

Янин Е.П. О необходимости раздельного сбора и утилизации использованных люминесцентных ламп // Экологический вестник России, 2014, № 2, с. 20–23.

В настоящее время обсуждается проект Федерального Закона № 584399-5 «О внесении изменений в Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» и другие законодательные акты Российской Федерации в части экономического стимулирования деятельности в области обращения с отходами». Ассоциация предприятий по обращению с ртутьсодержащими отходами (НП «АРСО») считает, что в нем в обязательном порядке должен быть закреплен принцип раздельного сбора, накопления, транспортирования, обезвреживания и размещения ртутьсодержащих отходов потребления, к которым относятся вышедшие из строя люминесцентные лампы. Отсутствие в проекте Закона принципа раздельного сбора и обезвреживания ртутьсодержащих отходов на специальных предприятиях не только имеет далеко идущие негативные санитарно-гигиенические, экологические и экономические последствия, но и противоречит международным обязательствам России.

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. В настоящее время мировой электроламповой промышленностью в наибольшем объеме выпускаются различные виды линейных (ЛЛЛ) и компактных (КЛЛ) люминесцентных ламп. Массовое применение ЛЛЛ и КЛЛ обусловлено их универсальностью, высокой световой отдачей, большим 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. Федеральный закон РФ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» определяет, начиная с 1 января 2011 г., поэтапный отказ от использования в России ламп накаливания, что приведет (и уже привело) к широкому использованию ртутных ламп, особенно ЛЛЛ и КЛЛ, в том числе в жилом секторе.

Входящая в состав ЛЛ ртуть отличается широким спектром проявлений токсического действия на живые организмы и экосистемы в целом. 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. Федеральный классификационный каталог отходов (ФККО) определяет ртутьсодержащие отходы (PCO) производства и потребления как чрезвычайно опасные отходы (отходы I-го класса опасности). Более того, из множества видов отходов (порядка 700), включенных в ФККО, лишь несколько (не более 10-ти видов, среди которых преобладают PCO) отнесены к отходам I-го 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 восстановления отсутствует. Это, в сущности, и определяет необходимость селективного сбора и последующего обезвреживания PCO на специальных предприятиях.

Особо следует отметить, что PCO потребления образуются во многих сферах деятельности человека, практически на всех предприятиях, во многих организациях, на транспорте и социальных объектах, в бытовом секторе, в рекламном (ртутьсодержащие неоновые трубки для световой рекламы) и дорожном освещении. Особую группу составляют ртутные лампы задней подсветки (*backlighting*), которые являются неотъемлемой частью мультимедиа-мониторов, мониторов с ЖК-дисплеем, телевизоров с ЖК-экраном, цифровых фоторамок, ноутбуков, факсов, сканеров, копиров и т. п. Типичные содержания ртути в различных лампах приведены в табл. 1. Обычно меньшие уровни ртути характерны для ламп, производимых крупнейшими мировыми светотехническими компаниями.

а 1. Содержания ртути в ртутных лампах [10]

| 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 | от ≤ 10 до 500 |

В новых ЛЛ ртуть присутствует в основном в элементарной форме (в виде металла или амальгамы) [13, 17]. В использованных («перегоревших») лампах она преимущественно находится в адсорбированных на люминофоре различных формах (химических соединениях) и, в существенно меньшей степени, связывается со стеклом колбы и другими компонентами лампы [4, 14, 17]. 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 из 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 системе с пониженным давлением, разделяющих лампы на три компонента: 1) цоколи, 2) стеклянная смесь (стеклобой), 3) ртутьсодержащий люминофор (с последующим его обезвреживанием). Сейчас такие способы получают все большее развитие во многих странах мира, включая Россию [5, 10].

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. В последние годы были проведены экспериментальные исследования, в которых оценивалась интенсивность эмиссии (выделения) в среду обитания ртути из разбитых ЛЛ. Результаты этих исследований особенно интересны для рядовых пользователей ламп (в быту, в офисах и т. д.). Так, авторы [16] разбивали использованную КЛЛ и новую КЛЛ в тефлоновом контейнере (объемом 2 л) и измеряли концентрацию улетучивающихся 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 (т. е. не более 1% от общего ее количества в лампе). Особенно интенсивное улетучивание ртути происходило в первые 4 часа после разбивания ламп. В течение 24 часов из КЛЛ мощностью 13 Вт эмитировалось 504 мкг (примерно 10,1% от общего количества) ртути, из КЛЛ мощностью 9 Вт – 113 мкг (2,5%). Разбитые лампы продолжали выделять ртуть по крайней мере в течение 4 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 улетучивание 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 x 10 x 5 м) приведет к концентрации ртути в воздухе этого помещения в 2 мкг/м³, что в 10 раз больше рекомендованного Агентством по регистрации токсичных веществ и болезней США безопасного предела для детей. Напомним, что в России предельно допустимая концентрация (ПДК) паров ртути в воздухе населенных мест составляет 0,3 мкг/м³, т. е. при указанных выше условиях уровень содержания ее паров в воздухе помещения (равный 2 мкг/м³) примерно в 6,6 раз превышает ПДК. В работе [15] приводятся результаты исследования эмиссии ртути из КЛЛ, разбитой в комнате размером 3 x 3 x 2,5 м. Было установлено, что 10% ртути из разбитой лампы выде-

лялось в воздух в виде парогазовой фракции, а остальное количество металла, присутствующего в лампе, в течение времени испарялось уже как жидкая ртуть. Максимальные концентрации ртути в воздухе экспериментального помещения, достигающие очень высоких значений (до 5–20 мкг/м³, что существенно выше гигиенических нормативов), наблюдались в первые (1–4) минуты после разбивания лампы. Другие исследователи [12] измеряли темпы выделения ртути из отработанных стандартных ЛЛЛ, содержащих в среднем 4,55 мг ртути. Лампа разбивалась в пластиковом контейнере объемом 146 л. Показано, что от 17 до 40% присутствующей в лампе ртути улетучивалось в воздух (при температуре примерно от 4,5 до 29,5⁰С) в течение двухнедельного периода после разбивания (треть ртути реализовывалась в первые 8 часов эксперимента). Авторы установили, что типичная эмиссия ртути (в виде ее паров) из одной разбитой ЛЛЛ составляла от 3 до 8 мг в течение 2-х недель. Уровни ртути в воздухе вблизи недавно разбитых ламп превышали установленный предел профессионального воздействия. Известно, что ингаляция (вдыхание) паров ртути – важнейший путь ее поступления в живой организм, причем 80–97% поступившей таким образом ртути абсорбируется. 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 (рис. 1).

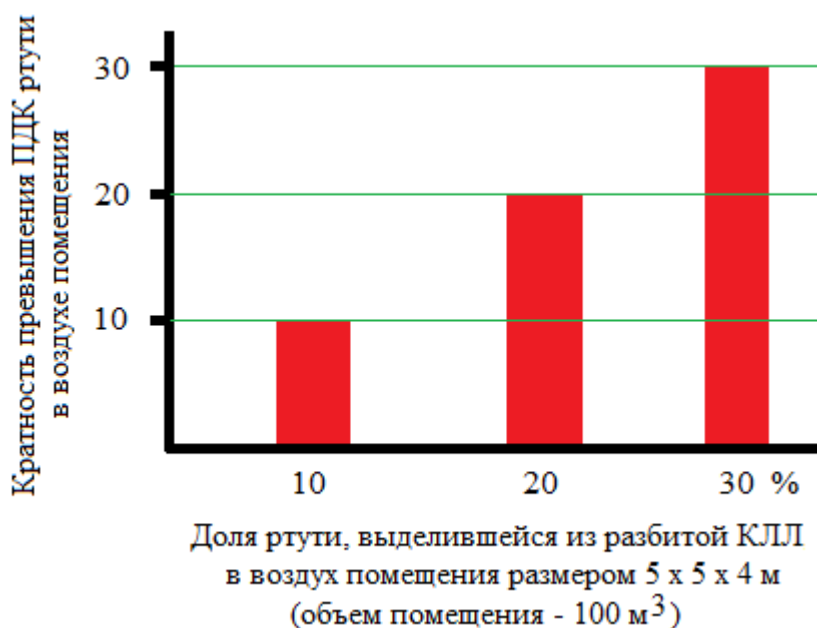


Рис. 1. Потенциальная интенсивность загрязнения воздуха помещения ртутью, выделяющейся из разбитой стандартной КЛЛ

Именно на принципе отдельного сбора и последующего обезвреживания РСО потребления на специальных предприятиях функционируют и создаются соответствующие системы обращения с отходами в передовых 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 потребления 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» [9]. Именно такой принцип за-

крепляется Конвенцией Минамата по ртути (имеющим обязательную юридическую силу глобальным документом по ртути), подписание которой намечено на октябрь 2013 г. [11]. Россия является участником Базельской конвенции и активно участвует в работе Межправительственного комитета по подготовке Конвенции Минамата. Известно также, что в настоящее время в нашей стране и ее регионах разрабатываются стратегии, программы и проекты, направленные на сокращение объемов направляемых на захоронение твердых бытовых отходов, прежде всего, за счет их утилизации, включая рециклинг, регенерацию и рекуперацию. Это также определяет необходимость раздельного сбора РСО потребления, 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, исключить ее повторное рассеивание в окружающей среде, попадание в биоциклы и пищевые цепи.

Важно отметить, что в нашей стране уже существуют нормативные, организационные, технические и экономические условия и необходимая инфраструктура для создания эффективных селективных систем сбора и обезвреживания РСО потребления. Во-первых, действующими российскими законодательными и нормативными документами установлены требования к организации раздельного сбора, накопления, транспортирования, обезвреживания и размещения РСО независимо от их происхождения. В частности, в соответствии с этими документами при обращении с РСО необходимо и обязательно: 1) использование специальной тары для сбора и транспортировки РСО; 2) применение транспортных средств, обеспечивающих безопасную доставку РСО к местам их переработки и обезвреживания; 3) использование специального технологического оборудования для переработки и обезвреживания РСО; 4) проведение мониторинга окружающей среды с использованием ртутных анализаторов и специальных методик при выполнении работ, связанных со сбором, накоплением, обезвреживанием и размещением РСО; 5) привлечение к работам лиц, которые имеют соответствующие сертификаты, дающие право на работу с РСО.

Во-вторых, в России функционирует достаточное количество (формально – около 100) предприятий по раздельному сбору и обезвреживанию РСО потребления. Более 30 таких предприятий создали собственное профессиональное объединение: Некоммерческое партнерство «Ассоциация предприятий по обращению с ртутьсодержащими 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), ртутных анализаторов, в выполнении демеркуризационных мероприятий, в экологической оценке загрязнения окружающей среды ртутью, разработке методических документов по ртутной безопасности. В ряде регионов и городов нашей страны достаточно эффективно функционируют системы раздельного сбора РСО потребления не только от организаций и предприятий (обязанных сдавать отходы на специализированные предприятия для обезвреживания), но и из жилого сектора [7, 8, 10]. Уже сейчас по уровню сбора и обезвреживания ртутных ламп Россия не только не уступает, но и превосходит многие развитые страны (такие, например, как США, Канада, Южная Корея, Япония и др.). В частности, в г. Москве ежегодно собирается и обезвреживается более 85% (около 8 млн. шт., в том числе более 1 млн. шт. из бытового сектора) вышедших из строя ртутных ламп разного типа, а также значительное количество ртутьсодержащих изделий, приборов, черновой ртути. Показательно, что практически все российские демеркуризационные предприятия оснащены отечественным оборудованием, которое по своим техническим, технологическим и экологическим характеристикам не уступает лучшим зарубежным образцам и экспортируется за рубеж. Это, прежде всего, эффективная, энергоэкономичная и экологически безопасная технология вибропневматической переработки ЛЛ, реализованная в установке «Экотром-2» [5, 6]. Хорошо известна также малогабаритная вакуумная термодемеркуризационная установка «УРЛ-2м» для переработки широкого спектра РСО, принцип действия которой основан на вакуумной дистилляции ртути с вымораживанием (конденсацией) ее паров на поверхности криогенной

ловушки [1]. Практический интерес представляет совместное использование установок «УРЛ-2м» и «Экотром-2». Для сбора, временного хранения и транспортирования различных видов РСО разработана, производится и используется специальная тара (контейнеры). Нельзя также не сказать об эффективных и экологически безопасных демеркуризационных препаратах и технологиях демеркуризации, которые находят практическое применение при ликвидации ртутного загрязнения в различных помещениях и на разных объектах [2, 3].

Законодательное закрепление принципа обязательности отдельного сбора, накопления, транспортирования, обезвреживания и размещения всех видов РСО, а также разработка и принятие (на федеральном уровне) единого нормативного документа, определяющего условия функционирования демеркуризационных предприятий, требования и принципы обращения с РСО, будут способствовать еще большему развитию систем их утилизации, направленных на обеспечение санитарно-эпидемиологической и экологической безопасности нашей страны. Разработка указанного документа должна осуществляться при непосредственном участии специалистов в сфере обращения с РСО, оценки и ликвидации ртутного загрязнения.

Литература

1. Альперт В.А. Двадцатилетний летний опыт производства и эксплуатации вакуумного термодемеркуризационного оборудования УРЛ-2 // Светотехника. 2010. № 3. С. 40–42.
2. Косорукова Н.В., Макаренченко Г.В., Тимошин В.Н., Тиняков К.М., Янин Е.П. Оценка эффективности практического применения различных демеркуризационных препаратов // Экономика природопользования. 2012. № 4 С. 44–51.
3. Косорукова Н.В., Янин Е.П. Проблемы и способы демеркуризации городских помещений // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. 2006. № 1. С. 2–23.
4. Макаренченко Г.В., Косорукова Н.В., Волох А.А. Демеркуризация объектов городской среды // Эколого-геохимические проблемы ртути. М.: ИМГРЭ, 2000. С. 153–160.
5. Тимошин В.Н., Тиняков К.М., Макаренченко Г.В., Кочуров А.В., Янин Е.П. Пневмовибрационные способы утилизации энергосберегающих люминесцентных ламп // Экономика природопользования. 2011. № 6. С. 67–71.
6. Тимошин В.Н., Макаренченко Г.В., Янин Е.П. Вибропневматическая установка «Экотром-2» – эффективное решение проблем утилизации ртутных ламп // 4-й Международный конгресс по управлению отходами. ВэйстТэк-2005. Сб. докл. М., 2005. С. 173.
7. Янин Е.П. Электротехническая промышленность и окружающая среда (эколого-геохимические аспекты). М.: МГУ-Диалог, 1998. 281 с.
8. Янин Е.П. Система обращения с отработанными ртутными лампами в городе Москве // Ресурсосберегающие технологии. 2009. № 5. С. 3–7.
9. Янин Е.П. Базельская конвенция и ее роль в решении проблем ртутного загрязнения // Правовые вопросы охраны окружающей среды. 2010. № 9. С. 44–49.
10. Янин Е.П. Состояние и проблемы утилизации ртутных ламп в России // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. 2010. № 2. С. 25–84.
11. Янин Е.П. Основные мероприятия и программа по ртути ЮНЕП // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов, 2011, № 5, с. 9–15.
12. Aucott M., McLinden M., Winka M. Release of mercury from broken fluorescent buibs // J. Air and Waste Manag. Assoc. 2003. V. 53. № 2. P. 143–151.
13. Dang T.A., Frisk T.A., Grossman M.W., Peters C.H. Identification of mercury reaction sites in fluorescent lamps // J. Electrochem. Soc. 1999. V. 146. № 10. P. 3896-3902.
14. Doughty D.A., Wilson R.H., Thaler E.G. Mercury-glass interaction in fluorescent lamps // J. Electrochem. Soc. 1995. V. 142. № 10. P. 3542–5351.
15. 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.
16. 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. V. 42. P. 5772–5778.
17. Raposo C., Windmüller C.C., Durão Junior W.A. Mercury speciation in fluorescent lamps by thermal release analysis // Waste Manag. 2003. V. 23. P. 879–886.