

На правах рукописи

Горбунова Вера Владимировна

**Минимизация воздействия
отработанных химических источников
тока на окружающую среду**

03.02.08 – Экология

05.26.03 – Пожарная и промышленная безопасность

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Москва – 2011

Работа выполнена на кафедре Проблем устойчивого развития Института химии и проблем устойчивого развития Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева.

Научный руководитель доктор технических наук, профессор
Зайцев Валентин Алексеевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
заслуженный эколог России, профессор
Дуденков Сталь Васильевич,
Российская академия народного хозяйства и
государственной службы при Президенте РФ

доктор технических наук, профессор
Терпугов Григорий Валентинович,
Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева

Ведущая организация

Федеральное государственное учреждение «Научно-исследовательский центр по проблемам управления ресурсосбережения и отходами» (ФГУ «НИЦПУРО»)

Защита состоится «29» декабря 2011 года в 14⁰⁰ часов на заседании Диссертационного совета Д 212.204.14 при РХТУ им. Д.И. Менделеева по адресу 125047 Россия, г. Москва, Миусская пл., д. 9, корпус 4, ауд. 313.

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-библиотечном центре РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Автореферат диссертации разослан «29» ноября 2011 года.

Ученый секретарь

Диссертационного совета Д 212.204.14,
доктор химических наук, профессор

Ю.В. Сметанников

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В целях устойчивого развития человеческого общества важнейшей задачей является исследование влияния продукции различных отраслей промышленности на окружающую среду для установления пределов устойчивости компонентов биосферы к техногенному воздействию и минимизации оказываемого воздействия.

Жизнь современного человека невозможна без использования большого количества разнообразных устройств, нуждающихся в автономных источниках энергии, которые представлены химическими источниками тока (ХИТ) – устройствами, преобразующими химическую энергию протекающих в них окислительно-восстановительных реакций в электрическую. В связи с этим ХИТ производятся, и будут производиться в больших количествах. Содержание в ХИТ в качестве основных компонентов цветных металлов, являющихся высокотоксичными для человека и окружающей среды, в совокупности с масштабами потребления, обуславливают потенциальную опасность отработанных ХИТ.

Большинство исследований показали, что захоронение и сжигание отработанных ХИТ совместно с ТБО весьма опасно для окружающей среды. Поэтому в развитых странах созданы системы сбора отработанных ХИТ, все или отдельные типы которых, согласно законодательству этих стран, подлежат сбору. Опыт зарубежных стран показывает, что спорным вопросом является опасность захоронения марганцево-цинковых ХИТ, являющихся наиболее распространенными в настоящее время. Данный вопрос, а также неясность поведения ХИТ на разных стадиях разложения ТБО при захоронении делают актуальной экспериментальную оценку воздействия отработанных химических источников тока на окружающую среду.

Минимизация воздействия, оказываемого отслужившей свой срок продукцией, в том числе отработанными ХИТ, на окружающую среду, является одним из механизмов, обеспечивающих устойчивое развитие человеческого общества при сохранении биоразнообразия и стабильного состояния природной среды, а также средством, обеспечивающим снижение промышленной опасности технологических процессов обращения с ТБО и предупреждения аварийных ситуаций.

Помимо проблемы воздействия отработанных ХИТ на окружающую среду, важной является и ресурсная задача, поскольку ХИТ, в связи с высоким содержанием цветных металлов, могут рассматриваться как их высококонцентрированный источник. Поскольку сбор отработанных источников тока в нашей стране практически не осуществляется, они, являясь частью бытовых отходов, отправляются вместе с ними на полигоны (свалки) твердых бытовых отходов (ТБО) и мусоросжигательные заводы, где по этой причине ежегодно оказываются сотни и тысячи тонн высокотоксичных цветных металлов.

Организация сбора и дальнейшей переработки отработанных химических источников тока позволила бы решить одновременно и экологическую, и экономическую проблемы.

Представленная работа посвящена исследованию воздействия, оказываемого на окружающую среду отработанными химическими источниками тока при их удалении совместно с ТБО, а также разработке механизма его минимизации путем организации системы их сбора и переработки на примере г. Москвы.

Целью работы является изучение воздействия отработанных химических источников тока на окружающую среду и разработка механизма его минимизации.

Для достижения поставленной цели были решены следующие **основные задачи**:

1. Анализ современного состояния проблемы воздействия отработанных ХИТ на окружающую среду за рубежом и в России;
2. Исследование воздействия, оказываемого отработанными ХИТ на окружающую среду при их захоронении на полигонах (свалках) ТБО;
3. Оценка ущерба, наносимого окружающей среде при захоронении ХИТ;
4. Оценка готовности населения к участию в сборе отработанных ХИТ и предпочитаемых условий сбора;
5. Разработка предложений для законодательного регулирования обращения с ХИТ в целях снижения их негативного воздействия на окружающую среду;
6. Разработка предложений по организации сбора, сортировки и переработки отработанных ХИТ в г. Москве.

Научная новизна работы. Экспериментально определено выщелачивание цветных металлов из наиболее распространенных типов отработанных ХИТ на различных этапах разложения ТБО в условиях их захоронения на полигонах (свалках). Разработана методика оценки массы цветных металлов, переходящих из захораниваемых ХИТ в фильтрат полигона в различные периоды его функционирования, с учетом изменения условий выщелачивания в процессе разложения ТБО и ежегодного захоронения ХИТ.

Практическая ценность и реализация результатов работы. Разработан механизм минимизации воздействия отработанных ХИТ на окружающую среду путем организации системы их сбора с учетом предпочитаемых потребителями условий сбора и опыта зарубежных стран. Разработан проект изменений к федеральному законодательству по обращению с ХИТ. Оценен возможный ущерб от захоронения ХИТ на полигонах ТБО.

Апробация работы. Отдельные части работы представлялись на Международном молодежном конгрессе по химии и химической технологии «МКХТ-2005» (Москва, 2005), Всероссийской конференции «Исследования в области переработки и утилизации техногенных образований и отходов» (Екатеринбург, 2009), Межвузовской конференции

молодых ученых и студентов «Безопасность жизнедеятельности и проблемы устойчивого развития» (Москва, 2010).

Результаты работы использованы при принятии решения Управлением по организации обезвреживания и переработки отходов производства и потребления города Москвы (2007 г.) и на депутатских слушаниях в рамках Комиссии Московской городской думы по экологической политике (2008 г.). Предложения по законодательному регулированию обращения с отработанными ХИТ представлены в Комитет по экологии Государственной Думы IV созыва (2007 г.), в Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы (2009 г.), в Комитет по природным ресурсам, природопользованию и экологии Государственной Думы V созыва (2010 г.).

Публикации. По материалам диссертационной работы опубликовано 8 статей (3 из них в журналах, рекомендованных ВАК) и 3 тезисов докладов.

Структура диссертационной работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов, списка использованной литературы и двух приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность проблемы воздействия отработанных ХИТ на окружающую среду, сформулирована цель работы и необходимые для ее реализации задачи.

Глава 1 представляет собой литературный обзор по теме диссертационной работы. Рассмотрены основные типы используемых в быту химических источников тока: марганцево-цинковые (солевые и щелочные), воздушно-, ртутно- и серебряно-цинковые, литий-диоксидмарганцевые, никель-металлгидридные, никель-кадмиевые и литий-ионные. Проанализированы результаты исследований воздействия, оказываемого на окружающую среду при захоронении и сжигании отработанных ХИТ совместно с ТБО. Рассмотрен опыт организации обращения с отработанными ХИТ в зарубежных странах, включая законодательные основы, способы сортировки и технологические схемы их переработки.

В **главе 2** проанализировано обращение с отработанными ХИТ в Москве и России. Оценено, по данным потребления ХИТ в Германии, общее потребление ХИТ жителями и работающими г. Москвы, которое составило 5,1 тыс. т/год (232 млн. шт./год). По данным социологического исследования (раздел 4.1), потребление ХИТ в г. Москве составляет 120-250 млн. шт. ежегодно (в среднем 185 млн. шт./год), что составляет в среднем 14 шт./год на человека. Что касается потребления ХИТ в России в целом, то оценка, проведенная на основании данных социологического исследования в Краснодарском крае, показала, что потребление составляет 0,6-1,8 млн. шт./год на 100 000 человек, что в расчете на население страны составляет 0,85-2,55 млрд. шт./год (в среднем 12 шт./год на человека).

Анализ действующего законодательства об обращении с отходами показал, что ни федеральное, ни московское законодательства не регламентируют обращение с отработанными источниками тока, образующимися у населения. В московском законодательстве есть основы для регулирования обращения с образующимися у организаций отработанными ХИТ, установленные Законами г. Москвы (№ 68 от 30.11.2005 и № 45 от 21.11.2007) и Постановлениями Правительства Москвы (№ 391-ПП от 22.05.07, № 865-ПП от 14.10.2003), однако они не реализуются из-за отсутствия системы обращения с отработанными ХИТ.

Что касается практического опыта сбора отработанных ХИТ у населения, то в последнее время такие попытки проводятся, в частности, в ряде образовательных учреждений. Сбором отработанных источников тока у организаций в г. Москве, в основном аккумуляторов, сдаваемых в составе списываемой оргтехники и оборудования, осуществляется рядом организаций, имеющими лицензию на соответствующий вид деятельности. Однако все эти шаги в направлении решения проблемы не имеют продолжения из-за отсутствия законодательно закрепленного механизма, приводящего к минимизации воздействия отработанных ХИТ на окружающую среду.

Глава 3, состоящая из четырех разделов, посвящена оценке воздействия отработанных ХИТ на окружающую среду. Как показывает большинство исследований, отработанные ХИТ представляют собой серьезную опасность для человека и окружающей среды при их захоронении и сжигании совместно с ТБО. Спорность вопроса об опасности захоронения марганцево-цинковых ХИТ и неясность поведения ХИТ на различных стадиях разложения ТБО при их захоронении на полигонах (свалках) потребовали проведения специального исследования, позволяющего оценить выщелачивание металлов из химических источников тока.

Немаловажным представляется вопрос содержания ртути в марганцево-цинковых ХИТ, который, как показывает ряд исследований, решен не полностью даже в европейских странах, несмотря на законодательное ограничение.

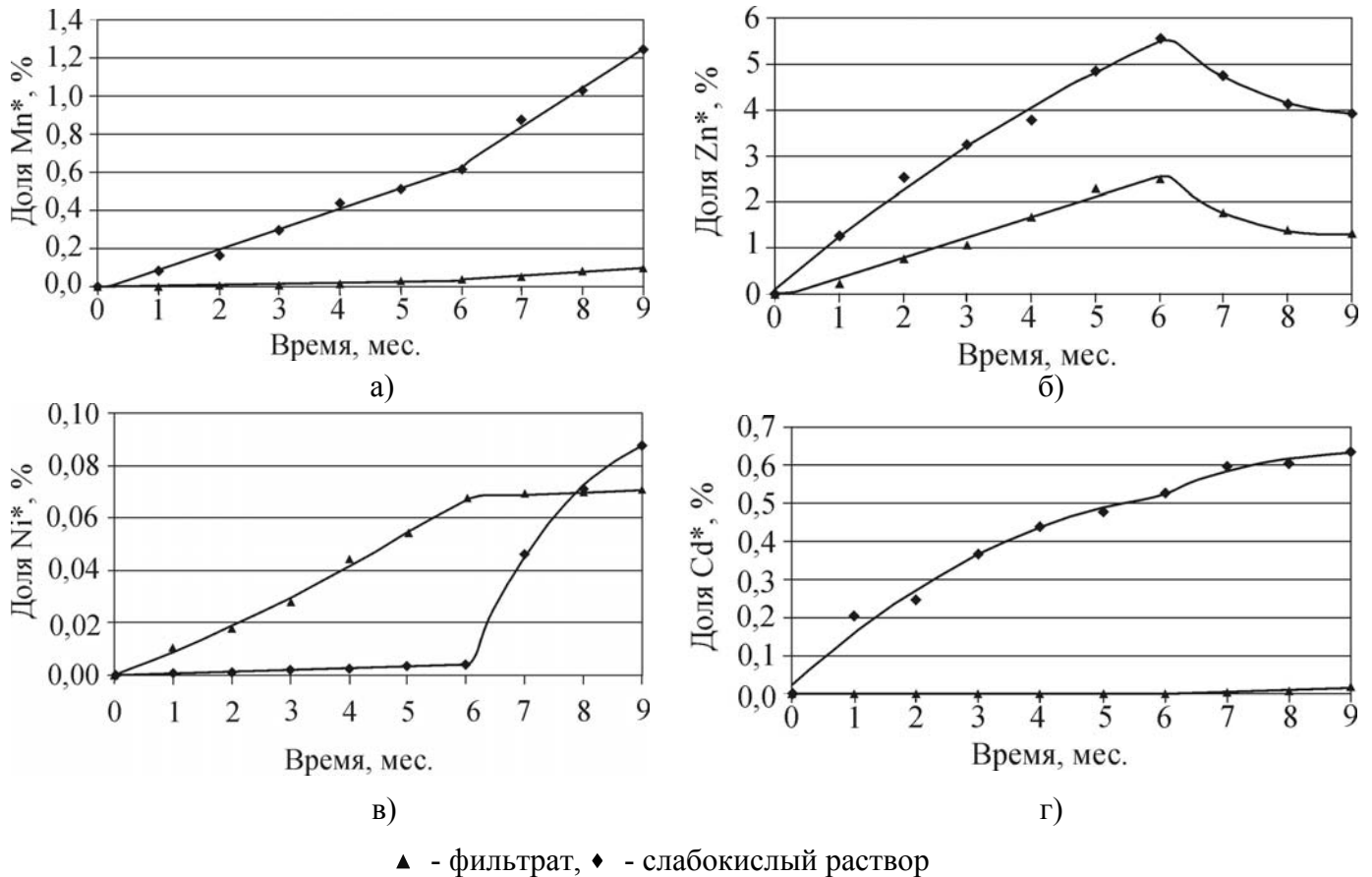
В *разделе 3.1* исследован процесс выщелачивания отработанных ХИТ в условиях захоронения на полигонах ТБО. В первую очередь, под воздействием коррозионных фильтрационных вод, разрушению подвергаются внешние элементы, затем – составляющие электродов, представляющие основную опасность для окружающей среды. Таким образом, важным моментом, определяющим скорость воздействия ХИТ на окружающую среду, является время их вскрытия. Анализ данных эксперимента таиландских ученых и результаты проведенного нами исследования позволяют оценить период вскрытия ХИТ в 6-7 недель.

В качестве образцов ХИТ, кроме марганцево-цинковых, были исследованы никель-кадмиевые из-за своей распространенности (второе место среди отработанных ХИТ в Германии в 2010 г., третье в 2009 г.) и высокой токсичности кадмия. С целью оценки выщелачивания компонентов электродов, которое в условиях захоронения происходит после вскрытия корпуса, была проведена предварительная обработка (вскрытие) ХИТ.

Выщелачивание образцов ХИТ проводилось слабокислым раствором (рН 4) и фильтратом полигона ТБО (рН 7). Выбор выщелачивающих растворов основан на анализе опубликованных характеристик фильтратов различных полигонов и сведений о процессах разложения отходов на полигонах. В связи с тем, что состав образующихся на полигоне фильтрационных вод сложен и малоизучен, а потому не может быть смоделирован в лабораторных условиях, работа проводилась с фильтратом, отобранном на действующем подмосковном полигоне ТБО. Важным фактором для выщелачивания металлов является значение рН фильтрата полигона, который, как показал анализ литературы, находится в диапазоне от 4 до 9. При рН 9 металлы находятся в растворах преимущественно в виде малорастворимых гидроксидов. Учитывая это, а также значение рН отобранной пробы фильтрата действующего полигона, составившее 7, была проведена оценка выщелачивания ХИТ в условиях кислого фильтрата, образующегося на начальных стадиях разложения отходов и характеризующегося низким содержанием органических веществ. С этой целью в работе был использован второй выщелачивающий раствор – сернокислый (рН 4).

В течение шести месяцев осуществлялось наблюдение за процессом выщелачивания ХИТ: растворы ежемесячно анализировались на содержание марганца, цинка, кадмия и никеля, измерялся уровень рН. В условиях эксперимента, кроме выщелачивания металлов, происходил переход в раствор щелочного электролита ХИТ, что приводило к росту уровня рН. В условиях полигона будет наблюдаться неизбежное обновление выщелачивающего раствора (фильтрата), который будет иметь более кислые значения рН. В связи с этим, по истечении шести месяцев, в тех же пробах в течение следующих трех месяцев проводилась еженедельная корректировка рН до уровней первоначальных значений. Результаты анализов растворов на содержание металлов в долях металлов, перешедших в раствор, от их исходного содержания в ХИТ, представлены на рис. 1 (а, б, в, г).

В первую очередь в ходе экспериментов было зафиксировано повышение уровня рН выщелачивающих растворов: в пробах с фильтратом уровень рН поднялся с 7 до 9,5, а в пробах со слабокислым раствором – с 4 до 9,5-11,5, что произошло вследствие перехода щелочного электролита ХИТ в раствор и его накопления. О росте рН растворов сообщалось и в работах зарубежных исследователей.



*Доля металла, перешедшего в раствор, от его исходного количества в ХИТ

Рис. 1. Выщелачивание марганца (а) и цинка (б) из марганцево-цинковых ХИТ, никеля (в) и кадмия (г) из никель-кадмиевых ХИТ

Как и следовало ожидать, корректировка рН привела к заметному изменению зависимостей от времени долей металлов, перешедших в раствор. Во всех случаях, кроме цинка, такая корректировка приводила к ускоренному увеличению содержания металлов в растворах. В большинстве случаев выщелачивание металлов в слабкокислых пробах происходило намного активнее, чем в пробах с фильтратом, что объясняется более низким уровнем рН.

Сравнение максимальных концентраций металлов в растворах с предельно-допустимыми значениями для водоема, используемого для рыбохозяйственных целей показало, что наибольшие превышения достигаются по цинку и марганцу (табл. 1).

По окончании эксперимента было определено содержание металлов в осадке (осажденные и нерастворенные соединения металлов в пробе, за исключением остатков неразложившихся источников тока). Анализ осадка показал, что в пробах с фильтратом большая доля металлов (70 – 88%) находятся в осадке (за исключением никеля). В то же время в пробах со слабкокислым раствором в осадке находится меньшее количество металлов (до 62%).

Максимальные концентрации металлов в растворах проб

Выщелачивающий раствор	Наименование ХИТ	Металл	Максимальная концентрация в растворе, мг/л	С/ПДК _{р.х.}
Фильтрат	Никель-кадмиевый	Никель	25,6	2 560
		Кадмий	5,21	1 040
	Марганцево-цинковый	Цинк	464	46 400
		Марганец	34,0	3 400
Слабокислый раствор	Никель-кадмиевый	Никель	22,6	2 260
		Кадмий	107	21 400
	Марганцево-цинковый	Цинк	945	94 500
		Марганец	291	29 100

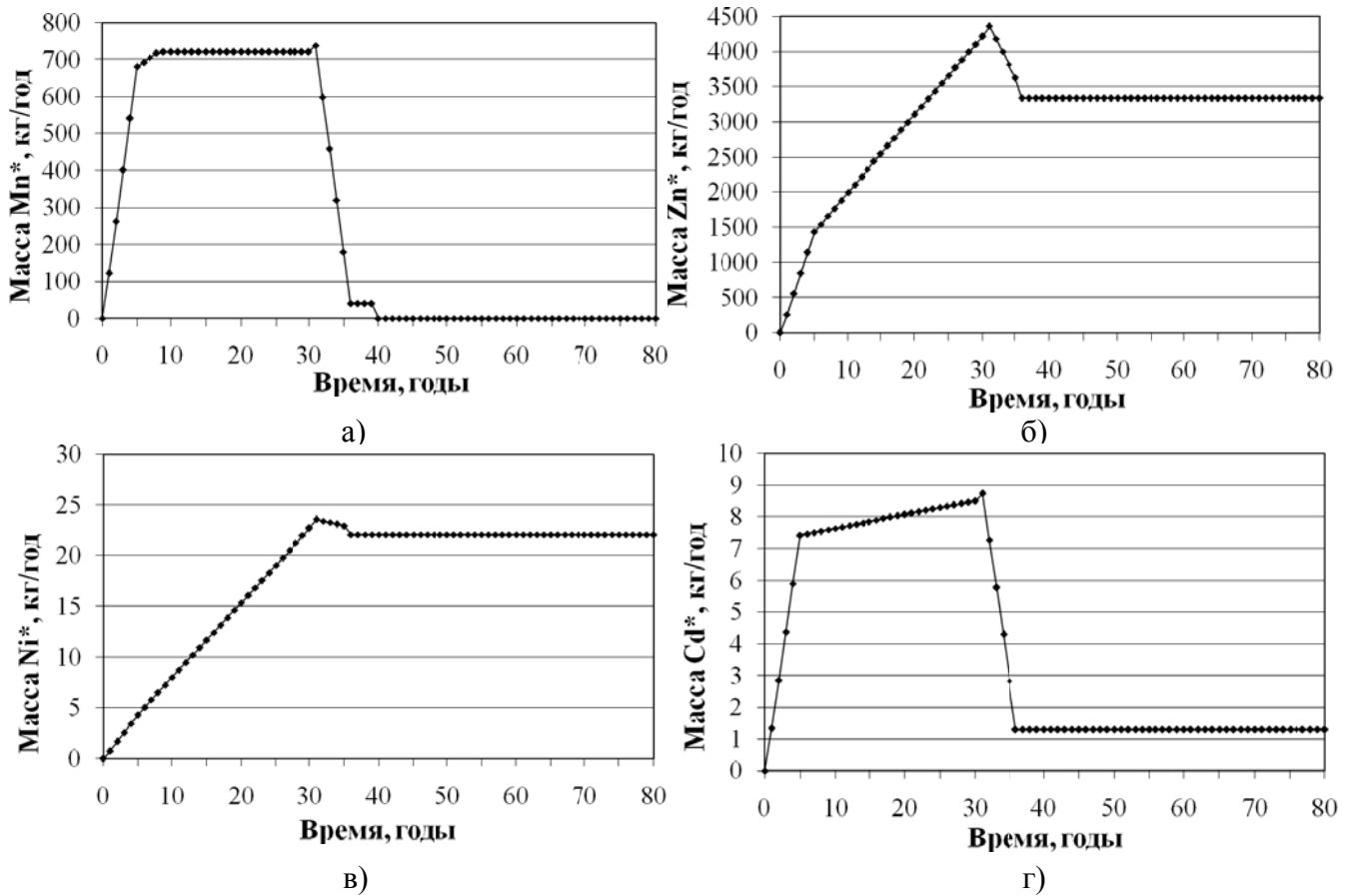
Таким образом, эксперименты показали, что захоронение марганцево-цинковых ХИТ представляет собой значительную опасность для окружающей среды из-за выщелачивания как цинка, так и марганца.

Никель-кадмиевые источники тока представляют собой особую опасность при захоронении на полигонах ТБО, с одной стороны, из-за высокой токсичности кадмия, а с другой – из-за его преимущественного нахождения в растворенном виде при рН фильтрата аэробной и ацетогенной стадий разложения отходов. Как показали результаты исследования, практически весь кадмий (96,7%) находился в растворенном виде.

Результаты экспериментов показали, что условия фильтрата стадии ацетогенеза (рН 4,5-6,0) способствуют ускоренному выщелачиванию цветных металлов электродов ХИТ. Из-за присутствия в фильтрате комплексообразователей, вероятно, часть металлов в этих условиях связывается в комплексы, что увеличивает их подвижность и способствует загрязнению ими почв, подземных и поверхностных вод. Учитывая длительность стадии ацетогенеза, оцениваемой в несколько лет, загрязнение окружающей среды токсичными металлами, содержащимися в ХИТ, является значительным. Анализ результатов позволяет также сделать вывод о том, что при повышении рН фильтрата до 7-8, что характерно для стадий метаногенеза, преобладают процессы гидролиза, приводящие к осаждению металлов.

В *разделе 3.2.* для оценки воздействия, оказываемого на окружающую среду захоронением отработанных ХИТ за длительный период существования полигона, и оказываемого при этом ущерба, проведен расчет масс металлов, выщелачиваемых ежегодно из исследованных источников тока при их захоронении на полигоне ТБО. Расчет проведен с учетом ежегодного поступления ХИТ на полигон и изменения условий выщелачивания с течением времени (рН фильтрата) на основании результатов исследования (раздел 3.1), информации системы сбора ХИТ Германии и сведений о

процессе разложения отходов на полигонах ТБО. В основе расчета – количество ТБО, образующееся у населения г. Москвы (без учета захораниваемых производственных и строительных отходов). Результаты представлены на рис. 2 (а, б, в, г).



*Масса металла в объеме фильтрата, образующегося на 1 га полигона

Рис. 2. Прогноз выщелачивания фильтратом ТБО марганца (а) и цинка (б) из марганцево-цинковых, никеля (в) и кадмия (г) из никель-кадмиевых и никель-металлгидридных ХИТ

В разделе 3.3. оценен возможный ущерб окружающей среде при захоронении ХИТ на полигонах ТБО. Поскольку основным фактором воздействия на окружающую среду при захоронении отходов является образующийся фильтрат, загрязняющий поверхностные и подземные воды, ущерб от захоронения ХИТ представляет собой ущерб водным объектам. В связи с этим на основании определенных масс выщелачиваемых металлов (раздел 3.2) была проведена оценка ежегодного ущерба на примере подмосковного полигона, которая показала, что среднегодовой ущерб составляет (в зависимости от свойств подстилающих грунтов) от 4,1 млн. руб. до 40,8 млн. руб. на 1 га полигона, а максимальный, достигаемый по окончании эксплуатации полигона (через 30 лет) – от 6,2 млн.руб./год до 61,9 млн.руб./год на 1 га полигона. Через 50 лет после закрытия полигона ущерб составит от 330 млн. руб. до 3,26 млрд. руб. на 1 га.

Площадь полигона ТБО, как правило, составляет от 20 до 60 га. При средней площади, равной 40 га, среднегодовой ущерб составит от 164 млн. руб. до 1,6 млрд. руб., а через 50 лет после закрытия полигона – от 13,2 до 130,4 млрд. руб.

В *разделе 3.4* отражены результаты исследования содержания ртути в марганцево-цинковых ХИТ. Содержание ртути в ХИТ является принципиальным при выборе технологии их переработки. Как показали зарубежные исследования, несмотря на законодательные ограничения, даже в европейских странах этот вопрос решен не полностью, а особенно остро он стоит в развивающихся странах. Таким образом, содержание ртути в марганцево-цинковых ХИТ определяется составом рынка ХИТ в данной стране (или регионе). В связи с этим нами была проведена работа с целью получения данных о содержании ртути в марганцево-цинковых источниках тока цилиндрического (призматического) типов производства неевропейских фирм, поступающих в продажу на территории Москвы и Московской области. Исследовано три источника тока; содержание ртути в образцах не превысило 0,0005% (масс.), что соответствует европейским нормативам содержания ртути в источниках тока этого типа.

Глава 4 посвящена разработке механизма минимизации воздействия отработанных ХИТ на окружающую среду. Основополагающую роль в его реализации играет законодательство, регламентирующие обязанности участников обращения с отработанными ХИТ, поэтому такой механизм должен быть закреплен законодательно. Важнейшим фактором, определяющим эффективность сбора отработанных ХИТ, является готовность непосредственных потребителей участвовать в нем. С целью выяснения готовности населения к участию в сборе ХИТ и учета предпочитаемых условий при разработке законодательных положений, регламентирующих организацию сбора ХИТ, нами было проведено социологическое исследование.

В *разделе 4.1* представлен анализ результатов социологического исследования проблемы сбора ХИТ в Москве и Краснодарском крае. Основными его задачами стали: определение готовности граждан к участию в сборе источников тока и выявление предпочитаемых условий сбора; выяснение степени осведомленности граждан об опасности, которую представляют собой отработанные источники тока для окружающей среды; определение предпочитаемых мест покупок источников тока; выявление предпочтений в выборе между аккумуляторами и одноразовыми источниками тока при условии их взаимозаменяемости.

Анкетирование было проведено в январе-феврале 2010 г. в г. Москве и в Краснодарском крае. Никаких ограничений для выбора участников анкетирования, кроме потребления ими химических источников тока, не предусматривалось.

Анализ результатов опроса в Москве (рис. 3а) показал, что готовность сдавать отработанные источники тока на тех или иных условиях, если расположение пункта сбора будет удобным (в частности, «по пути»), проявили 80% участников. Такие результаты позволяют сделать вывод о том, что главным условием эффективного сбора отработанных источников тока у потребителей является удобство его организации, в том числе в местах совершения покупок. Этот вывод не исключает роли залоговой стоимости как дополнительного мотивирующего фактора сбора, о чем также свидетельствуют результаты анкетирования. Сходные результаты были получены при опросе в Краснодарском крае (рис. 3б).

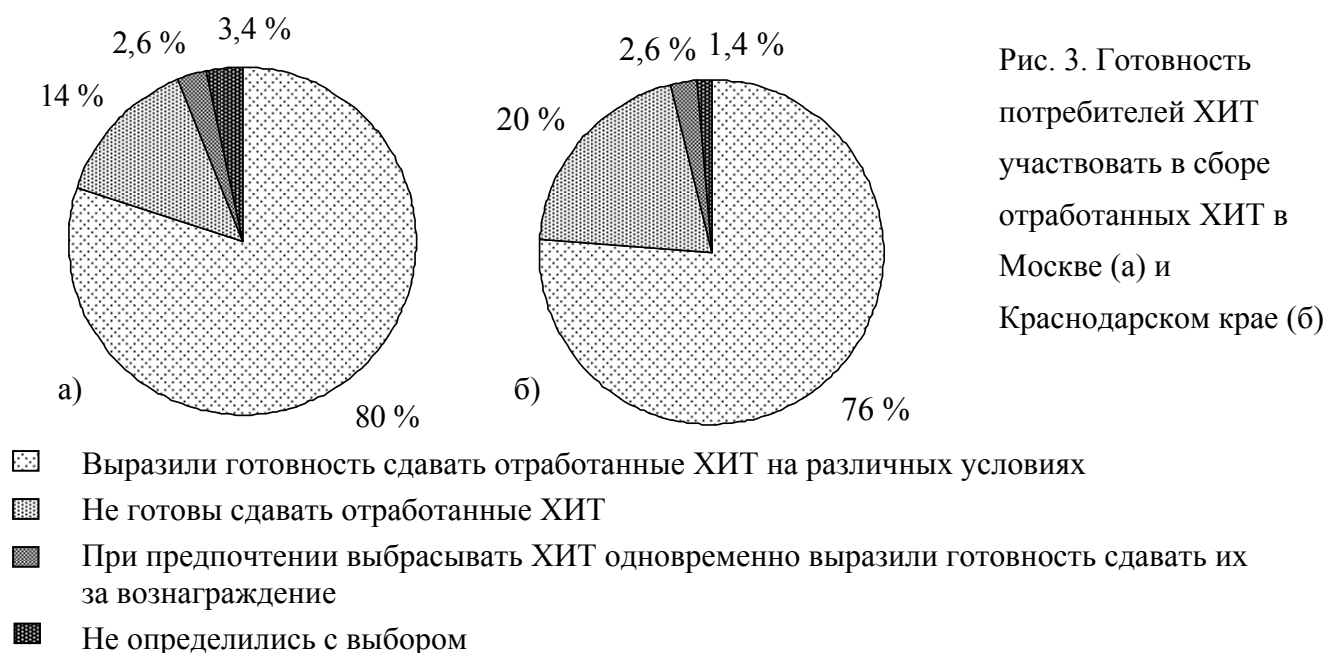


Рис. 3. Готовность потребителей ХИТ участвовать в сборе отработанных ХИТ в Москве (а) и Краснодарском крае (б)

Поскольку у нас еще не введена практика сдачи отработанных ХИТ, единственно возможным способом их удаления является удаление с бытовым мусором. В то же время 2,4% опрошенных в г. Москве и 4,3% опрошенных в Краснодарском крае, зная о потенциальной опасности источников тока для окружающей среды, не выбрасывают их, а собирают для дальнейшей сдачи на утилизацию при появлении такой возможности.

Из предпочитаемых условий сбора отработанных ХИТ (рис. 4) вариант бесплатной их сдачи при условии удобного расположения пункта приема предпочли в Москве 42% опрошенных, в Краснодарском крае 27%. Общая доля ответов о сдаче за вознаграждение (денежное или в виде новых источников тока) составили 24% в Москве и 43% в Краснодарском крае. На гистограмме не отображены группы опрошенных, не готовых участвовать в сборе вообще (14% в Москве и 20% в Краснодарском крае) и не определившихся с выбором (6% и 4% соответственно).

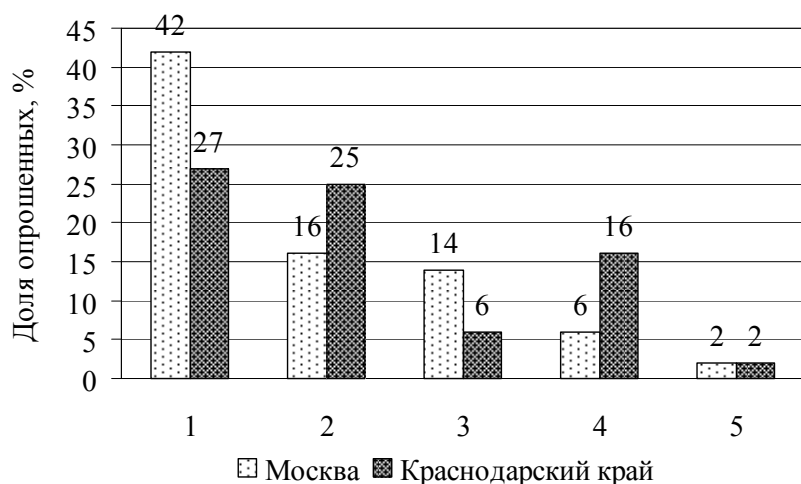


Рис. 4. Предпочитаемые потребителями условия сбора ХИТ: 1 – бесплатно, 2 – взамен новых ХИТ, 3 – на любых условиях, в т.ч. бесплатно, 4 – за денежное вознаграждение, 5 – взамен новых ХИТ или за денежное вознаграждение

Что касается предпочитаемых мест покупок ХИТ, то в Москве и в Краснодарском крае на первом месте оказались специализированные магазины, на втором – неспециализированные (при этом часть потребителей, а именно 10% в обоих регионах, не отдала предпочтение ни тем, ни другим), значительная часть потребителей (26% в Москве и 17% в Краснодарском крае) не имеет определенных предпочтений.

В работе представлены также результаты анализа полученных данных о сдаче за вознаграждение первичных источников тока, которые преобладают среди отработанных ХИТ в связи с небольшим сроком службы и, вследствие этого, значительной долей потребления. На соответствующий вопрос анкеты ответили 47% опрошенных в Москве и 80% опрошенных в Краснодарском крае.

Расчет на основе полученных данных о потреблении ХИТ показал, что потребление ХИТ в Москве составляет от 9 до 19 шт./год на человека (в среднем 14 шт./год), в Краснодарском крае – от 6 до 18 шт./год на человека (в среднем 12 шт./год). Следует отметить, что потребление ХИТ в Германии в 2009 году составило 18 шт./год на человека. Полученные данные использованы для оценки потребления ХИТ в Москве и в стране в целом (раздел 2.1).

Одной из задач анкетирования являлось выявление предпочтений потребителей ХИТ при выборе между одноразовыми источниками тока и аккумуляторами. Постановка задачи связана с тем, что с экономической и экологической точек зрения аккумуляторы в ряде случаев оказываются более выгодными из-за длительного срока службы и целесообразно было выяснить соответствующие предпочтения потребителей. Результаты показали, что значительная доля потребителей (в Москве 34%, в Краснодарском крае 27%) не задумывается о выборе, полагаясь на совет продавца или предпочитая источник тока, подобный тому, что был в устройстве ранее. Следует также отметить, что 6% опрошенных

в Москве и 12% в Краснодарском крае при выборе задумываются о возможной опасности покупаемых химических источников тока для окружающей среды.

Особое внимание необходимо уделить доле опрошенных, отдавших предпочтение варианту удаления с ТБО, составившей, как уже было сказано, 14% в Москве и 20% в Краснодарском крае. В Москве более половины, а в Краснодарском крае половина опрошенных не знают или недостаточно информированы о потенциальной опасности, которую представляют собой отработанные ХИТ для окружающей среды. Это говорит о необходимости проведения соответствующих информационно-рекламных компаний. Остальные знают об опасности ХИТ, но, тем не менее, предпочитают выбрасывать их.

В *разделе 4.2* представлены разработанные законодательные положения, регулирующие обращение с ХИТ. Для законодательного решения проблемы сбора и переработки отработанных ХИТ, как было отмечено Управлением по организации обезвреживания и переработки отходов производства и потребления города Москвы (2007 г.), необходимы решения на федеральном уровне, поскольку полномочий региона для этого недостаточно.

Для организации системы сбора и переработки отработанных ХИТ Федеральным законодательством необходимо закрепить:

1. Ограничение содержания таких металлов, как ртуть, кадмий и свинец, в продаваемых источниках тока и обязательную маркировку источников тока, содержащих эти металлы (как это сделано в ряде зарубежных стран).
2. Обязанность торговых точек, имеющих в ассортименте продаваемых товаров источники тока, осуществлять прием отработанных ХИТ у потребителей независимо от типа и торговой марки (бесплатно, или же с выплатой залога), а также информировать потребителей об опасности отработанных ХИТ для здоровья человека и окружающей среды и о системах их сбора. Продажа источников тока, таким образом, должна осуществляться при наличии специального разрешения.
3. Возможность использования залоговой системы при продаже источников тока.
4. Обязанность муниципальных органов организовать центр(ы) по сбору, сортировке и последующей переработке отработанных источников тока.
5. Обязанность всех потребителей сдавать отработанные источники тока. Потребители-частные лица сдают их в точках продажи и муниципальные пункты сбора. Крупные потребители (организации) могут сдавать отработанные источники тока непосредственно в муниципальный центр по сбору и переработке (в основном сортировке).
6. Обязанность импортеров (производителей) финансировать сбор, сортировку и последующую переработку отработанных ХИТ. Плата, вносимая импортером

(производителем) в систему сбора ХИТ, должна быть пропорциональна количеству проданных им источников тока.

7. Обязанность импортеров (производителей) организовывать сбор отработанных ХИТ (в т.ч. через точки продаж) с последующей отправкой на сортировку.

Кроме перечисленного, для обеспечения должного функционирования системы сбора и в целях повышения ее эффективности целесообразно отменить лицензирование сбора и транспортирования отработанных ХИТ для ряда случаев, в частности, когда эта деятельность осуществляется продавцами и импортерами (производителями) ХИТ на бесплатной основе (или с выплатой залоговой стоимости) для потребителей. При этом должно обязательно соблюдаться условие передачи собранных ХИТ в центр их сбора и сортировки (с последующей переработкой).

В *разделе 4.3* представлена разработанная система сбора, сортировки и переработки ХИТ в Москве. Для начала функционирования система сбора ХИТ должна включать не менее 1 тыс. пунктов сбора, организованных в торговых точках, в ДЕЗах, у входов в метрополитен и автозаправочных станциях. Часть торговых точек, при законодательном закреплении использования залоговой стоимости, должны реализовывать ее выплату. Возможность выбора вариантов сдачи отработанных ХИТ (бесплатно, с выплатой залоговой стоимости или замены на новые источники тока) повысят эффективность сбора. Пункт сбора, предполагающий бесплатную сдачу ХИТ, представляет собой место размещения специального контейнера, оформленное соответствующими информационными материалами. Пункт сбора ХИТ с выплатой залоговой стоимости (или выдачи новых ХИТ) размещается в специализированных магазинах.

Организация сбора ХИТ должна обязательно включать информационные программы, направленные, прежде всего, на информирование населения о необходимости сбора отработанных источников тока. В целях охвата значительного количества потребителей информирование должно проводиться посредством социальной рекламы на телевидении, объявлений по громкоговорящей связи в универсамах, торговых центрах и метрополитене, рекламных плакатов и щитов в местах массового скопления людей. Места расположения контейнеров для сбора ХИТ должны быть обязательно оформлены информационно-рекламными плакатами.

Дальнейшую сортировку собранных ХИТ необходимо осуществлять в специализированном Центре по сбору отработанных ХИТ, откуда отсортированные ХИТ будут отправляться на переработку. По предварительной оценке, в процессе переработки до 80% источников тока (доля самых распространенных, марганцево-цинковых), могут быть использованы действующие металлургические производства.

В разделе 4.4 оценены текущие затраты на осуществление сбора отработанных ХИТ и предотвращаемый при этом ущерб, наносимый их захоронением. Текущие затраты, по предварительной оценке, составят около 13 млн.руб./год. Предотвращаемый среднегодовой ущерб водным объектам при этом составит от 1,2 до 12,2 млн.руб./год с 1 га полигона. При средней площади полигона, составляющей 40 га, предотвращаемый ущерб составит от 48 до 488 млн. руб./год.

Таким образом, исследовано влияние отработанных химических источников тока на окружающую среду в естественных и искусственных условиях с целью установления пределов устойчивости компонентов биосферы к техногенному воздействию продукции химической отрасли промышленности и разработан механизм минимизации оказываемого воздействия путем организации системы сбора и переработки отработанных ХИТ на примере г. Москвы, являющийся в то же время средством, обеспечивающим снижение промышленной опасности технологических процессов обращения с ТБО и предупреждения аварийных ситуаций.

Выводы

1. Все химические источники тока из-за высокого содержания цветных металлов и большого объема потребления представляют собой серьезную опасность для окружающей среды и поэтому после использования требуют сбора и утилизации. В связи со значительным содержанием цветных металлов они должны перерабатываться с целью их извлечения, что позволит задействовать дополнительный источник цветных металлов.
2. Исследование влияния марганцево-цинковых ХИТ на окружающую среду при их захоронении на полигонах ТБО показало, что они оказывают значительное негативное воздействие из-за выщелачивания как цинка, так и марганца.
3. Наибольшее выщелачивание содержащихся в ХИТ цветных металлов происходит на аэробной стадии разложения отходов (после вскрытия ХИТ через 6-7 недель) и на стадии ацетогенеза. Несмотря на дальнейшее защелачивание фильтрата и осаждение металлов на стадии метаногенеза, загрязнение фильтрата выщелачивающимися из ХИТ цветными металлами продолжается в течение длительного времени после закрытия полигона.
4. Разработан способ оценки масс металлов, выщелачиваемых ежегодно из исследованных источников тока при их захоронении на полигоне ТБО, с учетом изменения условий выщелачивания в процессе разложения ТБО и ежегодного поступления ХИТ на полигон.

5. Определен ежегодный ущерб водным объектам при захоронении отработанных ХИТ на полигоне ТБО на примере подмосковного полигона, используемого для размещения образующихся у населения отходов. Среднегодовой ущерб при этом составляет (в зависимости от свойств подстилающих грунтов) от 4,1 млн. руб. до 40,8 млн. руб. на 1 га полигона, а через 50 лет после закрытия полигона – от 330 млн. руб. до 3,26 млрд. руб. на 1 га. При средней площади полигона, равной 40 га, среднегодовой ущерб составит от 164 млн. руб. до 1,6 млрд. руб., а через 50 лет после закрытия полигона – от 13,2 до 130,4 млрд. руб.
6. Результаты социологического исследования показали, что осуществление сбора отработанных ХИТ как в Москве, так и в Краснодарском крае (а значит, и во многих других регионах России) возможно уже на сегодняшний момент. Основная часть потребителей готова участвовать в сборе ХИТ, значительная доля – на безвозмездной основе, при организации достаточного количества пунктов сбора в удобных для потребителей местах (в частности, в местах совершения покупок). Использование залоговой стоимости, а также поддержка системы сбора информационно-рекламными программами увеличат долю собираемых источников тока.
7. Для минимизации воздействия отработанных ХИТ на окружающую среду необходим комплексный подход, включающий создание законодательных основ (что имеет первоочередное значение), учет возможности их переработки на действующих металлургических производствах, а также массовые информационно-рекламные программы. Система обращения с отработанными ХИТ для г. Москвы должна иметь не менее 1 тыс. пунктов приема ХИТ и центр по сбору и сортировке ХИТ. При этом текущие затраты оцениваются величиной около 13 млн.руб./год, а предотвращаемый среднегодовой ущерб водным объектам (в зависимости от свойств подстилающих грунтов) – от 1,2 до 12,2 млн.руб./год с 1 га полигона, а при средней площади полигона, равной 40 га – от 48 до 488 млн. руб./год.

В приложениях диссертационной работы представлены Протокол расчета класса опасности марганцево-цинковых ХИТ, тексты писем в Комитет Государственной Думы по природным ресурсам, природопользованию и экологии и в Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы.

Основные результаты работы изложены в следующих публикациях:

1. Горбунова В.В., Зайцев В.А. Сбор и переработка отработанных химических источников тока // Химическая технология. 2005. № 9. С. 33-41.
2. Горбунова В.В., Зайцев В.А. Проблема переработки отработанных химических источников тока в России и за рубежом // Успехи в химии и химической технологии. 2005. Т. XIX. № 5. С. 105-108.
3. Зайцев В.А., Горбунова В.В. Химические источники тока: технологические и экологические аспекты // Энергия: Экономика, техника, экология. 2007. № 8. С. 22-29.
4. Горбунова В.В., Зайцев В.А. Сбор и сортировка отработанных химических источников тока // Энергия: Экономика, техника, экология. 2007. № 10. С. 25-30.
5. Зайцев В.А., Горбунова В.В. Утилизация марганцево-цинковых источников тока // Энергия: Экономика, техника, экология. 2007. № 11. С. 42-47.
6. Горбунова В.В., Зайцев В.А. Переработка никель-кадмиевых источников тока // Энергия: Экономика, техника, экология. 2008. № 1. С. 30-35.
7. Зайцев В.А., Горбунова В.В. Утилизация литиевых источников тока // Энергия: Экономика, техника, экология. 2008. № 2. С. 57-60.
8. Тарасова Н.П., Горбунова В.В., Зайцев В.А. Система сбора и переработки отработанных химических источников тока // Труды Всероссийской конференции с элементами школы для молодых ученых «Исследования в области переработки и утилизации техногенных образований и отходов». Екатеринбург, 24-27 ноября 2009. С. 409-413.
9. Горбунова В.В., Иванова С.А. Проблема сбора отработанных источников тока с точки зрения населения // Материалы Межвузовской конференции молодых ученых и студентов «Безопасность жизнедеятельности и проблемы устойчивого развития». Москва, 2010. С. 37-41.
10. Тарасова Н.П., Горбунова В.В., Иванова С.А., Зайцев В.А. Проблема утилизации отработанных химических источников тока // Российский химический журнал. 2010. Т. 55. № 1. С. 89-92.
11. Тарасова Н.П., Горбунова В.В., Иванова С.А., Зайцев В.А. Экологические проблемы отработанных химических источников тока // Безопасность в техносфере. 2011. № 4. С. 34-39.