



St. Petersburg

YSU 2020

INTERNATIONAL CONGRESS ON
NEW TRENDS IN SCIENCE,
ENGINEERING AND TECHNOLOGY

PROCEEDING &
ABSTRACTS BOOK

ISBN: 978-625-400-393-6

О вредном влиянии медицинского и компьютерного оборудования и их электронных отходов на здоровье человека

Агаев Б. С
Институт Информационных Технологий НАНА,
bikies418@gmail.com
Баку, Азербайджан

Мехтиев Ш.А
Институт Информационных Технологий НАНА,
shakir.mehtieff@gmail.com
Баку, Азербайджан

Аннотация

В статье анализируются потенциальные угрозы, которые создают медицинские электронные и компьютерные оборудования и их отходы для здоровья человека. Как объект угрозы, исследуются воздействующие факторы веществ и компонент, используемых в этих оборудованьях и их отходах. Рассматриваются физиологические и эпидемиологические, а также экологические воздействия этих факторов. Обоснована необходимость создания эффективной системы управления, охватывающей их жизненный цикл и безопасной переработки.

Ключевые слова: медицинские электронные отходы, компьютерные отходы, вредное воздействие, санитарно-эпидемиологические нормы, переработка отходов, система управления отходами

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время информационно-коммуникационные технологии являются базовыми факторами в развитии любой сферы деятельности. В современной медицине использование средств, электрического и электронного оборудования (далее, ЭО) проявляется в наиболее концентрированном виде. В XX веке революционные открытия и изобретения в области полупроводниковой физики, компьютерной и сетевой техник и технологий дали толчок интенсивному развитию медицинских практик на их основе и, соответственно, привели к существенному росту парка оборудования в этой области. Однако перечисленное выше обстоятельство создает определенные проблемы. Сущность этих проблем заключается в том, что большинство эксплуатируемые медицинские электронные оборудования (далее, МЭО) и их отходы (далее, отходы медицинских электронных оборудований – ОМЭО), как потенциальные источники экологических, эпидемиологических, токсикологических, радиологических и других опасностей, создают угрозы здоровью человека и окружающей среде.

При несоблюдении правил эксплуатации МЭО, предусмотренных проектной документацией, а также при утрате ими потребительских свойств, переходе в разряд отходов и ненадлежащей утилизации ОМЭО превращаются в источник серьезных угроз здоровью человека и окружающей среде. Эта проблема в наиболее остром виде проявляется в странах, где отсутствуют централизованная переработка и полнофункциональная система управления ЭО (документирование отходов, селективный сбор, транспортировка и складирование, первичная и вторичная переработка, обезвреживание или их уничтожение). Обращение с ЭО, относящимися к классу опасных отходов – классу Г, как со смешанными твердыми бытовыми отходами, приводит к тому, что, будучи выброшены на полигоны, они под воздействием внешних факторов, таких как солнечные лучи, осадки, ветер, возгорания и т.п., разлагаясь, загрязняют атмосферу, почву, грунтовые воды и водные бассейны. С другой стороны, целями новой стратегии хозяйственной деятельности в сфере отходов, изложенной в докладе Комиссии “Наше общее будущее” на

Генеральной Ассамблее ООН в 1987 г., являются экономное использование и сохранение природных ресурсов для будущих поколений. Эта стратегия предполагает создание замкнутого цикла хозяйственной деятельности, когда металлы и прочие полезные вещества и материалы должны быть извлечены из состава отходов и вновь введены в хозяйственный оборот, замещая собой первичные природные ресурсы [1]. Поэтому создание системы управления ЭО, как составной части системы управления отходами, является для каждой страны весьма важной и актуальной задачей.

В статье исследуются влияния медицинского и компьютерного оборудования и их отходов на здоровье человека.

ВЛИЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА, КОМПОНЕНТЫ И ФАКТОРЫ МЭО И ИХ ОТХОДОВ

В технической литературе даются различные подходы к классификации медицинского оборудования. ОМЭО, с нашей точки зрения, целесообразно классифицировать с учетом критерия степени опасности по их эпидемиологическому, токсикологическому и радиационному воздействию:

- неопасные (инертные) отходы;
- опасные отходы;
- чрезвычайно опасные отходы;
- радиоактивные отходы.

Можно с уверенностью спрогнозировать, что дальнейшее развитие телемедицины, мобильного здравоохранения, медицинских нанотехнологий, компьютерной диагностики и других перспективных медицинских практик приведет к появлению новых классификационных групп и резкому увеличению номенклатуры оборудования.

Согласно санитарно-гигиеническим правилам и нормам источниками потенциальных угроз здоровью человека и окружающей среде являются следующие физические факторы и вещества в составе МЭО.

Электромагнитные волны (электромагнитное излучение–ЭИ) ЭИ проявляется воздействием на окружающую среду электромагнитного поля, создаваемого электрическим током. Следующие виды ЭИ создают потенциальные угрозы здоровью человека и окружающей среде:

- радиоволны – 30 кГц - 300 ГГц;
- инфракрасные волны – 300 ГГц- 429 ТГц;
- ультрафиолетовые волны – $3 \cdot 10^5$ ТГц - $3 \cdot 10^7$ ТГц;
- ионизирующее излучение – $3 \cdot 10^7$ ТГц -> $6 \cdot 10^{10}$ ТГц.

Последняя группа волн по физическим характеристикам делится на рентгеновское, альфа, бета, гамма излучения и нейтронные частицы.

Радиоволны. Излучение радиоволн происходит, например, при работе вакуумной электроники (СВЧ-лампы, магнетроны и т.п.), мобильных телефонов, Bluetooth-устройств, сетевых беспроводных устройств Wi-Fi и т.д. В качестве санитарных норм приняты допустимые значения напряженности электромагнитного поля 25 А/м в диапазоне частот 5 ГГц-2кГц и 2,5 А/м в диапазоне частот 2 кГц-400 кГц на расстоянии 50 см от источника; плотности магнитного потока

250 гТл в диапазоне частот 5 Гц-2кГц и 25 гТл в диапазоне частот 2кГц-400 кГц и поверхностного электростатического потенциала 500 В.

Превышение санитарных норм приводит к увеличению тяжелых ионов в помещении и, как следствие, вызывает покраснение глаз, головные боли, чувство усталости, выпадение волос, экзему, аллергию и другие симптомы. Радиоволны также мешают нормальной работе электроприборов. Например, для больного сердца электромагнитное излучение, генерируемое кардиостимулятором выше допустимого значения, смертельно опасно [2].

Инфракрасное излучение (ИКИ). В малых дозах используется в терапевтических целях. Это связано с тепловым эффектом, создаваемым ИКИ в подкожных тканях. Однако при превышении дозы и времени облучения ИКИ вызывают глубокий перегрев тканей, что проявляется в нарушениях водно-солевого баланса и сопровождается болезнями кожи, глаз, мозговыми нарушениями и т.п.

Ультрафиолетовое излучение (УФИ). В малых дозах УФИ обладает антибактериальными свойствами, оказывает благотворное действие на организмы, способствует образованию витаминов группы D, однако превышение предельных доз вызывает ожоги кожи, увеличивает риски злокачественных опухолей, катаракты глаз и других болезней.

Ионизирующее излучение (ИИ). ИИ связано с процессом получения энергии рентгеновских и гамма-излучений и альфа, бета и нейтронных частиц из атомов некоторых веществ. Радиоактивность проявляется при делении атомов вещества и создании потока энергии ИИ. Результатом этого процесса является появление радионуклидов. Таким образом потоки элементарных частиц, распространяясь в окружающей среде, проникают в живые организмы. ИИ в определенных дозах (мощность и длительность излучения) вызывают изменения в ядрах атомов живых тканей и как продукт деления ядерной реакции превращают их в заряженные ионы. В результате в тканях нарушается нормальное течение биологических реакций, а это, в свою очередь, может вызвать острые реакции, такие как покраснение кожи, выпадение волос, радиационные ожоги или лучевой синдром [3-4].

Звук и шумы Генерируются при работе некоторых МЭО. В технической литературе шум определяется как нежелательный уровень звука, создающий дискомфортные условия для человека [5].

В настоящее время для количественных и качественных оценок шума введены такие термины как «акустическая экология» и «шумовое загрязнение».

Если кратковременное воздействие звука выше нормы (шума) вызывает чувство тревоги, дискомфорт, нервное возбуждение, то длительное воздействие сверхнормативных шумов вызывает повреждения слухового аппарата и, как следствие, приводит к потере слуха (глухоте). Результаты проведенных исследований показали, что шумы негативно влияют на нормальную жизнедеятельность организма и оказывают психологические (нервные срывы, стресс, беспокойство), физические (помехи, препятствующие общению) и физиологические (нарушения

кровообращения, глухота, тиннитус: присутствие несуществующих звуков, гиперacusия: аномально острый слух или болезненная чувствительность к слышимым звукам и др.) воздействия.

В составе некоторых МЭО имеются такие химические элементы и их соединения, которые по степени вредного воздействия на здоровье человека и окружающую среду при соблюдении эксплуатационных правил являются инертными и безопасными. Однако, при переходе в разряд отходов и в определенных условиях, а также при ненадлежащей утилизации и переработке могут превратиться в источники опасностей. По степени воздействия ряд этих веществ и их соединения могут быть токсичными, радиоактивными, канцерогенными, инфекционными, тератогенными, мутагенными и могут оказывать вредное воздействие на здоровье человека и окружающую среду.

Лечебно-профилактическое учреждение вне зависимости от его профиля в результате своей деятельности образует различные по фракционному составу и степени опасности отходы. Все отходы здравоохранения разделяются по степени их эпидемиологической, токсикологической и радиационной опасности на пять классов опасности [6]:

- класс А – эпидемиологически безопасные отходы по составу приближенные к твердым бытовым отходам;
- класс Б – эпидемиологически опасные отходы;
- класс В – эпидемиологически чрезвычайно опасные отходы;
- класс Г – токсикологически опасные отходы;
- класс Д – радиоактивные отходы.

Токсикологически опасные отходы (класс Г), в свою очередь, по степени их токсикологической вредности разделяются на четыре класса опасности [7]:

- класс 1 – чрезвычайно опасные отходы;
- класс 2 – высокоопасные отходы;
- класс 3 – умеренно опасные отходы;
- класс 4 – малоопасные отходы.

Здесь термин “вредное вещество” определяется согласно ГОСТ-у 12.1.007.76, как “вещество, которое при контакте с организмом человека может вызвать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений” [8].

Во всех развитых и в некоторых развивающихся странах обращение с электронными отходами, в том числе с ОМЭО, ведется на основе специального законодательства экологического права. Например, в странах ЕС обращение с вредными отходами регулируется Директивами 2012/19/EU «Об отходах электрического и электронного оборудования» (последняя редакция) [9], 91/689/ЕЕС «Об опасных веществах» [10], 2011/65/EU «Ограничение использования некоторых опасных веществ в электрическом и электронном оборудовании» (RoHS) [11] и многими другими документами. Например, последняя Директива запрещает использовать свинец, кадмий, ртуть, 6-ти валентный хром, полибромдифенил и его эфиры в производстве оборудования. Запрет импорта на территорию стран ЕС продукции без сертификата RoHS-2 (2-ая редакция), подтверждающего

отсутствие опасных веществ, действует с января 2013 г. Согласно этой же Директиве, начиная с 22 июля 2014 г. по 22 июля 2016 г., поэтапно для групп оборудования, прописаны ограничения при использовании опасных веществ: масса этих веществ не должна превышать 0,1% общей массы конструкции (для кадмия и его соединений не более 0,01%).

Рассмотрим особо вредные для здоровья человека и окружающей среды вещества в составе МЭО и ОМЭО.

Тяжелые металлы. Hg (ртуть), Cr (хром), Cd (кадмий), Ba (барий), Tl (таллий), Bi (висмут) и др. Они используются в ряде магнитно-ядерных МЭО, в телевизорах, смартфонах, флуоресцентных лампах и т.д. При попадании их соединений в организм человека могут стать причиной болезней поджелудочной железы, рака легких и лейкемии. Например, использование ртути регулируется Минаматской конвенцией, в которой предписаны действия международного сообщества по сокращению (вплоть до полного прекращения) производства ртутьсодержащих приборов, в особенности, медицинских. Ртуть признана веществом, оказывающим значительное неврологическое и иное воздействие на здоровье человека, при этом выражается особая обеспокоенность ее пагубным воздействием на еще не родившихся детей и младенцев [12].

Бромосодержащие вещества. Бромосодержащие вещества, в том числе полибромдифенильные эфиры (например, антипирен), используются для увеличения огнеустойчивости и пластичности компонента МЭО, например, кабелей и проводов, различных пластмассовых изделий. Пары и дым этих эфиров, попадая в организм человека (на этапах производства и монтажа ЭО), оказывают канцерогенный эффект, раздражают слизистые оболочки глаз и дыхательные пути, что вызывает аллергические реакции, тошноту, рвоту, подавляют деятельность центральной нервной системы и способствуют развитию кожных заболеваний. Кроме того, дифенил токсичен для почек, печени, сердечно-сосудистой и нервной систем.

Фталаты. Это пластификаторы, используемые для увеличения эластичности и прочности ПВХ, резины, каучука и других материалов. Входят в состав пластмассовых конструкций, кабелей, проводов и лакокрасочных материалов. Относятся к группе токсичных веществ. Обладают свойством самопроизвольного высвобождения, отделения от изделия и смешивания с воздухом. Могут проникать в организм (в форме монофталатов) через воздух, воду, пищу и кожу и распространяться по всем внутренним органам. Являются причинами болезней почек, печени и гормональной системы. Относятся к II классу токсичных веществ.

Поливинилхлорид (ПВХ). Эта высокомолекулярная пластическая масса применяется при изготовлении конструктивных элементов МЭО и как изолирующий материал в кабелях и проводах (с добавлением антипиренов). Под влиянием солнечных лучей и, в особенности, при горении образуют чрезвычайно вредные (I класс опасности) канцерогенные диоксины. Диоксины нарушают гормональный баланс и репродуктивные функции организма, вызывают злокачественные образования.

ВЛИЯЮЩИЕ КОМПОНЕНТЫ И ФАКТОРЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ И ИХ ОТХОДОВ

Компьютеры. Для человека угрозу, в основном, представляют мониторы старого типа на электронно-лучевой трубке (ЭЛТ), системный блок и тонеры картриджей лазерных принтеров. В настоящее время парк компьютерных мониторов обновился и его основу составляют мониторы на

жидких кристаллах. Интенсивность излучений и нагрузка на зрение от мониторов на жидких кристаллах и их разновидностей существенно меньше. Однако в процессе их изготовления еще используются чрезвычайно опасные ртуть, кадмий, олово и другие тяжелые металлы. В случае поломки (разгерметизации) этих мониторов пары ртути могут создать серьезную угрозу пользователям.

Лазерные картриджи. Используемый в картриджах лазерных принтеров порошок- тонер при несоблюдении правил эксплуатации и утилизации является потенциально опасным. Основные составляющие тонера, это сажа и магнетит. Для улучшения качественных характеристик в состав тонера добавляют железо, титан, окись алюминия, бензол, а в некоторых случаях - дибутил и трибутил в допустимых (безопасных) концентрациях. Размеры микрочастиц тонера равны 3-4 микронам, что в 10-15 раз меньше размеров обычной пыли. Они без запаха и невидимы невооруженным взглядом. При разгерметизации картриджа микрочастицы тонера, распространяясь по воздуху, через дыхательную систему проникают в легкие и накапливаются в них, вызывая такие болезни как астма и силикоз [13]. Средства индивидуальной защиты (респиратор и противогаз) не могут задерживать микрочастицы таких размеров.

Химические источники питания постоянного тока. Это батареи одноразового использования и многократно заряжаемые аккумуляторы. По степени опасности батареи и аккумуляторы относят к I классу (чрезвычайно опасные отходы) и являются причинами серьезных последствий, вызываемых тяжелыми металлами в их составе. В их состав входят (в зависимости от типов) ртуть, кадмий, олово, цинк, никель, литий, марганец, щелочи. Также при возгорании источников питания выделяются сложные соединения и газообразные вещества, наносящие вред человеку. Проведенные эксперименты показали, что высокотоксичные химические соединения в одной использованной батарее могут сделать 1000 м³ воды непригодной к использованию. При захоронении батарей и аккумуляторов на полигонах твердых бытовых отходов в результате эрозии металлических покрытий эти химические соединения могут легко просочиться в грунтовые воды. В то же время становятся непригодными к использованию продукты растениеводства и животноводства на ближайших к полигонам земельных участках.

В ЕС, согласно Директиве 2006/66/ЕС “О батареях и аккумуляторах” [14], запрещено выбрасывать эти устройства совместно с твердыми бытовыми отходами. Предусмотрены различные санкции из-за нарушений положений Директивы.

Об утилизации отходов медицинской и компьютерной техники в Азербайджане В Азербайджане нет специальных предприятий по утилизации отходов медицинских и компьютерных оборудований, и в лучшем случае их просто закапывают в полигонах. Например, по данным статистического бюллетеня «Повторное использование сырья» Государственного комитета статистики Азербайджана в 2015 г., по причине отсутствия соответствующей системы управления и инфраструктуры переработки на полигоны отходов были выброшены без всякой предварительной переработки 0,2 т ртутисодержащих шламов, 3,9 т люминесцентных ламп, 27 т аккумуляторов и батарей, 717,9 т медицинских отходов (перечень не раскрывается) [15]. Поэтому, создания эффективной системы управления ЭО указанных оборудований, охватывающей их жизненный цикл от этапов образования до полной переработки и безопасной утилизации в Азербайджане, имеет большое значение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализируются физические факторы и явления, возникающие при производстве и работе медицинских и компьютерных оборудований, а также при превращении их в конце жизненного цикла в отходы для здоровья человека. Было установлено, что при использовании в медицинской практике электронного оборудования, и в их отходах, при определенных условиях, образуются вредные вещества и соединения, влияющие на здоровье человека и создающие экологические, эпидемиологические и токсикологические угрозы. Следовательно, создание безопасных условий работы персонала и соответствующей инфраструктуры по сбору и переработке этих ЭО весьма актуальная задача. Обоснована необходимость создания эффективной системы управления ЭО, охватывающей их жизненный цикл от этапов образования до полной переработки и безопасной утилизации в Азербайджане.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агаев Бикес С., Алиев Тарлан С. О практике управления электронными отходами в Европейском Союзе // Проблемы Информационного Общества, 2015, №1
2. Влияние радиоволн на организм человека.
<http://medbe.ru/news/nauka-i-tehnologii/vliyanie-radiovoln-na-organizm-cheloveka/>
3. СП 2.6.1.799-99. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности.
<http://files.stroyinf.ru/data1/7/7569/>
4. Ионизирующее излучение, последствия для здоровья и защитные меры. Информационный бюллетень ВОЗ №371, апрель 2016 г.
5. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
http://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=711
6. СП2.1.7.1386-03. Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления.
https://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/39/39761/index.php
7. СанПиН 2.1.7.2790-10. Санитарно-эпидемиологические требования к обращению с медицинскими отходами.
<http://www.sisterflo.ru/sanpins/SP2790-10.php>
8. ГОСТ 12.1.007-76*. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
<http://docs.cntd.ru/document/5200233>
9. Directive 2012/19/EU of the European Parliament and the Council of 4 July 2012. On waste, electrical and electronic equipment.
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32012L0019>
10. Council Directive 91/689/EEC of 12 December 1991. On hazardous waste.
<http://www.coprocem.com/documents/hazardous-waste-directive-91-689-eec.pdf>
11. 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.
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=celex:32011L0065>
12. Минаматская конвенция о ртути. ЮНЕП, 2013 г.
http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/Booklets/Minamata%20Convention%20on%20Mercury_booklet_Russianian.pdf
13. Класс опасности химических веществ тонера.
<http://greenologia.ru/utilizaciya-texniki/ofisnaya/nelzya-vybrasyvat-kartridzhy.html>
14. Directive 2006/66/EC of the European Parliament and of the Council. September 2006. On batteries and accumulators and repealing Directive 91/157/EEC
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32006L0066>
15. Государственный комитет статистики Азербайджанской Республики
http://www.stat.gov.az/source/environment/az/bul/evr_04_2016.pdf