

Бессонов В.В., Янин Е.П. Особенности поведения ртути в технологических процессах производства люминесцентных ламп // Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде. Материалы IV международной научно-практической конференции. Семипалатинский государственный педагогический институт, 19-21 октября 2006 года. Т. 1. – Семипалатинск, 2006, с. 113–120.

Ртуть является составной частью люминесцентных ламп (ЛЛ), в которых свечение создается от электрического разряда в парах металла или в смеси газа и пара. На российских электроламповых заводах в процессе вакуумной обработки ЛЛ в них в основном вводят жидкую ртуть, что сопровождается ее технологическими потерями, обуславливает эмиссию металла в среду обитания и формирование зон загрязнения. В предлагаемой работе рассматриваются особенности поведения ртути в технологических процессах при производстве ртутных ламп на Смоленском электроламповом заводе (СЭЗ) и дается оценка ее эмиссии в окружающую среду.

В 2001 г. на СЭЗ эксплуатировалось 10 линий сборки ЛЛ. Процесс сборки ЛЛ начинается с мойки и сушки стеклянных трубок, нанесения и сушки люминофорного слоя. Трубки, изготовленные в стекольном производстве, конвейером подаются в цех сборки ЛЛ, где поступают на машины, на которых установлены сопла для мойки и сушки трубок, а также бачки с люминофорной суспензией. В последние годы люминофорную суспензию готовят на водо-растворимом полимере (на основе метилметакрилата), обеспечивающего закрепление люминофорного слоя на стенках трубки в процессе его нанесения. В дальнейшем это связующее вещество (биндер) удаляется (выжигается). Трубки, подходя к бачку, останавливаются над ним, после чего люминофорная суспензия с помощью создаваемого в трубках вакуума втягивается в них. Установленные у верхнего конца трубки фотоэлементы дают сигнал к выключению вакуума, когда суспензия поднимается до места их размещения. После этого остатки суспензии стекает обратно в бачок, а трубки продвигаются на позиции сушки люминофорного слоя. Теплый воздух (до 50-60°C) для сушки вымытых трубок подается от печей выжигания биндера, для сушки люминофорного слоя – от калориферов. Затем трубки с нанесенным и высушенным люминофором поступают на машины выжигания биндера.

Следующей операцией является заварка трубок, которая предваряется монтажом ножек и оксидированием. Для этого на особую машину подаются стеклянные тарелки, штенгели и металлические трехзвенные выводы. Выводы и штенгели штамповываются в единое целое с тарелкой и образуют так называемую стеклянную ножку, которая перемещается в печь отжига, где постепенно остывает. Штенгель представляет собой стеклянный капилляр диаметром 5 мм, с помощью которого внутренний объем лампы соединяется с откачной системой; он также служит для введения в

лампу ртути и инертного газа. Отверстие в штенгеле имеется лишь на ножке для одного конца лампы (ножка с продутым штенгелем); другая ножка его не имеет (ножка с непродутым штенгелем). На монтажно-оксидировочном автомате в крючки никелевых частей выводов зажимаются триспиральные катоды, наносится слой оксидной суспензии, который затем высушивается, а ножки подаются к машинам заварки трубок (на газовых горелках).

Главной операцией процесса изготовления ЛЛ является их откачка на откачных полуавтоматах, в ходе которой из лампы удаляется воздух, производится прогрев трубок для удаления из стекла и люминофорного слоя загрязнений, ведется тепловая обработка электродов при пропускании по ним тока (с откачкой продуктов разложения биндера и карбонатов оксидного покрытия), осуществляется введение в ЛЛ ртути и инертного газа, активирование электродов, отпаивание ламп и установка их в конвейер, идущий к машине цоколевания. Откачка ЛЛ осуществляется с помощью вакуумных насосов. Используемая в технологическом процессе металлическая ртуть подвергается очистке (дистилляции); затем осуществляется ее заправка в дозировочные головки автоматов-дозаторов, с помощью которых производится подача металла в лампу (в виде капли определенной массы). Откаченные ЛЛ по конвейеру идут к машине цоколевания. На конвейере происходит автоматическое обламывание непродутого штенгеля; работницы (цоколевщицы), находящиеся в середине конвейера, надевают (вручную) на лампы цоколи с намазанной на них мастикой. После термической обработки цоколевочная мастика прочно связывает цоколь со стеклянной трубкой. Затем ЛЛ подаются конвейером на машины тренировки и испытания, после прохождения которых изделия, отвечающие техническим требованиям, упаковываются и поступают на склад промежуточного хранения, а попавшие в категорию забракованных – отправляются на утилизацию.

Цех сборки ЛЛ оборудован общеобменной вентиляцией, рабочие места у откачных полуавтоматов – местной приточно-вытяжной вентиляцией. В цехе работает демеркуризационная бригада, осуществляющая периодическую обработку (3%-ным раствором гипохлорита натрия) оборудования, пола, сбор разбитых штенгелей, стеклянных трубок и ламп. После обработки демеркуризационный раствор смывается струей воды по направлению к желобам ртутной канализации, оборудованной ловушками металлической ртути (большая часть этой ртути является следствием механических потерь металла в ходе сборки ламп). Извлечение ртути из ловушек осуществляется с помощью форвакуумных насосов; затем она отправляется на очистку или вторичную переработку.

Технологический процесс производства ЛЛ, рассмотренный выше, включает большой удельный вес ручного труда, характеризуется значительными потерями ртути, особенно на линиях сборки, и отличается нали-

чием неблагоприятных производственных факторов (высокие концентрации паров ртути и органических соединений, повышенная температура воздуха, шум, инфракрасное и электромагнитное излучение). Основу большинства линий сборки ламп составляет оборудование, характеризующееся практически 100%-ным сроком амортизации, что предопределяет высокий брак, прежде всего, из-за разбивания трубок и растрескивания стекла по шву заварки (20-25%). Велико также количество не прошедших технический контроль ЛЛ (до 7-9% от общего их производства).

Известно, что используемая на российских предприятиях технология изготовления ЛЛ изначально базировалась на введении в каждое изделие от 80 до 120 мг металлической ртути (без учета ее возможных потерь). Именно такое количество металла помещалось в ампульную часть дозирочной головки автомата-дозатора, причем в каждое изделие в конечном счете попадало не менее 50-80 мг ртути. В последние годы на СЭЗ были проведены мероприятия по усовершенствованию дозирочных головок, что позволило уменьшить среднюю дозу вводимой в каждую ЛЛ ртути (без учета ее потерь) в 1998-2000 гг. до 72,8-74,3 мг, в 2001 г. – до 67,7 мг, в 2002 г. – до 63,4 мг, в 2003 г. – до 52,6 мг. Из 10 эксплуатируемых на заводе линий сборки ЛЛ две отличаются меньшим удельным использованием ртути, вводимой в лампу (до 50 мг); две линии переведены на использование меркурида титана (геттеро-ртутных дозаторов), однако работают они неэффективно, с малой производительностью.

Основные потери ртути и интенсивная эмиссия ее паров в воздух рабочих помещений происходят у откачного полуавтомата, где металл вводится в лампу. Устройство, предназначенное для введения ртути в стеклянную трубку (дозирочная головка), обязано обеспечивать одновременно вакуумное уплотнение и правильную дозировку металла. В идеале капля ртути под своим весом должна поступать в лампу через капилляр штенгеля строго вертикально. На практике это происходит не во всех случаях, и капля ртути, ударяясь о стенки капилляра, частично остается в штенгеле, частично теряется. После отпайки раскаленный штенгель с остатками ртути, как и механически теряемая ртуть, поступают в демеркуризационный раствор, которым заливается пол в откачном зале. От момента отпайки и до поступления в раствор штенгель является источником интенсивного выделения паров ртути в воздух.

Пары ртути поступают в производственную среду при откачке воздуха из лампы, особенно в тех случаях, когда ЛЛ по тем или иным причинам направляется на повторные циклы откачки и введения ртути, а также при напайке ламп, когда отключаются вакуумные насосы. На линиях сборки нередко происходит растрескивание и разбивание стеклянных трубок, что обуславливает потери ртути и выделение ее паров в воздух. Механические потери металла и эмиссия его паров в воздух происходят также в ходе дистилляции ртути, при заправке автоматов-дозаторов и обслужива-

нии дозирочных головок, при сборе отпаянных и разбитых штенгелей, разбившихся ламп, а также при техническом обслуживании вакуумных насосов и утилизации бракованных ЛЛ. Интенсивной дегазации ртути способствует повышенная температура воздуха в рабочих помещениях, достигающая на линиях сборки ламп в теплое время года 40°C (при нормативной в 18°C). В общем случае количество ртути, теряемой в ходе сборки ЛЛ, составляет от 30 до 40% от общей массы потребляемого металла.

Воздух цеха сборки ламп отличается высокими концентрациями паров ртути. Например, из 856 замеров, выполненных в течение 2001 г. на линиях сборки ламп СЭЗ, в 85% случаев фиксировались средние содержания паров ртути, превышающие максимально разовую предельно допустимую концентрацию (ПДК_{max}) в 8 раз (при вариациях от 4 до 15 ПДК_{max}) (Болохонцева и др., 2002). Наиболее высокие уровни паров ртути отмечались у откачных полуавтоматов. На последующих операциях (цоколевание, тренировка, испытание, упаковка ламп), где нет контакта с металлической ртутью, содержание ее паров в воздухе было меньше, но тем не менее находилось в пределах 2-5 ПДК_{max}. Как правило, в других помещениях электроламповых заводов также стабильно отмечаются высокие концентрации паров ртути (табл. 1, 2). Цех сборки ЛЛ характеризуется наличием вторичных источников поступления ртути в воздух (строительные конструкции и технологическое оборудование, в том или ином количестве со временем депонирующие металл), которые в условиях повышенных температур, свойственной данному производству, постоянно эмитируют ртуть в окружающее пространство. Интенсивность загрязнения заводских помещений ртутью иллюстрируется данными о частоте возникновения у рабочих хронической ртутной интоксикации. Так, на СЭЗ с 1970 по 2001 г. у рабочих отмечено 67 случаев возникновения хронической ртутной интоксикации (в том числе в 1997-2001 гг. - 5 случаев) (Болохонцева и др., 2002). Ежегодно фиксируется до 30-90 носителей ртути, т. е. работников, у которых ртуть в повышенных концентрациях обнаруживается в моче.

В табл. 3 приведены исходные данные, характеризующие производство ЛЛ, использование ртути и образование отходов на СЭЗ в 1998-2002 гг. и за первый квартал 2003 г. Они послужили основой для расчетов баланса распределения и потерь ртути при производстве ламп (табл. 4). Процесс изготовления ЛЛ на СЭЗ отличается большими абсолютными и удельными потерями ртути, которые составляли в рассматриваемый период 30-35% от массы используемого металла, или 17-28 мг ртути на одну кондиционную лампу. Большая часть потерь происходит на линиях сборки ламп и приходится на механически теряемую металлическую ртуть, затем аккумулирующуюся в ловушках канализации, откуда она извлекается форвакуумными насосами и отправляется на вторичную переработку, а также на ртуть, содержащуюся в ртутной ступпе. Потери ртути со стеклобоем и сточными водами невелики.

Таблица 1. Концентрация паров ртути в воздухе помещений СЭЗ ¹

| Технологическая операция, рабочее помещение | Концентрация паров ртути в воздухе рабочей зоны, мкг/м ³ | |
|--|--|----------------------------------|
| | Средняя (максимальная), 2001 г. | Средняя (пределы), I кв. 2003 г. |
| Сборка люминесцентных ламп | | |
| Мойка трубок, нанесение люминофора | 2,8 (5) | 2,1 (1,9-2,3) |
| Заварка трубок | 3 (7) | 2,3 (2,1-2,5) |
| Очистка ртути | 16 (50) | 23,5 (21-27) |
| Откачка ламп | 66,3 (150) | 79,8 (37-110) |
| Наладка откачного полуавтомата | 54,6 (180) | 79,4 (44-100) |
| Обслуживание вакуумных насосов | 50 (98) | нет данных |
| Цоколевание ламп | 43,9 (74) | 58 (31-83) |
| Тренировка ламп | 32 (54) | 49,1 (19-76) |
| Испытание ламп | 15 (30) | 22 (8,7-32) |
| Отдел технического контроля | 6 (16) | нет данных |
| Упаковка ламп | 1,5 (2) | 1,5 |
| Вспомогательные подразделения | | |
| Утилизация бракованных ламп | 37 (57) | 22,3 (12-27) |
| Компрессорная станция | 4 (5) | 0,72 |
| Водородная станция | 2,5 (5) | 0,75 |
| Кислородная станция | 2,1 (4) | 0,4 |
| Социально-бытовые объекты | | |
| Прачечная (стирка спецодежды) | 6 (8) | 2 |
| Столовая спецпитания | 4,8 (9) | 3,8 (2,8-5) |
| Заводская поликлиника | 2,3 (4) | 2,3 (1,3-3) |
| Нормативные и фоновые содержания паров металлической ртути в воздухе | | |
| ПДК _{СС} (рабочая зона, среднесменная) | 5 | |
| ПДК _{МАХ} (рабочая зона, максимальная) | 10 | |
| ПДК _А (воздух населенных мест) | 0,3 | |
| Типичное фоновое содержание | 0,010-0,015 | |

¹ Здесь и далее первичные фактические данные по заводу, послужившие основой для расчетов и оценок, предоставлены Центрами Госсанэпиднадзора в Смоленской области и г. Смоленске.

Следует отметить, что мелкодисперсная металлическая ртуть, поступающая в ртутную канализацию (до 3,6% от массы используемого металла), заводской аналитической лабораторией в стоках не фиксируется. В то же время, в сточных водах, отводимых в городскую канализацию, визуально наблюдаются капли металлической ртути, которая в конечном счете теряется безвозвратно, что связано с недостаточно эффективной работой ртутных ловушек. Не менее 3-4% от применяемого количества ртути выбрасывается в атмосферу в основном в виде ее паров.

Таблица 2. Распределение паров ртути в воздухе у откачного автомата, СЭЗ ¹

| 18 декабря 2001 г. | | 27 апреля 2002 г. | | 21 февраля 2003 г. | |
|------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| Время суток | Hg, мкг/м ³ | Время суток | Hg, мкг/м ³ | Время суток | Hg, мкг/м ³ |
| 9 ²⁵ -9 ⁵⁰ | 95 ± 23 | 10 ⁰⁰ -10 ²⁵ | 100 ± 20 | 8 ⁴⁰ -9 ⁰⁵ | 58 ± 15 |
| - | - | 10 ³⁰ -10 ⁵⁵ | 117 ± 29 | 9 ¹⁰ -10 ³⁵ | 63 ± 16 |
| - | - | 11 ⁰⁰ -11 ²⁵ | 100 ± 26 | 9 ⁴⁰ -10 ⁰⁵ | 69 ± 17 |
| - | - | 11 ³⁰ -11 ⁵⁵ | 89 ± 22 | 10 ¹⁵ -10 ⁴⁰ | 70 ± 17 |
| 12 ³⁰ -12 ⁵⁵ | 54 ± 14 | 12 ⁰⁰ -12 ²⁵ | 70 ± 18 | 10 ⁴⁵ -11 ¹⁰ | 78 ± 18 |
| - | - | 12 ³⁰ -12 ⁵⁵ | 56 ± 14 | 11 ¹⁵ -11 ⁴⁰ | 71 ± 17 |
| - | - | 13 ⁰⁰ -13 ²⁵ | 270 ± 68 | 12 ⁰⁰ -12 ²⁵ | 70 ± 17 |
| - | - | 13 ³⁰ -13 ⁵⁵ | 75 ± 19 | 12 ³⁰ -12 ⁵⁵ | 60 ± 15 |
| 14 ⁰⁰ -14 ²⁵ | 110 ± 28 | 14 ⁰⁰ -14 ²⁵ | 84 ± 21 | 13 ⁰⁰ -13 ²⁵ | 100 ± 25 |
| - | - | 14 ³⁰ -15 ⁵⁵ | 329 ± 80 | - | - |
| Средняя | 86 | Средняя | 129 | Средняя | 71 |
| Максимальная | 110 | Максимальная | 329 | Максимальная | 100 |
| Минимальная | 54 | Минимальная | 70 | Минимальная | 58 |

¹ В зоне дыхания рабочих (на высоте 1-2 м от пола).

В 2001 г. на СЭЗ было использовано 2596,09 кг ртути, из которых 1765,34 кг поступили в кондиционную продукцию, а 830,75 кг составили технологические потери (68% и 32% от общего потребления соответственно). «Неучтенные потери» ртути (33,7 кг) в сущности должны быть распределены пропорционально среди других видов потерь металла. Однако с учетом имеющихся у авторов данных, распределение указанных потерь можно представить следующим образом: 1 кг ртути поступает в атмосферу в составе промышленной пыли, 3 кг металла остается в пыли, уловленной очистными установками, 13,2 кг – аккумулируется в ловушках ртутной канализации, 3,3 кг – в виде мелкодисперсной ртути теряется в канализацию, 0,006 кг сбрасывается со стоками (растворенные и взвешенные формы металла), а около 13,2 кг дегазируется в воздух помещений и (через дверные и оконные проемы, особенно в теплое время года) поступает в атмосферу, сорбируется конструкциями, одеждой и обувью рабочих и т. д. Баланс распределения потерь ртути на СЭЗ в 2001 г. приведен в табл. 5.

Большая часть потерь – это механические потери ртути, которая перехватывается ловушками ртутной канализации; значительная доля ртути извлекается из бракованных изделий; более 102 кг ртути (3,9% общего ее потребления) выбрасывается в атмосферу, почти 97 кг (3,7%) поступает в канализацию, более 226 кг (8,7%) вывозится на заводской полигон отходов (на временное хранение).

Таблица 3. Производство ЛЛ, использование ртути и образование отходов на СЭЗ в 1998-2003 гг.

| Год | Производство ламп, шт. | | Общее потребление Hg, кг ¹ | Общие потери Hg, кг | Уловленная Hg, кг | |
|-------------|------------------------|---------------|---------------------------------------|---------------------|------------------------|----------------------|
| | всего | доля брака, % | | | фильтрами ² | УДЛ-750 ³ |
| 1998 | 25583100 | 7,2 | 1900,8 | 665,3 | 20,8 | 178,6 |
| 1999 | 29373300 | 7 | 2177,65 | 740,4 | 25 | 198,7 |
| 2000 | 35743500 | 7,1 | 2602,8 | 833 | 21,75 | 223,5 |
| 2001 | 38333500 | 7,1 | 2596,09 | 830,75 | 22 | 223,0 |
| 2002 | 38114100 | 7 | 2421,64 | 726,5 | 16,2 | 195,0 |
| 2003, I кв. | 10459000 | 7 | 550 | 165 | 3,3 | 44,3 |

Продолжение табл. 3.

| Год | Выбросы ртути в атмосферу, кг ⁴ | Стеклобой ⁵ | | Сточные воды цеха сборки | |
|-------------|--|------------------------|---------|-----------------------------|------------------------|
| | | т | Hg, г/т | Общий объем, м ³ | Hg, мкг/л ⁶ |
| 1998 | 62,4 | 45 | 1,4 | 110 145 | 1,2 |
| 1999 | 75 | 48 | 1,4 | 88 025 | 0,95 |
| 2000 | 87 | 75 | 1,4 | 118 902 | 0,77 |
| 2001 | 88 | 75 | 1,5 | 156 385 | 1 |
| 2002 | 92 | 79 | 2 | 166 648 | 1,8 |
| 2003, I кв. | 22,5 | 25 | 1,6 | 43 269 | - |

¹ Цех по изготовлению люминесцентных ламп пущен в эксплуатацию в 1970 г., в 1970-1975 гг. потребление ртути достигало 6 т/год.

² Фильтры общеобменной вентиляции цеха сборки (эффективность 20-25%).

³ Установка утилизации бракованных и разбитых ламп, штенгелей (ртутная ступпа с содержанием ртути 60-75% в полиэтиленовых мешках вывозится на свалку, где размещается в бункере временного хранения).

⁴ После фильтров общеобменной вентиляции.

⁵ После демеркуризации на УДЛ-750 (стеклобой вывозится на свалку).

⁶ Только растворенная в воде ртуть (мелкодисперсная металлическая ртуть, поступающая в конечном счете в канализацию, анализом не фиксируется); сточные воды сбрасываются в городскую канализацию.

Таким образом, в окружающую среду в конечном счете поступает более 425 кг ртути, т. е. почти 16,4% от количества металла, применяемого в технологическом процессе, при этом более 199 кг ртути (около 7,7% общего потребления), рассеивается в среде обитания и в конечном счете теряется безвозвратно. Определенные усилия по совершенствованию технологии, в первую очередь автоматов-дозаторов, в последние годы предпринимаемые на СЭЗ, способствует заметному снижению удельных потерь ртути (табл. 6).

Таблица 4. Баланс распределения ртути на СЭЗ (общее потребление ртути = 100%)

| Год | Потери Hg | | Количество кондиционных ламп, шт. | Среднее содержание Hg в одной лампе, мг | Hg, поступившая в конечную продукцию | |
|-------------|-----------|---------------------|-----------------------------------|---|--------------------------------------|---------------------|
| | Общие, кг | % от использованной | | | кг | % от использованной |
| 1998 | 665,3 | 35 | 23732000 | 52,06 | 1235,5 | 65 |
| 1999 | 740,4 | 34 | 27324000 | 52,60 | 1437,25 | 66 |
| 2000 | 833 | 32 | 33188000 | 53,33 | 1769,8 | 68 |
| 2001 | 830,75 | 32 | 35626000 | 49,55 | 1765,34 | 68 |
| 2002 | 726,5 | 30 | 35455000 | 47,81 | 1695,14 | 70 |
| 2003, I кв. | 165 | 30 | 9729000 | 39,57 | 385 | 70 |

Продолжение табл. 4

| Год | Ртуть в ртутной ступпе | | Ртуть, уловленная фильтрами цеха | | Потери ртути | | | |
|-------------|------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|
| | | | | | Выбросы в атмосферу | | Сточные воды ¹ | |
| | кг | % от использованной | кг | % от использованной | кг | % от использованной | кг | % от использованной |
| 1998 | 178,6 | 9,4 | 20,8 | 1,09 | 62,4 | 3,28 | 0,132 | 0,006 |
| 1999 | 198,7 | 9,12 | 25 | 1,15 | 75 | 3,44 | 0,084 | 0,004 |
| 2000 | 223,5 | 8,59 | 21,75 | 0,84 | 87 | 3,34 | 0,095 | 0,004 |
| 2001 | 223 | 8,59 | 22 | 0,85 | 88 | 3,39 | 0,156 | 0,006 |
| 2002 | 195 | 8,05 | 16,2 | 0,67 | 92 | 3,80 | 0,3 | 0,012 |
| 2003, I кв. | 44,3 | 8,05 | 3,3 | 0,60 | 22,5 | 4,09 | 0,08 | 0,015 |

Окончание табл. 4

| Год | Технологические потери ртути | | | | | | | | |
|-------------|------------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|--------------------------------|---------------------|-------|---------------------|-----|
| | Стеклобой | | В канализацию ² | | Прочие потери, кг ³ | в том числе | | | |
| | | | | | | Механические | | Неучтенные | |
| | кг | % от использованной | кг | % от использованной | кг | % от использованной | кг | % от использованной | |
| 1998 | 0,063 | 0,003 | 68,4 | 3,6 | 335,2 | 310,05 | 16,33 | 24,7 | 1,3 |
| 1999 | 0,067 | 0,003 | 78,4 | 3,6 | 363,15 | 334,85 | 15,38 | 28,3 | 1,3 |
| 2000 | 0,105 | 0,004 | 93,7 | 3,6 | 406,85 | 373,05 | 14,33 | 33,8 | 1,3 |
| 2001 | 0,113 | 0,004 | 93,5 | 3,6 | 403,98 | 370,28 | 14,26 | 33,7 | 1,3 |
| 2002 | 0,158 | 0,007 | 87,2 | 3,6 | 335,64 | 304,14 | 12,56 | 31,5 | 1,3 |
| 2003, I кв. | 0,04 | 0,007 | 19,8 | 3,6 | 74,98 | 67,78 | 12,33 | 7,2 | 1,3 |

¹ Растворенные формы ртути.

² Мелкодисперсная ртуть, поступающая в канализацию (оценено расчетным способом).

³ Подавляющую часть (до 95%) составляет металлическая ртуть, которая улавливается ловушками канализации (так называемые механические потери).

Таблица 5. Баланс технологических потерь ртути на СЭЗ в 2001 г.

| Виды потерь ртути | Потери Hg | | | Примечание |
|---|-----------|-------------------|--------------------|---|
| | кг | Доля, % | | |
| | | от об-щих по-терь | от ис-пользо-вания | |
| Твердые отходы, подлежащие переработке | | | | |
| Механические потери металлической ртути) | 383,48 | 46,16 | 14,77 | Отправляется на переработку |
| Ртуть, содержащаяся в ртутной ступпе, – продукте демеркуризации брака и загрязненного стеклобоя | 223 | 26,84 | 8,59 | Ступпа вывозится на заводской полигон отходов и размещается в бункере временного хранения |
| Фильтры очистного оборудования цеха сборки ламп | 22 | 2,65 | 0,85 | Ртуть остается на фильтрах |
| Ртуть в пыли, уловленной очистными установками | 3 | 0,36 | 0,12 | Пыль вывозится на свалку (?) |
| Твердые отходы, направляемые на свалку | | | | |
| Стеклобой | 0,113 | 0,01 | 0,004 | Вывозится на свалку |
| Безвозвратные потери ртути в канализацию | | | | |
| Сточные воды (растворенная ртуть) | 0,161 | 0,02 | 0,006 | Сбрасываются в городскую канализацию |
| Мелкодисперсная металлическая ртуть | 96,8 | 11,65 | 3,73 | Поступает в канализацию, где частично аккумулируется в ртутных ловушках, частично уходит в городскую канализацию |
| Безвозвратные потери ртути в атмосферу | | | | |
| Организованный выброс паров ртути (через вентиляционную систему) | 88 | 10,6 | 3,38 | Поступают во внешнюю среду (городскую атмосферу) |
| Неорганизованный выброс паров ртути в воздух | 13,2 | 1,59 | 0,51 | Поступают в атмосферу через дверные и оконные проемы, сорбируются конструкциями, одеждой и обувью рабочих и т. п. |
| Ртуть в промышленной пыли | 1 | 0,12 | 0,04 | Поступает в атмосферу с организованными и неорганизованными выбросами |
| Итого | 830,75 | 100 | 32 | |

Таблица 6. Удельные потери ртути на СЭЗ

| Год | Эмиссия паров Hg в атмосферу (до очистки выбросов) ¹ | | | Удельные потери Hg, мг/лампа | | |
|-------------|--|----------------------------------|-------------------------|---------------------------------|--------------|---------------|
| | кг | доля от используемой ртути, % | на одну лампу, мг | общие | механические | в канализацию |
| 1998 | 83,2 | 4,38 | 3,51 | 28,03 | 13,45 | 2,98 |
| 1999 | 100 | 4,59 | 3,66 | 27,10 | 12,65 | 2,97 |
| 2000 | 108,75 | 4,18 | 3,28 | 25,10 | 11,64 | 2,92 |
| 2001 | 110 | 4,24 | 3,09 | 23,32 | 10,76 | 2,72 |
| 2002 | 108,2 | 4,47 | 3,05 | 20,49 | 8,92 | 2,55 |
| 2003, I кв. | 25,8 | 4,69 | 2,65 | 16,96 | 7,25 | 2,11 |

¹ Количество ртути, поступающее в атмосферу, определяется эффективностью очистки выбросов.

Таким образом, на электроламповых заводах России, производящих люминесцентные и другие типы ртутных ламп, необходимо проведение полномасштабного экологического аудита и вневедомственной экологической экспертизы используемых технологий, систем очистки выбросов и стоков, утилизации образующихся отходов, а в окрестностях заводов – комплекса эколого-геохимических и медико-гигиенических исследований с целью выявления уровня и масштабов загрязнения окружающей среды ртутью и другими поллютантами и их влияния на здоровье населения. Результаты таких исследований должны послужить основой для разработки плана необходимых демеркуризационных мероприятий как в пределах промышленных зон, так и в зонах влияния предприятий. Люминесцентные и другие ртутные лампы обеспечивают в нашей стране подавляющую часть световой энергии, генерируемой искусственными источниками света. В то же время потенциальный рынок ламп в Российской Федерации заполнен сейчас в лучшем случае наполовину, причем наиболее активно осваивают его различные иностранные компании, поставляя изделия ведущих (и не только) светотехнических фирм мира. Именно поэтому все отмеченные выше мероприятия в конечном счете будут иметь не только эколого-гигиенический, но и социально-экономический эффект, поскольку позволят отечественным предприятиям производить продукцию, способную составить – со всех точек зрения – конкуренцию зарубежным изделиям.

Авторы признательны В.Е. Крутилину, Р.В. Болохонцевой и Т.И. Федоровой за консультации и помощь в сборе первичной статистической информации об использовании ртути и особенностях производства ртутных ламп на СЭЗ.