

УДК 614.39 (575.2)

**ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ВЫГОДЫ
И ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ОПАСНОСТИ РТУТЬСОДЕРЖАЩИХ ЛАМП
В ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ ОРГАНИЗАЦИЯХ КЫРГЫЗСТАНА**

Н.К. Кулданбаев, А.К. Шахматова, М.Ж. Женалиева

Проведена оценка содержания ртути в люминесцентных лампах на основе их инвентаризации в двух лечебно-профилактических организациях г. Бишкека. На основе расчетных методов установлено возможное содержание ртути в люминесцентных лампах. Приводятся расчеты по экономии электроэнергии и финансовой выгоде от применения светодиодного освещения, при этом рекомендуется строгое соблюдение соответствующих гигиенических требований. Отмечается актуальность в создании специальных пунктов сбора, хранения и утилизации ртутьсодержащих ламп и медицинских приборов в стране.

Ключевые слова: ртутьсодержащие лампы; светодиодное освещение; экономия; энергоэффективность; охрана окружающей среды и здоровья.

**ASSESSMENT OF ECONOMIC BENEFIT AND POTENTIAL HAZARD
OF MERCURY-CONTAINING LAMPS IN HEALTH CARE ORGANIZATIONS IN KYRGYZSTAN**

N.K. Kuldanbaev, A.K. Shakhmatova, M.J. Jenaliev

The work is devoted to estimation of mercury in fluorescent lamps based on their inventory in the two health facilities in Bishkek. Based on the calculation methods, the possible content of mercury in fluorescent lamps is determined. Calculations are made to save energy and financial benefits from the use of LED lighting, while strict compliance with the relevant hygiene requirements is recommended. The article highlights the urgency in creating special collection, storage and disposal facilities in the country for mercury-containing lamps and medical devices.

Keywords: mercury-containing lamps; LED lighting; economy; energy efficiency; environmental protection and health.

Введение. Проблемы экологии, изменения климата, сохранения энергоресурсов и, как следствие, использования энергосберегающих технологий, сегодня являются особенно актуальными и обсуждаемыми. Для сбережения и рационального использования электроэнергии предлагаются различные типы энергосберегающих ламп. К таким лампам относятся люминесцентные лампы (ЛЛ), которые имеют отдельные, но при этом существенные преимущества над обычными лампами накаливания [1–7].

Люминесцентные лампы потребляют меньше электроэнергии, их световая отдача и срок эксплуатации в разы больше. Дополнительно ЛЛ имеют многообразные модификации и формы, что предопределяет их популярность. Однако здесь возникает существенная экологическая проблема – накопление и утилизация отходов. Все люминесцентные лампы содержат ртуть – вещество, которое отно-

сится к группе тяжелых металлов 1-го класса опасности по степени воздействия на человека и окружающую среду [8–15].

Проблема использования ртутьсодержащих ламп в Кыргызской Республике (КР) приобрела в последние годы особую актуальность. Это связано с дефицитом электроэнергии из-за периодического роста новых производственных мощностей и отсутствия таковых генерирующих. На этом фоне в республике, как и везде в мире, в последние годы идет постоянное продвижение идеи применения различных видов энергосберегающих и энергоэффективных технологий. Но при этом часто упускаются из виду сопутствующие проблемы – соблюдение гигиены освещения, утилизации всех видов ламп, и в первую очередь – ртутьсодержащих.

Цель настоящей работы заключалась в оценке потенциальной опасности ртути на здоровье человека и окружающую среду через инвентаризацию

Таблица 1 – Прейскурант цен ООО “Экосфера” (Россия)

Наименование работ	Цена, руб.
Переработка люминесцентных ламп (прямые), бактерицидных	до 300 шт. – 16 руб. (за 1 шт.) с 301 шт. – 13 руб. (за 1 шт.)
Энергосберегающие лампы, ДРЛ	22 руб. (за 1 шт.)
Переработка нестандартных люминесцентных ламп, ламп для соляриев, ксеноновые лампы	40 руб. (за 1 шт.)
Продажа специального контейнера для сбора, хранения и транспортировки ламп	3500 руб. (за 1 шт.)
Транспортные расходы	от 2000 рублей маш./рейс
Восстановление утраченных документов, выдача дубликата Договора обслуживания	500 руб.
Минимальная стоимость годового обслуживания с заключением договора	2000 руб.

ртутесодержащих люминесцентных ламп, используемых в двух медицинских учреждениях г. Бишкека. Для определения количества ртути в люминесцентных лампах использовался расчетный метод. Дополнительно была оценена экономия электроэнергии и финансовая выгода от замены ЛЛ и ламп накаливания на светодиодные лампы (LED).

Данное исследование выполнено в рамках договора на выполнение научно-исследовательской работы между Департаментом науки при Министерстве образования и науки Кыргызской Республики и Научно-производственным объединением “Профилактическая медицина” МЗ КР (Тема проекта: “Оценка содержания ртути в организме человека и снижение риска его воздействия на состояние здоровья”, руководитель НИР, д-р мед. наук, проф. А.А. Шаршенова, проект № 0007245 утвержден 30.01.2017 г.).

Материалы и методы исследования. Для достижения поставленной цели, в качестве объектов исследования, были выбраны здания и хозяйственные постройки двух лечебно-профилактических организаций города Бишкека – Городской клинической больницы № 6 (ГКБ) и Центра государственного санитарно-эпидемиологического надзора (ЦГСЭН).

Подсчет всех типов ламп, используемых в системе освещения, велся визуальным методом. Оценка и анализ энергоэффективности, требуемых затрат, в том числе по утилизации ЛЛ и предполагаемой экономии финансовых средств от замены ЛЛ и ламп накаливания на LED-лампы, проводились на основе простого расчетного метода, исходя из текущих рыночных цен и тарифов на электроэнергию.

Согласно действующему тарифу, установленному Национальной энергетической холдинговой компанией КР, абоненты платят по 77 тыйынов за

киловатт-час при потреблении до 700 кВт/ч. Для использующих более 700 киловатт в месяц тариф составляет 2,16 сома. Для промышленных предприятий страны тариф определен в 2,24 сома [16].

Методика расчета эффективности светодиодных ламп (LED) над люминесцентными лампами (ЛЛ) приведена ниже.

Потребление электроэнергии (киловатт-часов) [17]:

$$1. W_{\text{ЛЛ}} = N \times P_{\text{ЛЛ}} \times t \times z \times 10^{-3},$$

где

N (шт.) – количество люминесцентных ламп;

$P_{\text{ЛЛ}}$ (Вт) – мощность ЛЛ;

t (ч) – время работы системы освещения;

z – число рабочих дней в году.

$$2. W_{\text{LED}} = N \times P_{\text{LED}} \times t \times z \times 10^{-3}.$$

где

N (шт.) – количество LED;

P_{LED} (Вт) – мощность светодиодных ламп.

3. Экономия электроэнергии при внедрении мероприятия (киловатт-часов):

$$\Delta W = W_{\text{LED}} - W_{\text{ЛЛ}}$$

4. Годовая экономия в денежном выражении рассчитывалась по следующей формуле:

$$\Delta \text{Э} = \Delta W \times T_{\text{ЭЭ}} \times 10^{-3},$$

где

$T_{\text{ЭЭ}}$ (сом/киловатт-часов) – тариф на электроэнергию: на текущий день.

Результаты исследования и их обсуждение.

Всего в помещениях ЦГСЭН г. Бишкека (административное здание, лаборатории и т. п.) установлено 176 люминесцентных ламп разных типов. Согласно технической регламентации, количество металлической ртути в зависимости от вида, размера и формы лампы, варьирует от 2,5 до 50 мг [2–5]. Отсюда, если взять количество металлической ртути в ЛЛ за максимум, т. е. 50 мг, то теоретически общее содержание ртути может достигать 8,8 г.

Таблица 2 – Расчет финансовых затрат для замены всех видов ламп освещения на LED-лампы в зданиях ЦГСЭН и ГKB № 6 г. Бишкека

Тип лампы / средняя цена за 1 лампу, сом.	ЦГСЭН		ГКБ № 6	
	общее кол-во, шт.	сумма, сом.	общее кол-во, шт.	сумма, сом.
IV. Лампа накаливания, 20 сом.	23		105	
V. ЛЛ, 60 мм, 60 сом.	-		31	
VI. ЛЛ, 120 мм, 120 сом.	121		110	
VII. Спиральная ЛЛ, 250 сом.	55		86	
VIII. LED-лампа, 250 сом.	149		43	
ВСЕГО для замены, за исключением LED-ламп:	199		332	
Сумма для приобретения LED-ламп:		49750		83000
Расходные материалы + демонтаж/монтаж точек, в среднем 100 сом. на точку		19900		33200
ИТОГО:		69650		116200

В таблице 1 в качестве примера, представлен прейскурант цен ООО “Экосфера” (Россия) на услуги по утилизации, хранению и транспортировке различных видов ЛЛ [18].

Если взять для расчета максимальную цену на утилизацию 1 лампы, равной 40 руб., что на 15.09.2017 г. составляет 48 сомов по курсу Национального банка Кыргызской Республики (НБ КР), то потребуется 8448 сомов для утилизации всех 176 ламп. Общие расходы по хранению, вывозу и обслуживанию в год составят 9600 сомов. Ориентировочная цена на хранение, утилизацию, транспортировку и обслуживание ртутьсодержащих ЛЛ в зданиях ЦГСЭН г. Бишкека составит 18048 сомов в год. В таблице 2 представлен расчет финансовых затрат для замены всех видов ламп освещения в помещениях ЦГСЭН и ГKB № 6 г. Бишкека на светодиодные лампы (LED-лампы).

Для замены всех 199 ламп на LED-лампы, имеющихся на текущий момент (15.09.2017 г.) в здании ЦГСЭН г. Бишкека, потребуется в среднем 69650 сомов, из них 49750 тысяч сомов – собственно на лампы и 19900 сомов – на приобретение расходных материалов, монтаж и демонтаж точек.

Исходные данные:

- $R_{лл} = 36 \text{ Вт}$.
- Количество комнат: 106.
- Количество ламп для замены: 199 шт. по 36 Вт.
- Рабочий день: 9 часов.
- Тариф: $T_{ээ} = 2,24 \text{ сом/киловатт-час}$.
- Число рабочих дней в году: 247 дней.

Согласно заключениям экспертов [10, 11], люминесцентная лампа с потребляемой мощностью 15 Вт и небольшая светодиодная лампочка в 5 Вт дают один и тот же световой поток в 450 Лм. В то же время светодиодное освещение является более комфортным для зрения, из-за отсутствия мерца-

ния. К тому же срок эксплуатации светодиодных ламп намного больше – одна LED-лампа может прослужить до 50 тыс. часов без снижения технических параметров, средний срок службы люминесцентных ламп составляет всего 25 тыс. часов, что в два раза меньше. Следует также отметить, что при частом включении-выключении ЛЛ-ламп срок их службы уменьшается. Для LED-ламп частое включение-выключение на их срок службы практически не влияет [17].

Расчеты:

- $W_{лл} = 199 \times 36 \times 9 \times 247 \times 10^{-3} = 15925,6 \text{ киловатт-часов}$;
- $W_{LED} = 199 \times 12 \times 9 \times 247 \times 10^{-3} = 5308,5 \text{ киловатт-часов}$;
- $\Delta W = 15925,6 - 5308,5 = 10617,1 \text{ киловатт-часов}$;
- $\Delta Э = 10617,1 \times 2,24 = 23782 \text{ сомов}$;
- $\Delta Э \times 2$ (срок службы LED-ламп в 2 раза выше ЛЛ) ” 47565 сомов.

Результаты выполненных нами расчетов свидетельствуют о том, что замена ЛЛ на LED-лампы в помещениях ЦГСЭН г. Бишкека позволит дать годовую экономию на потребление электроэнергии в 23782 сомов. С учетом более долгого срока службы LED-ламп над ЛЛ-лампами – еще дополнительные 47565 сомов во второй год эксплуатации ламп.

Всего в помещениях главного здания ГKB № 6 г. Бишкека установлено 227 люминесцентных ламп разных видов и модификаций. Общее содержание ртути в этих лампах теоретически может составить порядка 11,4 г. Для замены 332 ламп освещения на светодиодные потребуется порядка 116200 сомов, из них 83000 сомов на приобретение ламп и 33200 сомов – на расходные материалы, монтаж и демонтаж точек.

Исходные данные:

- Рлл = 36 Вт.
- Количество комнат: 159.
- Количество ламп для замены: 332 шт. по 36 Вт.
- Рабочий день: 9 часов.
- Тариф: Тээ = 2,24 сом/киловатт-часов.
- Число рабочих дней в году: 247 дней.

Расчеты:

1) $W_{\text{лл}} = 332 \times 36 \times 9 \times 247 \times 10^{-3} = 26569,3$ киловатт-часов;

2) $W_{\text{LED}} = 332 \times 12 \times 9 \times 247 \times 10^{-3} = 8856,4$ киловатт-часов;

3) $\Delta W = 26569,3 - 8856,4 = 17712,9$ киловатт-часов;

4) $\Delta \text{Э} = 17712,9 \times 2,24 = 39677$ сомов;

5) $\Delta \text{Э} \times 2$ (срок службы LED-ламп в 2 раза выше ЛЛ) ” 80000 сомов.

Замена люминесцентных ламп на светодиодные в помещениях ГКБ № 6 г. Бишкека позволит дать годовую экономию на потреблении электроэнергии в 39677 сомов, а с учетом более долгого срока службы LED-ламп над ЛЛ-лампами – еще дополнительные 80000 сомов.

Выводы

1. Общее содержание ртути в люминесцентных лампах на момент проведения исследований может достигать в помещениях ЦГСЭН г. Бишкека 8,8 граммов, в ГКБ № 6 – 11,4 граммов.

2. Замена люминесцентных ламп на LED-лампы в помещениях двух лечебно-профилактических организаций г. Бишкека может дать годовую экономию в ЦГСЭН – 23782 сомов и в ГКБ № 6 – 39677 сомов, а также дополнительно – 47565 сомов и 80000 сомов, соответственно, для двух учреждений, за счет большего срока использования LED-ламп.

3. При замене ЛЛ на LED-лампы рекомендуется строгое соблюдение гигиенических требований по освещению общественных зданий.

В ходе исследований установлено отсутствие в лечебно-профилактических организациях специально отведенных мест или пунктов для сбора и хранения ртутьсодержащих продуктов, приборов и отходов. В этой связи, для предупреждения и устранения опасности вредного воздействия ртути на здоровье человека и окружающую среду, необходима организация таких пунктов не только для сектора здравоохранения, но и в целом по стране.

Литература

1. Авхименко М.М. Ртутная опасность в медицинских учреждениях / М.М. Авхименко // Медицинская сестра. 2011. № 4. С. 31–34.
2. Быкова Ю.М. Проблема утилизации и демеркуризации люминесцентных ламп / Ю.М. Быкова,

Е.В. Кузнецов // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2011. Т. 1. № 7. С. 254–255.

3. Городов А.И. Проблемы демеркуризации энергосберегающих электроламп и применения стеклобоя для получения стекломатериалов / А.И. Городов // В сб.: Образование, наука, производство / Белгородский гос. технолог. ун-т им. В.Г. Шухова. Белгород, 2015. С. 333–338.
4. Aucott M. et al. Release of mercury from broken fluorescent bulbs // J. Air Waste Manag. Assoc. 2003. № 53. P. 143–151.
5. Chang T.C. et al. The fate and management of high mercury-containing lamps from high technology industry // J. Hazard. Mater. 2007. № 141 P. 784–792.
6. Doughty D.A. et al. Mercury-glass interactions in fluorescent lamps // J. Electrochem. Soc. 1995. № 142. P. 3542–3550.
7. Gioda A., Hanke G., Elias-Boneta A., Jimenez-Velez B. A pilot study to determine mercury exposure through vapor and bound to PM10 in a dental school environment // Toxicol. Ind. Health. 2007. 23, 103–113.
8. Кудян С.Г. Существующая практика захоронения отходов, последствия для экологии / С.Г. Кудян, А.И. Чернорубашкин // Твердые бытовые отходы. 2011. № 9. С. 16–19.
9. Малякевич И.Р. Проблемы утилизации ртутьсодержащих отходов в городе Амурске / И.Р. Малякевич, С.М. Дрюцкая // Перспективы интеграции науки и практики. 2014. № 1. С. 3–6.
10. Неструев Д.Н. Утилизация люминесцентных ртутных ламп на объектах атомной энергетики в РФ / Д.Н. Неструев // Юность и знания – гарантия успеха: сб. научн. тр. 3-й Межд. молод. научн. конф.; отв. ред. А.А. Горохов. Курск, 2016. С. 353–358.
11. Титова Ю.С. Методы утилизации искусственных источников света: в 4 т. / Ю.С. Титова, О.Н. Шарпов // Молодежь и науч.-техн. прогресс: X Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых: сб. докладов. М., 2017. С. 226–230.
12. Jang M. et al. Characterization and recovery of mercury from spent fluorescent lamps // Waste Manage. 2005. 25, 5–14.
13. Morrison J. Exposure assessment of household mercury spills // J. Chem. Health Safety. 2007. № 14. P. 17–21.
14. Raposo C. et al. Mercury speciation in fluorescent lamps by thermal release analysis // 2003. Waste Manage. № 23. P. 879–886.
15. Sandborgh-Englund G. et al. The absorption, blood levels, and excretion of mercury after a single dose of mercury vapor in humans // Toxicol. Appl. Pharmacol. 1998. 150, 146–153.
16. В Кыргызстане тарифы на электроэнергию сохраняются до конца года [Электронный ре-

- сурс]: финансовый портал “Акча бар”. Бишкек, 2016. URL: <https://www.akchabar.kg/news/v-kyrgyzstane-tarify-na-elektroenergiyu-sohranyatsya-do-konca-goda/> (15.09.2017).
17. Институт дистанционного образования [Электронный ресурс]: Многопредмет. науч.-образов. журн. / Научно исследовательский Томский государственный университет. Электрон. журн. Томск: ТГУ, 2014. URL: <https://ido.tsu.ru/energy/files/novosibirsk/Hilay.pdf> (15.09.2017).
18. ООО “Экосфера” [Электронный ресурс]: интернет сайт / ООО “Экосфера”. М., 2012. URL: <http://www.eko-sfera.ru/utilizacija-lamp.html> (15.09.2017).