



дены экспериментальные исследования, в которых оценивалась интенсивность эмиссии ртути из разбитых ЛЛ в среду обитания. Результаты этих исследований особенно интересны для рядовых пользователей ламп (в быту, в офисах и т. д.). Так, авторы [8] разбивали использованную КЛЛ и новую КЛЛ в тефлоновом контейнере объемом 2 л и измеряли концентрацию улетающих паров ртути. В эксперименте использовались две КЛЛ – мощностью 13 Вт (содержащую 4,5 мг ртути) и мощностью 9 Вт (5 мг ртути). Было установлено, что в течение первого часа эксперимента из ламп выделялось от 12 до 43 мкг ртути (то есть не более 1 % от общего ее количества в лампе). Особенно интенсивная эмиссия ртути происходила в первые 4 ч после разбивания ламп. В течение 24 ч из КЛЛ мощностью 13 Вт эмитировалось 504 мкг ртути (примерно 10,1 % от общего количества), из КЛЛ мощностью 9 Вт – 113 мкг (2,5 %). Разбитые лампы продолжали выделять ртуть по крайней мере в течение четырех дней, причем из КЛЛ мощностью 13 Вт было эмитировано 1,34 мг ртути (почти 30 % от ее общего количества в лампе). Результаты эксперимента указывают на то, что из-за эмиссии из разбитой КЛЛ только 1 мг ртути в виде паров (это составляет примерно 20 % от общего количества металла в лампе) в комнату объемом 500 м³ (10 × 10 × 5 м) концентрация ртути в воздухе этого помещения составит 2 мкг/м³. Это в десять раз больше рекомендованного Агентством по регистрации токсичных веществ и болезней США безопасного предела для детей. Напомним, что в России ПДК паров ртути в воздухе населенных мест составляет 0,3 мкг/м³, т. е. при указанных условиях уровень содержания ее паров в воздухе помещения (равный 2 мкг/м³) примерно в 6,6 раз превышает ПДК. В работе [9] приводятся результаты исследования эмиссии ртути из КЛЛ, разбитой в комнате размером 3 × 3 × 2,5 м. Было установлено, что 10 % ртути из разбитой лампы выделялось в воздух в виде парогазовой фракции, а остальное количество металла, присутствующего в лампе, с течением времени испарялось уже как жидкая ртуть. Максимальные концен-

трации ртути в воздухе экспериментального помещения, достигающие очень высоких значений (до 5–20 мкг/м³, что существенно выше гигиенических нормативов), наблюдались в первые 1–4 мин после разбивания лампы. Известно, что ингаляция (вдыхание) паров ртути – важнейший путь ее поступления в живой организм, причем 80–97 % поступившей таким образом ртути абсорбируется им.

Рассмотренные примеры однозначно указывают на необходимость отдельного сбора и последующего обезвреживания всех видов ЛЛ (независимо от содержания в них ртути) на специализированных предприятиях. В противном случае использованные ЛЛ, поступая в мусоропроводы, мусорные баки и т. п., будут являться существенными источниками загрязнения жилой, производственной и окружающей среды ртутью (см. рисунок).

Именно на принципе отдельного сбора и последующего обезвреживания РСО создаются соответствующие системы обращения с отходами во многих странах мира. В частности, Директива ЕС (Directive 2002/96/EC of the European Parliament and of the Council of 27 January 2003 on waste electrical and electronic equipment) обязывает производителей, продавцов и импортеров электротехнического и электронного оборудования, в том числе ртутных ламп, отдельно собирать, повторно использовать, перерабатывать или утилизировать соответствующие отходы. Именно

принцип отдельного сбора и последующего обезвреживания РСО устанавливается Базельской конвенцией и принятыми ей в 2011 г. «Техническими руководящими принципами экологически обоснованного регулирования отходов, состоящих из элементарной ртути, и отходов, содержащих ртуть или загрязненных ею». Именно такой принцип закрепляется Минаматской конвенцией о ртути (имеющей обязательную юридическую силу глобальным документом по ртути), которую подписали более 130 стран мира, включая Россию.

Во многих регионах нашей страны разрабатываются стратегии, программы и проекты, направленные на сокращение объемов направляемых на захоронение ТКО прежде всего за счет их утилизации, включая рециклинг, регенерацию и рекуперацию. Это, в свою очередь, также определяет необходимость отдельного сбора вышедших из строя люминесцентных ламп (как и других РСО), их изъятия из общего потока бытовых отходов и последующего селективного обезвреживания на специальных предприятиях, что позволит исключить попадание токсичной ртути в производимые из отходов товары и материалы, резко снизит вероятность ее повторного рассеивания в окружающей среде и включения в биогеохимические циклы и пищевые цепи. м³

Анализ ситуации свидетельствует о том, что в нашей стране имеются нормативно-правовые и нормативно-

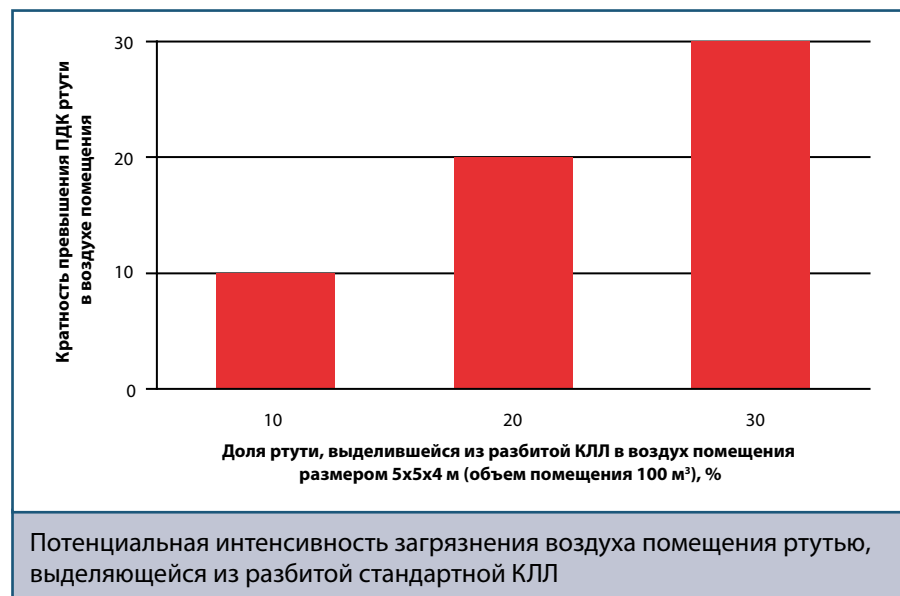


Таблица 4

Ориентировочная оценка ежегодного использования ртутных ламп в современной России, млн. шт.

Лампы	Реализовано	Вышло из строя	Собрано и обезврежено	Доля обезвреженных, %
Люминесцентные	114	90	50	55
Люминесцентные компактные	100	30	6	20
Люминесцентные прочие	8	5	1	20
Газоразрядные ртутные	9	7	4	57
Натриевые*	2	1,5	0,5**	33**
Металлогалогенные*	1,2	1	0,2**	20**

*Включая безртутные разновидности
**Предположительная цифра

технические документы, а также организационные предпосылки, вполне достаточные для осуществления селективного изъятия потерявших свои потребительские свойства люминесцентных и других видов ртутных ламп из общего потока ТКО, образующихся в многоквартирных домах и частном секторе, и их последующего обезвреживания на специализированных предприятиях [10]. Так, для организации и проведения сбора, вывоза и обезвреживания отработанных люминесцентных ламп Постановлением Правительства РФ № 860 от 01.10.2013 внесены изменения в «Правила обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств, электрических ламп, ненадлежащий сбор, накопление, использование, обезвреживание, транспортирование и размещение которых может повлечь причинение вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям и окружающей среде», определяющие требования, порядок сбора, накопления и транспортирования отработанных ртутных ламп. Согласно указанному постановлению, обязанность реализации соответствующих требований и оказания услуг по сбору и утилизации РСО потребления возложена на:

- органы местного самоуправления в части сбора и утилизации РСО, образующихся в частном жилом секторе;
- лиц, осуществляющих управление многоквартирными домами, в части сбора и утилизации РСО, образующихся в многоквартирных домах.

Действующими российскими (федеральными и региональными) законодательными и нормативными документами установлены требования к организации раздельного сбора, накопления, транспортирования, обезвреживания и размещения РСО независимо от их происхождения. В частности, при обращении с РСО необходимо и обязательно:

- использование специальной тары для сбора и транспортировки РСО;
- применение транспортных средств, обеспечивающих безопасную доставку РСО к местам их переработки и обезвреживания;
- использование специального технологического оборудования для переработки и обезвреживания РСО;

- проведение мониторинга окружающей среды с использованием ртутных анализаторов и специальных методик при выполнении работ, связанных со сбором, накоплением, обезвреживанием и размещением РСО;

- привлечение к работам лиц, которые имеют соответствующие сертификаты, дающие право на работу с РСО.

Важно отметить, что наряду с нормативно-правовой базой в нашей стране существуют организационные и технические условия и необходимая инфраструктура для создания эффективных селективных систем сбора и обезвреживания РСО. В частности, в России функционирует достаточное количество (формально – около 100) предприятий по раздельному сбору РСО (прежде всего, ртутных ламп). Более 40 таких предприятий, расположенных во всех федеральных округах Российской Федерации, создали собственное профессиональное объединение: Некоммерческое партнерство «Ассоциация предприятий по обращению с ртутьсодержащими и другими опасными отходами» (НП «АРСО»). Эти предприятия имеют многолетний опыт работы в сфере обращения со всеми видами РСО, в разработке и изготовлении демеркуризационных установок, контейнеров для отходов, демеркуризационных препаратов (в том числе для использования в бытовых условиях), в выполнении демеркуризационных мероприятий, в экологической оценке загрязнения окружающей среды ртутью, разработке методических документов по ртутной безопасности.

Показательно, что практически все российские демеркуризационные

предприятия оснащены отечественным оборудованием (установками по переработке ртутных ламп и других РСО), которое по своим техническим, технологическим и экологическим характеристикам не уступает лучшим зарубежным образцам и даже поставляется за рубеж. Это прежде всего эффективная, энергоэкономичная и экологически безопасная технология вибропневматической переработки ЛЛ, реализованная в установке «Экотром-2» и ее различных модификациях [7, 11]. Хорошо известна также малогабаритная вакуумная термомеркуризационная установка «УРА-2 м» для переработки широкого спектра РСО, принцип действия которой основан на вакуумной дистилляции ртути с вымораживанием (конденсацией) ее паров на поверхности криогенной ловушки [12]. Практический интерес представляет совместное использование установок «УРА-2 м» и «Экотром-2». Для сбора, временного хранения и транспортирования различных видов РСО, включая отработанные ртутные лампы, отечественными предприятиями производится и широко используется на практике специальная тара (контейнеры, боксы). Для населения разработаны демеркуризационные комплекты, предназначенные для устранения ртутного загрязнения в виде капельной ртути, возникающего при разрушении термометра, и/или в виде люминофора с атомарной ртутью, образующегося при разрушении люминесцентной лампы в офисных, учебных, медицинских и жилых помещениях [13, 14].

По оценкам НП «АРСО», из всего количества ежегодно выводимых в России из строя ртутных ламп



(на производстве и в быту) обезвреживается порядка 50 % (табл. 4). Исключение составляют такие субъекты Российской Федерации, как Москва, Московская область, Санкт-Петербург, Ленинградская область, Краснодарский край, Республика Чувашия и некоторые другие, где достаточно успешно функционируют региональные системы сбора и утилизации отработанных ртутных ламп, а уровень сбора и переработки последних достигает 65–85 %. Например, в Москве ежегодно собирается и обезвреживается более 90 % вышедших из строя ртутных ламп разного типа (более 9 млн. шт., в том числе более 2 млн. шт. из бытового сектора).

Отметим, что, вопреки существующему мнению о невероятно высокой степени сбора и переработки вышедших из строя ртутных ламп в зарубежных странах, в реальности доля сбора и переработки их там не так уж велика и в среднем не отличается от российских показателей, а во многих странах – даже существенно ниже. К тому же надо понимать, что организовать систему сбора отработанных ламп в небольшой (по площади) европейской стране (например, в Дании или Люксембурге) намного проще, нежели в такой огромной стране, как Россия. Кстати, во многих странах разделения ламп по происхождению (от физических лиц или от юридических лиц) не производится, а системы сбора ламп от физических лиц во многом основаны на добровольной сдаче перегоревших ламп в специаль-

ные места приема. Из зарубежных источников информации можно узнать, что в таких странах, как, например, Франция, объем переработки ежегодно выходящих из строя ртутных ламп составляет примерно 36 %, в Польше – 30 %, в Венгрии и Чехии – 20 %, в Бразилии, Южной Корее, Японии и Индонезии – 10 %, в Канаде – 7 %. По данным Ассоциации светотехников и переработчиков ртути (Association of Lighting and Mercury Recyclers), в США ежегодно выходят из строя 700 млн. ртутных ламп, из которых всего лишь 24 % собираются и тем или иным способом перерабатываются, причем в жилом секторе этот показатель составляет всего лишь 2 %. Остальные лампы в лучшем случае попадают на свалки или сжигаются в составе общих бытовых отходов. Даже в Германии, где существует лучшая в Европе система сбора отработанных ламп, собирается и перерабатывается не более 40 % последних, причем промышленными предприятиями и госучреждениями сдается на утилизацию 90 % ламп, а домохозяйствами – всего лишь порядка 10 %.

Безусловно, отдельный сбор отработанных люминесцентных ламп в жилом секторе будет способствовать еще большему развитию систем их обезвреживания и утилизации, направленных на обеспечение санитарно-эпидемиологической и экологической безопасности нашей страны. ♻️

ЛИТЕРАТУРА

1. Янин Е. П. *Состояние и проблемы утилизации ртутных ламп в России // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов.* – 2010. – № 2. – С. 25–84.
2. *Критерии санитарно-гигиенического состояния окружающей среды. Вып. 1. Ртуть.* – Женева: ВОЗ, 1979. – 149 с.
3. *Справочная книга по светотехнике.* – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 528 с.
4. Raposo C., Windmüller C. C., Durão Junior W. A. *Mercury speciation in fluorescent lamps by thermal release analysis // Waste Manag.* – 2003. – Vol. 23. – P. 879–886.
5. Doughty D. A., Wilson R. H., Thaler E. G. *Mercury-glass interaction in*

fluorescent lamps // J. Electrochem. Soc. – 1995. – Vol. 142. – № 1. – P. 3542–5351.

6. Макаренко Г. В., Косорукова Н. В., Волох А. А. *Демеркуризация объектов городской среды // Эколого-геохимические проблемы ртути.* – М.: ИМГРЭ. – 2000. – С. 153–160.

7. Тимошин В. Н., Тиняков К. М., Макаренко Г. В., Кочуров А. В., Янин Е. П. *Пневмовибрационные способы утилизации энергосберегающих люминесцентных ламп // Экономика природопользования.* – 2011. – № 6. – С. 67–71.

8. Johnson N. C., Manchester S., Sarin L., Gao Y., Kulaots I., Hurt R. H. *Mercury vapor release from broken compact fluorescent lamps and in situ capture by new nanomaterial sorbents // Environ. Sci. Technology.* – 2008. – Vol. 42. – P. 5772–5778.

9. Hall F. D., Kominsky J. R. *Model to Predict Airborne Concentrations of Mercury from Broken Compact Fluorescent Lights // http://www.eqm.com/eq/publications/FHall_CFL_Hg_Extended_Abstract_AWMA_2010.pdf.*

10. Тимошин В. Н., Латышенко А. В., Тимошин И. В., Янин Е. П. *Методические рекомендации по организации сбора отработанных энергосберегающих люминесцентных ламп у населения.* – М.: НП «АРСО», 2014. – 39 с.

11. Тимошин В. Н., Кочуров А. В. *Утилизация энергосберегающих ртутьсодержащих ламп // Экология производства.* – 2010. – № 5. – С. 49–51.

12. Альперт В. А. *Двадцатилетний летний опыт производства и эксплуатации вакуумного термомеркуризаторного оборудования УРА-2 // Светотехника.* – 2010. – № 3. – С. 40–42.

13. Косорукова Н. В., Янин Е. П. *Проблемы и способы демеркуризации городских помещений // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды.* – 2006. – № 1. – С. 2–23.

14. Косорукова Н. В., Макаренко Г. В., Тимошин В. Н., Тиняков К. М., Янин Е. П. *Оценка эффективности практического применения различных демеркуриционных препаратов // Экономика природопользования.* – 2012. – № 4. – С. 44–51.