

96-131 / 805 102 9070  
96, 124

ОТХОДЫ МАЛООТХОДНАЯ И БЕЗОТХОДНАЯ  
ТЕХНОЛОГИИ

УДК 502.174

ОТХОДЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ.  
ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Информационно-аналитический обзор

Бурова Г.Т., Медведева Л.В., Комлева А.В.,  
Добролюбова Е.И., Калинин О.Н.

БП
6

(Всероссийский институт научной и технической информации - ВИНТИ РАН,  
LkotoI@vinti.ru)

WASTE ELECTRICAL AND ELECTRONIC EQUIPMENT.  
ENVIRONMENTAL POLLUTION

Бурова Г.Т., Медведева Л.В., Комлева А.В., Добролюбова Е.И., Калинин О.Н.  
(Russian Institute for Scientific and Technical Information (VINITI RAS),

Ключевые слова: электроника отходов, окружающая среда загрязнение, опасные вещества, антипирены, диоксины, полихлоробифенилы, токсичность, замедленные соединения органические.

Key Words: electronic waste, environment pollution, hazardous substances, flame retardants, dioxins, polychlorinated biphenyls, toxicity, organic halogen compounds.

В обзоре рассмотрены проблемы, связанные с образованием и накоплением отходов электрического и электронного оборудования (ОЭЭО), представляющих значительную угрозу для окружающей среды. Представлены данные о законодательных актах, призванных свести к минимуму экологический вред от электронных отходов. Дана классификация основных компонентов электронных отходов, содержащихся в них опасных веществ, характеристизована их токсичность. Проанализированы и обобщены данные исследований загрязнения окружающей среды в результате утилизации и хранения электронных отходов, представленные в научной литературе в последнее время.

This review deals with the problems associated with the formation and assimilation of electrical and electronic equipment waste (WEEE) which represent a significant threat to the environment. The data on the legislative acts aimed at minimizing environmental harm caused by electronic waste are presented. The main electronic components of waste and hazardous substances are classified, and their toxicity characteristics are analyzed. The review analyzes and summarizes recent data concerning environmental pollution as a result of recycling and storage of e-waste.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

1. ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО

1.1 Европа и США

1.1.1 Директива RoHS

1.1.2 Директива WEEE

1.2 Российская Федерация

2. СОСТАВ ЭЛЕКТРОННЫХ ОТХОДОВ

2.1 Опасные компоненты электронных отходов

2.2 Опасные вещества в электронных отходах

3. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

3.1 Полихлоробифенилы, полибромированные дифениловые эфиры, полихлордibenzo-п-диоксины/дibenзофураны

3.1.1 Окружающая среда

3.1.2 Живые организмы

3.1.3 Факторы, влияющие на загрязнение

3.2 Другие галогенорганические соединения

3.3 Полициклические ароматические соединения, фрагменты

3.4 Тяжелые металлы

3.5 Исследования в области экологического мониторинга

3.5.1 Метод анализа потока вещества

3.5.2 Метод оценки жизненного цикла

3.5.3 Загрязняющие вещества в готовой продукции

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ СОКРАЩЕНИЯ:

- БДЭ бромдифениловый эфир
- ОЖЦ оценка жизненного цикла (метод)
- ОЭЭО отходы электрического и электронного оборудования
- ПАУ полициклические ароматические углеводороды
- ПБДЭ полибромированные дифениловые эфиры
- ПХБ полихлорированные бифенилы
- ПХДД полихлорированные dibenzo-п-диоксины
- ПХДД/ДФ полихлорированные dibenzo-п-диоксины/дibenзофураны
- ПХДФ полихлорированные dibenzoфураны
- ТББФА тетрабромбисфенол-А
- ТХДД 2,3,7,8-тетрахлордibenzo-п-диоксин
- ЭЛТ электроно-лучевые трубки

(Африки, Азии, Латинской Америки), в то время как основными поставщиками электронного мусора являются развитые индустриальные государства. Ведущие Европейские государства и США приняли ряд законодательных актов, ограничивающих использование опасных веществ в производстве электрического и электронного оборудования, а также связанных со сбором, сортировкой, хранением, транспортировкой и различными способами утилизации отходов этого оборудования. Законодательство других стран в этих вопросах пока отстает. Российский законопроект «О внесении изменений в Федеральный закон "Об отходах производства и потребления» до сих пор не принят.

Электронные отходы не поддаются естественному разложению в природе и обладают высокой токсичностью благодаря содержанию в них тяжелых металлов, полихлордифенилов, диоксинов. Особенно высока опасность загрязнения в местах переработки и захоронения отходов. Загрязнения, выявленные в этих исследованиях, в большинстве случаев значительно превышают допустимые уровни. Среди основных факторов, влияющих на степень загрязнения почвы и воды, следует отметить в первую очередь расхождение от места переработки отходов, длительность работы предприятий, а также глубину, наличие растений, каталитическое действие металлов и др. Вызывает озабоченность наличие загрязнений в почвах сельскохозяйственного назначения в Китае, т.к. Китай является одним из крупнейших в мире экспортеров сельскохозяйственной продукции.

Большинство публикаций, посвященных электронным отходам и связанному с ними загрязнению окружающей среды, принадлежит китайским ученым. Есть исследования, выполненные коллективами европейских, азиатских, африканских специалистов. К сожалению, публикации российских ученых на эту тему в научной литературе за последнее время отсутствуют.

Утилизация электронных отходов – важная экономическая задача в связи с высоким содержанием в них цветных и драгоценных металлов, возможностью их широкого использования в пластике. Но при извлечении этих ресурсов обязательно должно быть минимизировано вредное воздействие на окружающую среду, что требует развития как надлежащего экологически обоснованного законодательства, современных технологий и экологического мониторинга.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шурягина А. А., Тюшин Н. Р., Савина Ю. В., Савченко М. М.* Горючее "Месторождение электроники" – к разработке! // Твердые бытовые отходы. - 2012. - №2 (67). - С.40-44.
2. *Семух И. М., Брыкин А. В.* Анализ и перспективы рынка вторичной переработки электроники и компонентов электронных устройств в РФ // Успехи в химии и химической технологии. - 2011. - т. 25, №13(129). - С.41-46.
3. *E-waste related information, STEP E-waste WorldMap [Электронный ресурс] Step - Solving the e-waste problem URL: <http://www.step-initiative.org/step-e-waste-world-map.html>*
4. *Balde C.P., Wang F., Kuehn R., Nitsman J.* The global e-waste monitor – 2014, United Nations University, IAS – SCYCLE, Bonn, Germany.
5. *Balde C.P., R. Kuehn, K. Vimenthal, S. Fondair Gill, M. Kern, P. Mitchell, E. Magranda, J. Nitsman.* E-waste statistics: Guidelines on classifications, reporting and indicators. United Nations University, IAS - SCYCLE, Bonn, Germany. 2015.
6. *von Birk Grilling.* Die Welt versinkt im Elektroschrott [Электронный ресурс] <http://www.welt.de/technik/article119461948/die-welt-versinkt-in-ekktroschrott/13547960.html>
7. *Shiamoroka Sukhrong, Wong Ming Hung.* Handling e-waste in developed and developing countries: Initiatives, practices and consequences // *Sci. Total Environ.* - 2013. - 463-464. - P. 1147-1153.
8. *Бегони Н., Нерат С.* E-waste: A problem or an opportunity? Review of issues, challenges and solutions in African countries // *International Journal of Environment and Waste Management.* - 2016. - vol. 17 (3-4). - P. 318-339.
9. *Ostiano O.* The challenge of electronic waste (e-waste) management in developing countries // *Waste Manag. Res.* December. - 2007. - vol. 25. № 6. - P. 489-501.
10. *Икхвел М.* Differences of methods to estimate generation of waste electrical and electronic equipment for developing countries: Jordan as a case study // *Resources, Conservation and Recycling.* - 2016. - 108. - P. 134-139.
11. *Mweteke D., Li B., Li'ao W.* Waste electrical and electronic equipment management in Botswana: Prospects and challenges // *Journal of the Air and Waste Management Association.* - 2015. - vol. 65 (1). - P. 11-26.
12. *Li Liang, Alice Sharp.* Development of an analytical method for quantitative comparison of the e-waste management systems in Thailand, Laos, and China // *Waste Manag. Res.*, November. - 2016. - vol. 34. - P. 1184-1191.
13. *Sunil Neral, P. Agasthini.* E-waste: a problem or an opportunity? Review of issues, challenges and solutions in Asian countries // *Waste Manag. Res.*, November. - 2012. - vol. 30. - P. 1113-1129.
14. *Тран Н.Р., Ванг Ф., Девилл Ж., Нгуен Т.-Н., Шандровск Т.* Estimation of the Unregistered Inflow of Electrical and Electronic Equipment to a Domestic Market: A Case Study on Televisions in Vietnam // *Environmental Science and Technology.* - 2016. - vol. 50 (5). - P. 2424-2433.
15. *Yoshida A., Terazono A., Ballesteros F.C., Ngyuen D.-Q., Sukandar S., Kojima M., Sakata S.* E-waste recycling processes in Indonesia, the Philippines, and Vietnam: A case study of cathode ray tube TVs and monitors // *Resources, Conservation and Recycling.* - 2016. - vol. 106. - P. 48-58.
16. *Alavi N., Shirmardi M., Vabaei A., Takdastan A., Vagheri N.* Waste electrical and electronic equipment (WEEE) estimation: A case study of Ahvaz City, Iran // *Journal of the Air and Waste Management Association.* - 2015. - vol. 65 (3). - P. 298-305.
17. *Karim R.T., Bari N., Amin M.A.* E-waste management in Bangladesh. 2nd International Conference on Green Energy and Technology, ICGET. - 2014. Art. no. 6966673. - P. 104-109.
18. *Rahmani M., Nabizadaeh R., Yazfmaeian K., Mahvi A.H., Younesian M.* Estimation of waste from computers and mobile phones in Iran. *Resources, Conservation and Recycling.* - 2014. - vol. 87. - P. 21-29.
19. *Prtyadharshini S., Meenambal T.* Strategies for sustainable management of end-of-life electrical and electronic Equipments // *Pollution Research.* - 2014. - vol. 33 (1). - P. 153-160.
20. *Dwivedy M., Suchde P., Mittal R.K.* Modeling and assessment of e-waste take-back strategies in India // *Resources, Conservation and Recycling.* - 2015. - vol. 96. - P. 11-18.
21. *Li Liang, Alice Sharp.* Determination of the knowledge of e-waste disposal impacts on the environment among different gender and age groups in China, Laos, and Thailand // *Waste Manag. Res.* - 2016. - vol. 34, №. 4. - P. 388-395.