

Вредное воздействие электронных отходов на здоровье человека

Бикес С. Агаев¹ bikies418@gmail.com  0000-0002-5258-7718
Мая Я. Абдуллаева² adnsu_umtse_35@mail.ru  0000-0002-1380-1216

1 Институт информационных технологий НАНА, Баку, Азербайджан

2 Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, Баку, Азербайджан

Аннотация. В настоящее время отходы электрического и электронного оборудования породили ряд глобальных проблем, и их решение столь же актуально, как и другие экологические проблемы. В статье исследуются вопросы, связанные с потенциальной опасностью электронных отходов для здоровья человека. Даны определения некоторых важных терминов по электронным отходам, относящихся к теме статьи. Были использованы ссылки на международные Директивы по электронным отходам (данные термины отсутствуют в экологическом праве Азербайджанской Республики). В странах, где не осуществляется селективный сбор отходов сгруппированы основные виды утилизации электронных отходов и показаны их характеристики. Приведен пример утилизации некоторых вредных и опасных электронных отходов в Азербайджане. Собрана, систематизирована и классифицирована информация из ряда международных нормативных документов и журналов. Обоснована целесообразность проведения классификации отходов по критерию «опасный-безопасный». Основная цель исследования является выявление причинно-следственной связи между опасными отходами и их вредом. Были изучены во взаимосвязи четыре фактора-опасные вещества, вредная среда, которую они создают, воздействия на человека и патологический исход. При подготовке статьи использовались общие методы и методики системного подхода, а также научный анализ и синтез, сравнение и обобщение результатов. В качестве информационной базы статьи использованы материалы ряда международных нормативных актов и нормативных актов стран СНГ по данной тематике. Результаты исследования могут быть использованы специалистами, занимающимися проблемами электронных отходов, студентами, изучающими предметы «Инженерная экология», «Экология и безопасность жизнедеятельности», а также теми, кто интересуется безопасностью здоровья.

Ключевые слова: электронные отходы, опасные отходы, опасные вещества, здоровье, систематизация, классификация.

Harmful effects of e-waste on human health

Bikes S. Agayev¹ bikies418@gmail.com  0000-0002-5258-7718
Maya Ya. Abdullayeva² adnsu_umtse_35@mail.ru  0000-0002-1380-1216

1 Institute of Information Technology, Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, B. Vahabzade str., 9A, AZ1141, Azerbaijan

2 Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku, Azadlig av.16/21, AZ1010 Azerbaijan

Abstract. Today, waste electrical and electronic equipment has lead a number of global problems and their solution is as urgent as other environmental problems. The article explores the issues related with potential danger of e-waste to human health. Definitions of some important terms on e-waste are given related with topic of the article are given. Reference is made to the international E-waste Directives (these terms are absent in the environmental law of the Azerbaijan Republic). In countries the selective waste collection which are not used classified, the main e-waste disposal types and their characteristics is shown in the article. Moreover, an example of recycling of some harmful and dangerous electronic waste in Azerbaijan is given. Collected, systematized and classified information from a number of international normative documents and journals. The expediency of carrying out the classification of waste according to the criterion "hazardous-safe" has been substantiated. The main goal of the study is to identify the causal relationship between hazardous waste and their detrimental effects. Four related factors- hazards components, harmful environment which they, cause dangerous effect to human health and pathology. In the preparative the article, general methods and techniques of the systemic approach as well as scientific analysis and synthesis, were used in comparison and generalization of the results. As an information base of the article, materials of a number of international normative acts and normative acts of the CIS countries and authoritative journals on this topic were used. The results of the research can be used by specialists dealing with the problems of e-waste, students studying the subjects "Ecological engineering", "Ecology and Life Safety", as well as those who are interested in healthy lifestyle and safety.

Keywords: electronic waste, hazardous waste, hazardous substances, health, systematization, classification.

Введение

В связи с тем, что в Азербайджанском экологическом законодательстве не определено понятие «отходы электрического и электронного оборудования» (сокращенно, электронные отходы-ЭО, в англоязычной литературе Waste Electrical and Electronic Equipment – WEEE), в статье используются термины, определенные в Директивах 2012/19/EU, 2008/98/EC [1, 2] Европейского Союза (ЕС). Для целей статьи считаем целесообразным разъяснение нескольких ключевых терминов, относящихся к объекту исследования.

- Электротехническое и электронное оборудование (ЭЭО) – оборудования, функционирование которых рассчитаны на использование электрического тока напряжением до 1500 вольт или электромагнитного поля, а также генерирующие, передающие и измеряющие ток и электромагнитное поле.

- Электронные отходы (ЭО) – ЭЭО бывшее в употреблении, которые владелец выбрасывает или собираются, или вынужден выбросить, включая все компоненты, узлы, расходные материалы, которые являются частью оборудования на момент его снятия из эксплуатации.

Для цитирования

Агаев Б.С., Абдуллаева М.Я. Вредное воздействие электронных отходов на здоровье человека // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 2. С. 234–242. doi:10.20914/2310-1202-2022-2-234-242

For citation

Agayev B.S., Abdullayeva M.Ya. Harmful effects of e-waste on human health. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 2. pp. 234–242. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-2-234-242

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

• Опасные отходы – отходы, содержащие вещества, способные оказывать вредное воздействие или вызывать заболевания, при контакте с организмом человека, как в процессе работы, так и в дальнейшей жизни или у будущих поколений.

Любые ЭО содержит множество опасных и безопасных веществ (химических элементов, соединений, материалов), вредных для здоровья человека. ЭО становится серьезным источником опасности для здоровья человека и окружающей среды при несоблюдении должным образом правил эксплуатации, предусмотренных в проектных документах, а также при ненадлежащей утилизации их после потери потребительских свойств и превращения в отходы. В статье авторы обобщают информацию из большого количества источников и считают целесообразным дать отдельные пояснения под словосочетанием “при ненадлежащей утилизации”, выделяя три основных случая:

I. ЭО вывозят на свалки как твердые бытовые или промышленные отходы в смещенном виде и остаются на открытом воздухе.

В этом случае оборудования, под воздействием таких природных явлений как солнечный свет, дождь, ветер и т. д. разлагаются. Входящие в его состав элементы, вещества и материалы взаимодействуя друг с другом, а также воздухом атмосферы и осадками образуют вредные соединения в виде газов, жидкостей и твердых веществ, загрязняя атмосферу и почву.

На нижней части отходов, т. е. на поверхности почвы образуется фильтрат в виде твердой жидкой массы, содержащей сероводород, индол, скитол и др. ядовитые вещества. Эти вещества распространяются в окружающую среду, в результате обильных осадков, загрязняют почву и через грунтовые (подземные) воды бассейны с питьевой водой. Эти водные ресурсы могут представлять угрозу для здоровья человека, если они должным образом не очищаются и используются для питья, орошения и других целей. При этом подземные воды могут просачиваться в сеть хозяйственно-питьевого водоснабжения. Если животные питаются пищевыми отходами со свалки и траву из окружающей территории, то их продукты также могут быть отравлены.

Положительные температурные условия, создаваемые в массе отходов, создают благоприятные условия для интенсивного роста многих микроорганизмов. Эти микроорганизмы размножаются и могут вызывать распространение ряда инфекционных заболеваний. Точно так же образующиеся токсичные газы выбрасываются в атмосферу ветром и загрязняют атмосферу.

II. Сжигают вместе с другими отходами.

К вредным последствиям может привести самовозгорание или сжигание отходов на открытом воздухе (сжигание осуществляется

регулярно для уменьшения массы отходов и занимаемой ими площади). При горении токсичных газов, например, выделяемые при горении поливинилхлорида (ПВХ) в изоляционном слое проводов и кабелей, образуются канцерогенные диоксины и фураны, имеющие чрезвычайно высокий уровень опасности и загрязняющие окружающую среду.

III. Утилизируют методом захоронения.

В этом случае, при использовании захоронения, как метода утилизации, отходы рано или поздно подвергаются разложению, а образующиеся таким же образом токсичные вещества проникают из почвенного слоя в атмосферу и подземные воды, загрязняя атмосферу, почву и водные бассейны.

Кроме того, помимо перечисленных особенностей, ЭО является важным ресурсом для производства новой продукции, как группа отходов с наибольшими материальными ресурсами.

В настоящее время электронная промышленность считается самой быстрорастущей отраслью. В первую очередь это связано с быстрым износом ЭО в связи с бурным развитием передовых технологий и растущим спросом на это оборудование. В результате объемы ЭО стремительно растут из года в год. Согласно совместному исследованию Университета Организации Объединенных Наций (United Nations University – UNU), Женевского Национального Института Обучения и Исследований (Nations Institute for Training and Research) и Всемирного Союза Электросвязи (ITU), в 2014 году во всем мире было произведено 36 млн т ЕО, а в 2019 году – 53,6 млн т. По их прогнозу, к 2030 году эта цифра достигнет 74,5 млн т, т. е. за 16 лет ожидается удвоение массы ЭО [3, 4].

Группа ЭО отличается от других групп отходов (бытовых, медицинских, военных, сельскохозяйственных и др.) разнообразием содержащихся в ней веществ и соединений. Подсчитано, что при составлении ЭО используется более 70 элементов из таблицы Менделеева и множество материалов. Обычно из-за ряда сходных физико-химических свойства эти элементы и вещества делятся на группы: металлы (Fe, Cu, Al и др.), драгоценные металлы (Au, Ag, элементы группы Pn и др.), тяжелые металлы (As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Pb, Sn, Xn и др.), редкоземельные металлы (Eu, Y, Pm, Ti и др.), полибром 1.2, ПВХ, а также кадмий, бериллий и их соединения. С другой стороны, как указывалось выше, при сжигании массы ЭО на открытом воздухе или в специальном оборудовании, но с нарушением правил эксплуатации, образуются новые вещества и соединения, многие из которых (диоксины и фураны, ароматические углеводы, фталаты и др.) высоко токсичны и представляют серьезную угрозу для здоровья человека [3–5].

Для классификации ЭО по фактору опасности для здоровья человека целесообразно сначала классифицировать ЭЭО. В технической литературе существуют различные подходы к этому вопросу. В целом ЭЭО подразделяют на группы в зависимости от области использования: бытовая, промышленная, медицинская, военная, сельскохозяйственная и т. д. Однако классификация по этим группам не дает четкого представления о конструктивных компонентах, а также о веществах и материалах электрических и электронных оборудований, используемых при их производстве. Потому что те же электрические и электронные детали и т. д. могут использоваться в любой из вышеперечисленных группах отходов характерных для этих областей.

В статье [5] автор М.А. Иванова, исходя из отраслевых интересов представляемого ею аффинажного предприятия, классифицирует ЭЭО по его материально-сырьевым ресурсам, причем к первой группе относится оборудование с большим содержанием золота, серебра и элементов группы платины.

Другая группа авторов предлагает основывать классификацию на технологии, используемые для извлечения материальных ресурсов из ЭО и возврата в повторное использование. Учитывая, что основным компонентом ЭО являются черные металлы, в качестве основной группы приняты методы сепарация, пирометаллургия и гидрометаллургия [6].

Группа ученых из Индии, исходя из первоочередности фактора здоровья, классифицируют ЭЭО по патологическим состояниям (заболеваниям), которых могут вызывать вещества содержащиеся в составе этих ЭЭО [7].

Более широкая классификация медицинской ЭЭО приведена в [8]. Здесь оборудования классифицируются по группам генерирующие: радиоволны и электромагнитные волны, инфракрасное, ультрафиолетовое и ионизирующее излучение, акустический шум, свет (системы освещения) и т. д.

Группа экспертов UNU в своих ежегодных сводках статистических данных об ЭО описывают анализ вариантов классификации, принятых в международных документах по отходам (Директива ЕС 2012/19/2012, Базельская Конвенция, отчеты StEP UNU (Solving the E-Waste Problems UNU), и сравнивают плюсы и минусы каждого из них. Отмечается, что каждая страна может использовать тот вариант, который считает целесообразным, в зависимости от особенностей национального законодательства об ЭО [9].

Следует отметить, что каждый из этих подходов к классификации имеет определенные преимущества и недостатки. По мнению авторов, с точки зрения общего подхода более целесообразной для использования является классификация,

установленная Директивой 2012/19 ЕС/ЕР по целевым показателям. Согласно классификации данной Директивы, принятой в качестве международного стандарта в области управления ЭО, к ЭО относятся отходы следующих 600 ЭЭО, объединенные в 10 групп.

1. Крупная бытовая техника.
2. Мелкая бытовая техника.
3. Информационное и телекоммуникационное оборудование.
4. Бытовая техника и фотоэлектрические панели.
5. Осветительные приборы.
6. Электрические и электронные инструменты.
7. Игрушки, спортивные товары и оборудование для отдыха.
8. Медицинские изделия (кроме всех имплантированных и зараженных изделий).
9. Средства контроля и мониторинга.
10. Вендинговое оборудование.

Многие химические элементы, их соединения и конструкционные материалы, используемые при производстве ЭЭО являются токсичными, радиоактивными, раздражающими, канцерогенными, инфекционными, тератогенными, мутагенными и т. д. в силу механизмов их действия, и может иметь одну или несколько из указанных свойств. В целом степень вредного воздействия ЭО на состояние здоровья зависит от следующих факторов: от класса (степени) опасности содержащихся в этом оборудовании веществ, массы и вида отходов, способов утилизации, расстояния от полигонов до мест обитания, водоемов и грунтовых вод, географических условий (температурный режим, осадки, сила и направление характерных попутных ветров и др.), возраста, пола и др. показателей человека. Однако особенности вредного действия в основном определяются классами опасности содержащихся в них элементов и соединений. Поэтому важно классифицировать эти компоненты по классам опасности. Согласно рекомендациям ряда международных организаций, занимающихся управлением ЭО, классификацию следует проводить таким образом, чтобы ЭЭО одной и той же категории не попадали в разные классификационные группы, чтобы не усложнять процесс сбора и анализа статистических данных по странам и регионам [10]. Согласно этим рекомендациям количество классификационных групп не должно быть слишком большим или слишком узким и должно основываться на конкретных факторах, отражающих ключевые признаки. В качестве признаков можно использовать сходство опасностей для здоровья / окружающей среды, рабочих функций оборудования, материальные / сырьевые ресурсы, массы, срока службы, типичных причин выхода из строя и т. д.

Рассмотрим несколько статей и нормативных актов, классифицирующих ЭО по фактору опасности в соответствии с целями статьи.

В статье [7] отражены результаты многолетних совместных исследований нескольких индийских исследовательских центров. Они исследовали влияние на здоровье: ртути, хрома и 6-валентного хрома, кадмия, бериллия, мышьяка, свинца и олова, соединений никеля, меди, железа и алюминия. Объектами исследования являются дети и беременные женщины, и выявлялись патологические случаи.

Группа исследователей из нескольких стран Европы исследовали ряд веществ (бромированные антипирены, полибромиддифениловые эфиры, бифенилы, дибензодиоксины и дибензофураны, полиароматические углеводы и др.) в семействе особо опасных диоксиновых и фурановых соединений на:

- физическое здоровье;
- психическое состояние;
- образованность;
- склонность к совершению преступлений.

Объектом исследований являлись неформальные группы утилизаторов отходов («черные утилизаторы») на свалках в китайских городах Гуй, Тайчжоу и Луи, сотрудники официальных перерабатывающих заводов и жители, проживающие вблизи полигона [11].

В статье [12] исследованы вредные вещества, образующихся при сжигании мобильных телефонов и их аксессуаров, выброшенных на свалках. Приведены результаты анализа с использованием методов рентгеновской спектроскопии, оптической эмиссионной спектроскопии и исследовано влияние на здоровье работников.

Степень опасности вредных для здоровья человека веществ в СНГ определяется стандартом ГОСТ 12.1.007–76* и подразделяется на 5 классов опасности [13]:

- чрезвычайно опасные вещества;
- особо опасные вещества;
- умеренно опасные вещества;
- менее опасные вещества;
- безопасные вещества.

Перечня вредных веществ в каждом классе нет, но основными нормами и показателями, определяющими их класс, являются следующие:

допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны;

- средняя смертельная доза при приеме внутрь;
- средняя летальная доза при контакте с кожей;
- концентрация в воздухе, приводящая к смерти.

Определение этих норм и показателей регламентируется санитарными правилами

СП2.1.7.1386–03, установленными одним из расчетных или экспериментальных методов. В первом случае окончательный класс опасности рассчитывается по формуле с учетом массового соотношения и класс опасности каждого вредного вещества в отходах. Во втором случае – влияние составляющих веществ на экспериментальные животные и на развитие отдельных растений. В документе указано, что определение классов опасности по этим правилам является обязанностью производителей отходов. Хотя требования стандарта являются обязательными, этот процесс настолько сложен и утомителен, что практически не используется [14].

Как видно, существуют разные подходы к классификации ЭО по фактору опасности. По мнению авторов, наиболее обобщенная классификация в этом отношении дана в Базельской конвенции [15]. В этом документе, принятом в качестве международного стандарта, перечислены все опасные элементы и соединения, содержащиеся в ЭО, по отдельности или группами. Здесь «опасность» элементов и соединений заключается в их «ядовитости», «инфекционности», «токсичности», «едкости», «экотоксичности» и т. д. и связано с наличием одного из указанных признаков. В документе не классифицируются вещества по классам опасности и не приводится перечень безвредных веществ (например, по группам). Под этим можно понимать восприятие элементов и соединений, входящих в состав ЭО и не вошедших в этот список, как «безвредные». Поэтому авторы считают более целесообразным разделить ЭО на два класса: «опасные» и «безопасные». Эта классификация позволяет принять решение о первичной утилизации компонентов, особенно после демонтажа оборудования. Например, обезвреживание хладагента холодильных аппаратов до вторичной утилизации в дробильном аппарате. С другой стороны, ряд требований международных стандартов, касающихся производства ЭЭО, также служат для определения угрозы ЭТ. Например, Директива [16] гласит, что в конструктивных единицах (элементах) оборудования максимальная масса опасных элементов и соединений, не должна превышать следующие пределы по отношению к массе этих единиц (действуют с 2016 г.): олово – 0,1; ртуть – 0,1; кадмий – 0,01; шестивалентный хром – 0,1; полибромиддифенилы – 0,1; сложные эфиры полибромдифенилов – 0,1.

Приведенная выше информация о некоторых опасных для здоровья элементах и соединениях ЭО систематизирована, классифицирована и указана в таблице 1.

Таблица 1.

Некоторые опасные компоненты ЭО и факторы воздействия на здоровье

Table 1.

Some hazardous e-waste ingredients and health effects

Элементы и соединения Elements and connections	Применяемые некоторое электрическое и электронное оборудование Applicable some electrical and electronic equipment	Источник (средства) воздействия Source (means) of action	Способ влияния Way of influence	Влияние на здоровье In leaning on health
1	2	3	4	5
1. Стойкие загрязняющие вещества 1.Persistent pollutants				
Бромированные антипирены, полибромированные дифениловые эфиры Brominated flame retardants, Polychromeys diphenyl ethers	Провода, кабели, пожаробезопасные кожухи и крышки Wires,cables,fireproof skins and covers	Воздух, пыль, продукты питания, вода и почва Air, dust, foodstuffs, water and soil	Дыхательная, проглатывание, внутриматочная Inhalation, swallowing, intramuscular	Канцерогенные, цитотоксин, когнитивные нарушения деятельности (КНД) Carcinogenic, cytotoxic, cognitive impairmet
Полихлорирован-ные бифенилы Polychlorinated biphenyls	Генератор, трансформатор, конденсатор, люминесцентная лампа, электродвигатель, электроприборы Generator, trasformer,capacitor, fluorescent lamp, electric motor, electrical appliances	Воздух, пыль, почва, вода и продукты питания (особенно биоаккумулируются в рыбе и морепродуктах) Air, dust, soil, water and foodstuffs (especially bioaccumulated in fish and seafood)	Вдыхание, проглатывание, контакт с кожей, внутриматоч-ное Inhalation, swallowing, skin contact, intramuscular	Канцерогенные, цитотоксин, заболевания легких(ЗЛ), в т. ч. рак легкого (РЛ), аборт Carcinogenic, cytotoxin,conitive impairment (CI)
2. Диоксины и фураны				
Полихлорированные дибензодиоксины и дибензофураны Polychlorinated biphenyls	Генератор, трансформатор, конденсатор, люминесцентная лампа, электродвигатель, электроприборы Generator, trasformer,capacitor, fluorescent lamp, electric motor, electrical appliances	Воздух, продукты питания, почва, пыль, вода Air, dust, soil, water and foodstuffs (especially bioaccumulated in fish and seafood)	Вдыхание, контакт с кожей, всасывание, внутриматочное Inhalation, swallowing, skin contact, intramuscular	Заболевания иммунной системы, заболевания центральной нервной системы (ЗЦНС), заболевания печени, почек, кожные заболевания Carcinogeic, cytotoxin, lung disease (LD), etc. abortion
Диоксиноподобные полихлорированные бифенилы Dioxin-like Poluchlorinated biphenyls	Генератор, трансформатор, конденсатор, люминесцентная лампа, электродвигатель, электроприборы Generator, trasformer,capacitor, fluorescent lamp, electric motor, electrical appliances	Продукты питания, воздух, почва, пыль, вода (особенно биоаккумулируются в рыбе и морепродуктах) Food products, air, soil, pollen, water products (especially bioaccumulated in fish and seafood)	Всасывание, вдыхание, контакт с кожей Suction , inhalation, skin contact	Диабет, гипертония, сердечнососудистые заболевания (ССЗ) Diabetes, hypertension, HCD
Полиароматические углеводы Polyaromatic carbohydrates	Корпуса проводов, кабелей, радиоэлектронных устройств Wire housing, cables, radio-electronic devices	Воздух, пыль, почва, продукты питания Air, dust, soil, foodstuffs	Вдыхание, контакт с кожей, проглатывание Inhalation, skin contact, swallowing	Канцероген, цитотоксин, РЛ, аборт Carcinogenic, cytotoxin, (LC), abortion
3. Элементы 3.Elementes				
Олово и соединения Tin and compounds	Принтеры, электронно-лучевая трубка (ЭЛТ), лампа, телевизор, аккумулятор, мобильный телефон Printers,electron beam tube(EBT), lamp, TV, battery,mobile phone	Воздух, пыль, вода, почва Air, dust, water, soil	Вдыхание, проглатывание, контакт с кожей Inhalation, swallowingn, skin contact	Диабет, гипертония, ССЗ, болезнь Паркинсона Diabetes, hypertension, HCD, Parkinsons disease
Шестивалентный хром Festive chrome	Покрытие ЕЕО, элементы памяти Cover WEE, the elements memory	Воздух, пыль, вода, почва Air, dust,water, soil	Вдыхание, проглатывание, контакт с кожей Inhalation, swallowingn, skin contact	Канцероген, цитотоксин Carcinogenic, cytotoxin abortion

Продолжение таблицы 1 | Continuation of table 1

1	2	3	4	5
Кадмий и его соединения Cadmium and its compounds	Контактные преобразователи, разъемы, печатная плата, батарея, полупроводниковый чип, копировальный аппарат, электронно-лучевая трубка, мобильный телефон Contact converters, connectors, printed circuit board, battery, semiconductor chip, copier, electronic-beam tube, mobile phone	Воздух, пыль, почва, вода, продукты питания (особенно рис и фрукты) Air, dust, soil, water, foodstuffs (especially rice and fruits)	Вдыхание, контакт с кожей, проглатывание, Inhalation, skin contact, swallowingn	Диабет, гипертония, ССЗ, РЛ Diabetes, hypertension, HCD, LC
Ртуть и его соединения Mercury and its compounds	Термостат, преобразователи, элементы принтеров, люминесцентная лампа Thermostat, converters, printer elements, fluorescent lamp	Воздух, пары ртути, вода, почва, продукты питания (особенно биоаккумулируются в рыбе). Air, mercury vapors, water, soil, foodstuffs (especially rice and fruits)	Вдыхание, контакт с кожей, всасывание Inhalation, skin contact, suction	КНД, психическое расстройство, нарушение зрения CI, mental disorder, impaired vision
Цинк и его соединения Zinc and its compounds	ЭЛТ Металлопокрытие припоем, изделия педиатехники Metal-coating solder, products of pediatricians	Воздух, вода, земля Air, water, earth	Вдыхание, проглатывание, контакт с кожей Inhalation, swallowingn, skin contact	Желтуха (болезнь Боткина), ББ, бесплодие, конъюнктивит, остеопороз Jaundice (Botkin's disease), BD, infertility, conjunctivitis, osteoporosis
Соединения никеля Nickel compounds	Металлопокрытие батарей и аккумуляторов, ферромагнетиков, педиотехнических изделий Metal coating of batteries and accumulators, ferromagnets, radio equipment	Воздух, почва, вода, растения, продукты питания Air, soil, water, plants, foodstuffs	Вдыхание, проглатывание, контакт с кожей, проглатывание, внутриматочное Inhalation, swallowingn, skin contact ,swallowingn intramuslar	Канцероген, генотоксин, ЗЛ Carcinogenic, Genetoxin, LD
Соединения лития Lithium compounds	Батареи и аккумуляторы, термоэлектрхимические преобразователи Batteries and accumulators, thermoelectrochemical converters,	Воздух, почва, вода, растительные продукты питания Air, soil, water, plant foodstuffs	Вдыхание, контакт с кожей, всасывание Inhalation, skin contact, suction	ЗЛ LD
Соединения бария Compounds of baium	Батареи и аккумуляторы, рентгеновские аппараты Batteries and accumulators, x-ray machines	Воздух, почва, вода, продукты питания Air, soil, water, foodstuffs	Вдыхание, контакт с кожей, всасывание Inhalation, skin contact, absorption	Заболевания желудочно-кишечного тракта (ЗЖКТ), ССЗ, заболевания глаз, судороги, сердечная недостаточность Diseases of the gastrointestinal tract (GI tract), HCD, eye diseases, seizures, heart failure
Бериллий и соединения Beryllium and compounds	Интегральная схема, компоненты радиоэлектронной аппаратуры, блок питания, компьютер, флюоресцентная лампа, рентгеновский аппарат Integrated circuit, electronic components, power supply, computer, fluorescent lamp, x-ray machine	Воздух, продукты питания, вода Air, foodstuffs, water	Дыхательный, проглатывание, внутрибрюшной Respiratory, ingestion, intra-abdominal	Канцерогенный, острый и хронический пневмонит, саркоидоз, острый бериллиоз Carcinogenic, acute and chronic pneumonitis, sarcoidosis, acute berylliosis
Медь и соединения Copper and compounds	Интегральная схема, компоненты оборудования, разъемы, печатная плата, провод Integrated circuit, hardware components, connectors, printed circuit board, wire	Воздух, вода, продукты питания Air, water, foodstuffs	Вдыхание, проглатывание inhalation, swallowingn	ЗЖКТ, болезнь Альцгеймера, атеросклероз LD, Alzheimer's disease, atherosclerosis

Обсуждение

Как видно, ЭО содержит ряд опасных элементов и соединений, которые при определенных условиях могут нанести вред человеку при неправильной утилизации или потенциальной угрозой здоровью. Поэтому решение проблемы ЭО является одной из самых актуальных и важных экологических проблем, стоящих перед каждой страной. Это требует создания эффективной системы управления ЭО. Известно, что такая система обращения с отходами, в том числе с опасными ЭО, создана и развивается в ряде развитых и развивающихся стран [17].

В Азербайджане была проделана определенная работа по обращению с опасными отходами. Например, была подписана Базельская конвенция [15] в 1996 г. (присоединилась к Конвенции в 2001 г.), приняты рамочный Закон Азербайджанской Республики «О бытовых и производственных отходах» (1998) (вторая редакция принята в 2007 г.) [18], Постановления кабинета министров АР «Требования к обращению с медицинскими отходами» (2007 г.), «Правила сертификации опасных отходов» (2003 г.), «Государственная стратегия обращения с опасными отходами в Азербайджанской Республике» (2004 г.) и др. нормативные акты. Однако эти документы не в полной мере отвечают современным требованиям, а некоторые положения противоречат международным нормам [19]. Также на сегодняшний день не разработана специальная правовая база по обращению с ЭО и не создана соответствующая инфраструктура переработки. До сих пор ЭО, образующийся в домашних хозяйствах, на предприятиях утилизируется как смешанные отходы. Например, по данным Госкомстата Азербайджанской Республики, в 2016 году в стране было собрано опасных ЭО, содержащих 2,0 тонны ртути, 4,1 тонны люминесцентных ламп, 41,6 тонны батарей и аккумуляторов, которые утилизированы на полигонах без надлежащей переработки-методом захоронение [20]. Эта практика была продолжена и в последующие годы (с меньшей массой). Более серьезную угрозу собственному здоровью и здоровью окружающих представляет деятельность неформальных групп («черных утилизаторов»), занимающихся переработкой отходов кустарными способами на своем участке или на свалках.

Поэтому, по мнению авторов, учитывая экологических, экономических, технологических, социальных, культурных и других национальных особенностей нашей страны, создание эффективной системы управления ЭО должно стать одной из самых актуальных задач, стоящих перед государством.

Для этого:

- необходимо глубоко проанализировать текущую ситуацию и проблемы в области управления отходами и ЭО в нашей республике;
- изучить опыт передовых стран и начать работу по созданию национальной системы управления ЭО. Эта система базируется на специальной законодательной базе, организационно-управленческих методах и механизмах, финансировании, системе информационного обеспечения и т. д. Также необходимо создание инфраструктуры, охватывающей весь жизненный цикл – с момента образования до полной переработки (селективный сбор, хранение (складирование), повторное использование, первичная обработка и вторичное переработка, захоронение, ликвидация и т. д.).

Заключение

В статье рассмотрены экологические проблемы, вызванные отходами электрического и электронного оборудования и обоснована актуальность решения этих проблем. Отмечено, что ЭО содержит ряд химических элементов, соединений и материалов, которые могут стать потенциальным источником опасности для здоровья персонала и людей, если их не подвергнуть к надлежащей утилизации. Выяснено, что с момента перехода ЭЭО в категорию отходов он подвергается трем условиям: смешивается с другими отходами и выбрасывается на свалки, сжигается или закапывается. Во всех трех случаях определены загрязняющие свойства веществ и соединений, образующихся в воздухе, почве и водоемах. Систематизированы ЭО, содержащие опасные элементы, соединения и материалы, и предложено классифицировать их по принципу «безопасные-опасные». Также систематизированы основные заболевания и патологические состояния, создаваемые ЭО. Выявлены причинно-следственные связи между вредной средой, создаваемой опасными компонентами ЭО, каналов передачи в организм человека и состоянием здоровья.

Литература

- 1 Directive 2012/19/EU of the European Parliament and the Council of 4 July 2012. On waste, electrical and electronic equipment.
- 2 Directive 2008/98/ec of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives.
- 3 Balde C.P., Forti V., Gray V., Kuehr R. et al. The global e-waste monitor 2017: Quantities, flows and resources. – United Nations University, International Telecommunication Union, and International Solid Waste Association, 2017.
- 4 Forti V., Balde C.P., Kuehr R., Bel G. The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential. 2020.

- 5 Коняев А.Ю., Назаров С.Л., Казанцев Р.О., Якушев Н.С. и др. Переработка электронного лома: применение электродинамических сепараторов // Твердые бытовые отходы. 2014. № 2. С. 26-31.
- 6 Shubov L.Ya., Ivankov S.I., Skobelev K.D., Doronkina I.G. et al. Systematization of processing technologies and utilization of electronic and electrical scrap // Ecological systems and devices. 2020. № 2. P. 35–48. doi: 10.25791/esip.02.2020.1138
- 7 Sankhla M.S., Kumari M., Nandan M., Mohril S. et al. Effect of Electronic waste on Environmental & Human health-A Review // Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology. 2016. V. 10. P. 98–104. doi: 10.9790/2402–10090198104
- 8 Агаев Б.С., Мехтиев Ш.А., Алиев Т.С. О вредных воздействиях медицинского электронного оборудования и его отходов на здоровье человека и окружающую среду // Информационное общество. 2018. № 6. С. 30-38.
- 9 Wang F., Huisman J., Balde K., Stevels A. A systematic and compatible classification of WEEE // 2012 Electronics Goes Green 2012+. IEEE, 2012. P. 1-6. URL: [https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid % 3Ad2185f76–94cf-4c98-a719-cf81ff538ea1](https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3Ad2185f76-94cf-4c98-a719-cf81ff538ea1)
- 10 Forti V., Baldé K., Kuehr R. E-waste statistics: guidelines on classifications, reporting and indicators. 2018. URL: https://www.researchgate.net/publication/331714941_E-waste_statistics_Guidelines_on_analizi
- 11 Grant K., Goldizen F.C., Sly P.D., Brune M.N. et al. Health consequences of exposure to e-waste: a systematic review // The lancet global health. 2013. V. 1. № 6. P. e350–e361. doi: 10.1016/S2214-109X(13)70101-3
- 12 Sonawane P.M., Gupta S.G. Detailed Quantification of Toxic and Precious Metal Content of Scrap Mobile PCB by FE SEM/EDAX and Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy Method // Applied Ecology and Environmental Sciences. 2020. V. 8. № 2. P. 55–63. doi: 10.12691/aees-8–2–3
- 13 ГОСТ 12.1.007–76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200233>
- 14 СП 2.1.7.1386–03. Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления.
- 15 Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal. URL: <https://eur-le>
- 16 Directive 2011/65/EU of the European Parliament and of the Council of 8 June 2011. On the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment (RoHS).
- 17 Агаев Б.С., Алиев Т.С. On the practice of electronic waste management in the European Union // Problems of the Information Society. 2015. № 1. P. 81–87.
- 18 Law of the Republic of Azerbaijan on Industrial and Domestic Waste, 1998.
- 19 Обзор существующего национального и международного законодательства в области контроля трансграничных перемещений опасных отходов и экологически безопасного управления ими в странах СНГ. Москва: Центр международных проектов, 2015. 244 с.
- 20 Государственный комитет по статистике Азербайджанской Республики. Переработка сырья. Статистический бюллетень, 2016. URL: http://www.stat.gov.az/source/environment/az/bul/evr_04_2016.pdf

References

- 1 Directive 2012/19/EU of the European Parliament and the Council of 4 July 2012. On waste, electrical and electronic equipment.
- 2 Directive 2008/98/ec of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives.
- 3 Balde C.P., Forti V., Gray V., Kuehr R. et al. The global e-waste monitor 2017: Quantities, flows and resources. United Nations University, International Telecommunication Union, and International Solid Waste Association, 2017.
- 4 Forti V., Balde C.P., Kuehr R., Bel G. The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential. 2020.
- 5 Konyayev A.Yu., Nazarov S.L., Kazantsev R.O., Yakushev N.S. et al. Processing of electronic scrap: the use of electrodynamic separators. Municipal solid waste. 2014. no. 2. pp. 26-31. (in Russian).
- 6 Shubov L.Ya., Ivankov S.I., Skobelev K.D., Doronkina I.G. et al. Systematization of processing technologies and utilization of electronic and electrical scrap. Ecological systems and devices. 2020. no. 2. pp. 35–48. doi: 10.25791/esip.02.2020.1138
- 7 Sankhla M.S., Kumari M., Nandan M., Mohril S. et al. Effect of Electronic waste on Environmental & Human health-A Review. Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology. 2016. vol. 10. pp. 98–104. doi: 10.9790/2402–10090198104
- 8 Агаев Б.С., Мехтиев Ш.А., Алиев Т.С. On the harmful effects of medical electronic equipment and its waste on human health and the environment. Information society. 2018. no. 6. pp. 30-38. (in Russian).
- 9 Wang F., Huisman J., Balde K., Stevels A. A systematic and compatible classification of WEEE. 2012 Electronics Goes Green 2012+. IEEE, 2012. pp. 1-6. Available at: [https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid % 3Ad2185f76–94cf-4c98-a719-cf81ff538ea1](https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3Ad2185f76-94cf-4c98-a719-cf81ff538ea1)
- 10 Forti V., Baldé K., Kuehr R. E-waste statistics: guidelines on classifications, reporting and indicators. 2018. Available at: https://www.researchgate.net/publication/331714941_E-waste_statistics_Guidelines_on_analizi
- 11 Grant K., Goldizen F.C., Sly P.D., Brune M.N. et al. Health consequences of exposure to e-waste: a systematic review. The lancet global health. 2013. vol. 1. no. 6. pp. e350–e361. doi: 10.1016/S2214-109X(13)70101-3
- 12 Sonawane P.M., Gupta S.G. Detailed Quantification of Toxic and Precious Metal Content of Scrap Mobile PCB by FE SEM/EDAX and Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy Method. Applied Ecology and Environmental Sciences. 2020. vol. 8. no. 2. pp. 55–63. doi: 10.12691/aees 8–2–3
- 13 GOST 12.1.007–76. Harmful substances. Classification and general safety requirements. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/5200233>
- 14 SP 2.1.7.1386–03. Sanitary rules for determining the hazard class of toxic production and consumption wastes.

15 Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legislation/summary/text/html/object/html/summary.do?uri=CELEX:32011D0016:EN:HTML>

16 Directive 2011/65/EU of the European Parliament and of the Council of 8 June 2011. On the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment (RoHS).

17 Agaev B.S., Aliev T.S. On the practice of electronic waste management in the European Union. *Problems of the Information Society*. 2015. no. 1. pp. 81–87.

18 Law of the Republic of Azerbaijan on Industrial and Domestic Waste, 1998.

19 Review of existing national and international legislation in the field of control of transboundary movements of hazardous wastes and their environmentally sound management in the CIS countries. Moscow: Center for International Projects, 2015. 244 p. (in Russian).

20 State Statistics Committee of the Republic of Azerbaijan. Processing of raw materials. *Statistical Bulletin*, 2016. Available at: http://www.stat.gov.az/source/environment/az/bul/evr_04_2016.pdf (in Russian).

Сведения об авторах

Бикес С. Агаев к.т.н., доцент, заведующий лабораторией №4, Институт Информационных Технологий Национальной Академии Наук Азербайджана, ул. Б.Вагабзаде, 9 А, г. Баку, AZ1141, Азербайджан, bikies418@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-5258-7718>

Мая Я. Абдуллаева к.х.н., кафедра нефтехимическая технология и промышленная экология, Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, пр-т Азадлыг, 20, г. Баку, AZ1010, Азербайджан, adnsu_omtse_35@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1380-1216>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Bikes S. Agayev Cand. Sci. (Engin.), associate professor, department head №4, Institute of Information Technology, Azerbaijan National Academy of Sciences Technologies, B. Vahabzade str., 9A, Baku, AZ1141, Azerbaijan, bikies418@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-5258-7718>

Maya Ya. Abdullayeva Cand. Sci. (Chem.), Petrochemical technology and industrial ecology department, Azerbaijan State Oil and Industry University, Azadlig Av., 20, Baku, AZ1010, Azerbaijan, adnsu_omtse_35@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1380-1216>

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 05/04/2022	После редакции 29/04/2022	Принята в печать 01/06/2022
Received 05/04/2022	Accepted in revised 29/04/2022	Accepted 01/06/2022