

DOI: 10.15593/2409-5125/2016.03.02

УДК 546.3+504.05

**В.Г. Зиленина, О.В. Уланова**

Иркутский национальный исследовательский  
технический университет

**К. Дорнак**

Технический университет Дрездена

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОБРАЩЕНИЯ С ОТРАБОТАННЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ТОКА В РОССИИ И ЕВРОПЕЙСКИХ СТРАНАХ**

Произведен анализ существующих видов химических источников тока (ХИТ) в соответствии с действующими международными стандартами и приведенной общей классификацией ХИТ в зависимости от возможности повторного использования. Проанализированы существующие системы обращения с отработанными химическими источниками тока (ОХИТ) в Российской Федерации и странах Евросоюза, приведен сравнительный анализ требований европейских и российских документов к организации переработки и утилизации данного вида отхода на полигонах твердых коммунальных отходов (ТКО). Кроме этого, приведены примеры существующих организаций, программ в области обращения с отходами ХИТ, анализ тенденций российского рынка в сфере переработки ХИТ. Также рассмотрена проблема утилизации ОХИТ с точки зрения обеспечения экологической безопасности полигонов ТКО, как источников выщелачивания токсичных компонентов в составе фильтрационных вод. На основании проведенных лабораторных исследований в Техническом университете г. Дрездена был дан расчет масс тяжелых металлов на многолетний период времени существования полигона ТКО г. Иркутска и, как следствие, сделаны выводы о существующем и прогнозируемом воздействии на окружающую природную среду.

**Ключевые слова:** химические источники тока (ХИТ), батарейки, твердые коммунальные отходы (ТКО), полигон твердых коммунальных отходов (ТКО), отработанные химические источники тока (ОХИТ).

Одной из наиболее широко используемой технической продукцией в мире являются химические источники тока. Известно, что рынок химических источников тока (ХИТ) во всем мире постоянно растет. Ежегодное производство данной продукции измеряется, в зависимости от типа источника, сотнями миллионов, миллиарда-

ми, а для некоторых типов – десятками миллиардов штук. Производство, быт, отдых – практически все стороны жизнедеятельности современного человека требуют в той или иной мере использования ХИТ. В связи с постоянным использованием и присутствием в составе опасных для организма человека и окружающей среды компонентов возникает проблема утилизации данного отхода.

### *Общая классификация ХИТ и их химический состав.*

Из огромного многообразия типов ХИТ принято выделять три основных класса:

- 1) первичные источники тока или элементы (источники тока одноразового применения);
- 2) вторичные источники тока или аккумуляторы (перезаряжаемые источники тока, источники многократного применения);
- 3) топливные элементы, электрохимические генераторы – источники тока с подачей в зону реакции активных веществ извне (кислород, водород, метанол и др.).

Можно заметить, что в каждом классе ХИТ постоянно появляются новые типы элементов, в зависимости от применяемых активных веществ, конструктива, назначения. На рис. 1 представлена одна из возможных классификаций ХИТ по возможности повторного использования [1].



Рис. 1. Классификация основных видов ХИТ по возможности повторного использования

В последнее время большое практическое применение находят новые технологии: суперконденсаторы или молекулярные накопители – класс изделий, по своим свойствам находящийся между конденсаторами и аккумуляторами.

Для унификации ХИТ разработаны международные стандарты, которые маркируют источники питания по физическим параметрам и химическому составу. Так, например, Американский национальный институт стандартов (American National Standards Institute (ANSI)) классифицирует ХИТ по физическим параметрам без указания химического состава.

Международная электротехническая комиссия (МЭК) классифицирует химические источники тока по обозначению форм, типоразмеров и электрохимических систем [2].

Однако стоит отметить тот факт, что наименование того или иного типа электрохимического элемента, будучи основанным на его системе, не обязательно в точности совпадает с используемыми в электродах веществами, а знаки электродов противоположны знакам, принятым при электролизе. Иными словами, анод представляет отрицательный элемент, а катод – положительный.

В быту наиболее используемыми являются первичные марганцево-цинковые, воздушно-цинковые и литий-диоксимарганцевые, вторичные никель-кадмиевые, никель-металлогидридные и литиевые [3].

*Опыт обращения ОХИТ в Европе.* Как известно, европейское законодательство об утилизации и переработке отработанных батареек было принято в 1991 г. (91/157/EWG). Оно постоянно дополняется и совершенствуется, кроме того, каждая страна вводит свои, более строгие правила в зависимости от местных условий и традиций. Для всех стран приняты общие нормативные акты, касающиеся классификации вредности различных отходов, условий их складирования, сбора, сортировки и переработки. В большинстве европейских стран перерабатывается 25–45 % всех химических источников тока (ХИТ), в США – около 60 % (97 % свинцово-кислотных и 20–40 % литий-ионных), в Австралии – около 80 % [4].

В Директиве 2008/98/ЕС (Основополагающая директива об управлении отходами) представлена 5-ступенчатая иерархия

управления отходами, которой предотвращение является наиболее приемлемым вариантом (рис. 2).



Рис. 2. Иерархия управления отходами

В соответствии с Директивой были приняты и опубликованы программы, направленные на снижение содержания тяжелых металлов в источниках тока. Маркировка ХИТ должна состоять из 2 символов: символа раздельного сбора, представленного Директивой (рис. 3, а), и символа, указывающего на содержание определенного тяжелого металла, устанавливаемого производителями (рис. 3, б).

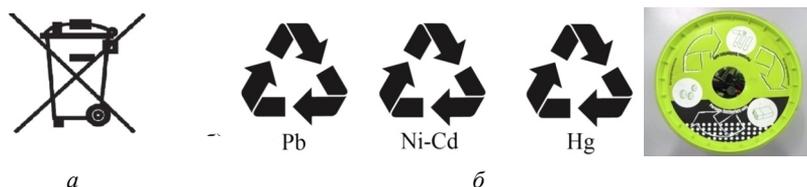


Рис. 3. Маркировка ХИТ: а – символ раздельного сбора; б – символы переработки и содержания тяжелых металлов

Самым объемлющим и важным документом в сфере обращения с отходами батарей явилась Директива Европейского союза (2006/66/ЕС) от 6 сентября 2006 г. о батареях и аккумуляторах и отходах батарей и аккумуляторов, которая подробно описывает меры и действия, необходимые для снижения объема ртути, кадмия и свинца, оказывающихся в окружающей среде.

Самым существенным моментом является введение ответственности производителей и импортеров за судьбу батарей в конце

их жизненного цикла. Производители и импортеры подлежат регистрации и должны нести затраты на сбор и переработку батарей, а также на мероприятия по информированию населения. Конечные пользователи должны иметь возможность бесплатно сдать использованные батареи и аккумуляторы на местных пунктах сбора. Именно после принятия данной директивы и последующих законов в странах-членах ЕС развернулась серьезная работа. В настоящее время в каждой стране ЕС действуют механизмы реализации ответственности производителей [5].

В числе основных принципов, определяющих обращение с отходами ХИТ в Европе, и в частности в Германии, можно назвать следующие:

- запрет захоронения ХИТ без предварительной переработки (вытекает из Директивы 1999/31/ЕС от 26 апреля 1999 г. по захоронению отходов);
- ответственность производителя/импортера ХИТ за утилизацию выпущенного на рынок товара по окончании его жизненного цикла;
- ответственность муниципальных образований за сбор ХИТ.

Обращение с химическими источниками тока на примере Германии регулируется «Актом, касающимся изменений в законе об ответственности в части отходов для батарей и аккумуляторов» (BatteriesAct/BattG), принятым Бундестагом в 2009 г., а также «Положением о применении Закона о батарейках и аккумуляторах» (BattGDV).

В 2014 г. в Германии деятельность по обратному приему портативных батарей осуществляли четыре системы: GRS, REBAT, ERP, Öscorecell. Более 170 000 приемных пунктов в учреждениях торговли, фирмах по утилизации отходов было оснащено контейнерами и транспортными емкостями для портативных батарей, для системы возврата портативных батарей. Каждая из четырех систем возврата отходов портативных батарей в 2014 г. достигла минимальную квоту по сбору 40 % и, позднее, с отчетного 2016 г. должна увеличить эту квоту до 45 %. В 2014 г. четыре системы возврата батарей собрали самое большое количество отходов батарей по сравнению с предыдущими годами, что составило 19,142 т [6].

На этапе производства ХИТ в Евросоюзе в их стоимость продукции изначально закладывается процент на утилизацию, отсюда следует, что сдавая отработанные батарейки, покупатель получает ценовую скидку на новое изделие. Лидером этого процесса является Бельгия, в которой до 50 % элементов питания направляется на переработку.

Все типы батарей, выпускаемые в Европе, могут быть переработаны независимо от того, перезаряжаемы они или нет. Для переработки не имеет значения, заряжена ли батарея, частично разряжена или разряжена целиком. После сбора батарей они подлежат сортировке и далее, в зависимости от того, к какому типу они принадлежат, батареи отсылаются на соответствующий завод по переработке. К примеру, никель-металлогидридные аккумуляторы, марганцево-цинковые элементы питания перерабатываются в Германии, щелочные батареи – в Великобритании, а никель-кадмиевые – во Франции. Переработкой батарей в Европе занимается около 40 предприятий.

В Австралии ежегодно утилизируется 70 тыс. т свинцово-кислотных автомобильных аккумуляторов. В городе Вуллонгонг (штат Новый Южный Уэльс) работает предприятие Auszinc, которое занимается утилизацией бытовых батарей. Батареи, которые не могут быть переработаны в Австралии, экспортируются для утилизации на европейские предприятия [6].

В Европе на протяжении уже многих лет существует система рециклинга ОХИТ, представленная на примере Германии (рис. 4). Данная система позволяет в значительной степени использовать содержащиеся в них материалы в качестве вторичных ресурсов и таким образом снизить потребность в таких материалах, уменьшить выбросы в окружающую среду, связанные с производством первичных материалов. Доля восстанавливаемых материалов из перерабатываемых батарей составляет по некоторым видам батарей до 50 % (без учета свинцово-кислотных аккумуляторов, где процент еще выше). Продажа вторичных материалов покрывает затраты на переработку по большинству видов батарей, которые по некоторым оценкам составляют от 300 до 2600 евро за 1 т. Пока проблема рентабельности отмечается, главным образом, при переработке литиевых и алкалиновых батарей [7].



Рис. 4. Система управления ОХИТ в Германии – «Общая ответственность за продукцию»

**Опыт обращения с ОХИТ в России.** В настоящее время российское законодательство не регламентирует обращение с таким видом отхода, как отработанные источники тока. Отсутствуют крупные системы сбора батарей. Нет ни одного предприятия, принимающего для переработки портативные батарейки и аккумуляторы в промышленных масштабах; исключение составляют автомобильные аккумуляторы. В настоящее время неизвестно, какое количество портативных источников тока поступает на российский рынок: такой учет не проводится. В некоторых странах Европейского союза учет батареек, поступающих на национальный рынок, осуществляют отраслевые Ассоциации производителей и импортеров батарей. В России аналогичная организация только формируется, процесс идет под патронажем РАТЭК – Ассоциации торговых компаний и товаропроизводителей электробытовой и компьютерной техники.

По имеющимся в свободном доступе данным [1, 8] за год в России выбрасывается примерно 600–650 млн батареек разных типов, подавляющее большинство которых (около 99 %) попадает в состав ТКО, а оттуда на полигоны захоронения отходов. По данным Росприроднадзора [9], это наиболее распространенный способ обращения с ТКО в России, в большинстве случаев не отвечающий требованиям к специально обустроенным местам для безопасного захоронения отходов.

Следует отметить тот факт, что отработавшие батарейки (или основные типы бытовых ХИТ) не были выделены как отдельный вид отходов ни в старом Федеральном классификационном каталоге отходов (утвержден Приказом Минприроды от 02.12.2002 г. № 786, отменен Приказом Минприроды России от 30.09.2011 г. № 792), ни в новом ФККО, введенном в действие Приказом Минприроды № 445 от 18.07.2014 г. Такая ситуация объясняется незначительным количеством их образования в большинстве организаций, что не позволяет также включать отработанные ХИТ в проекты образования отходов и лимитов на размещение отходов (ПНООЛР). В случаях, когда батарейки собираются у населения отдельно, а затем сдаются в специализированные организации по их приему для последующего безопасного хранения или утилизации, собранной массе ХИТ присваиваются групповые коды<sup>1</sup>.

Класс опасности каждого такого вида отходов определяется лабораторными методами. Примеры кодирования отработавших батареек разных типов и данные о классах их опасности, определенных лабораторным путем, представлены в табл. 1.

В настоящее время в Российской Федерации обращение с таким потоком отходов, как ОХИТ, только начинает формироваться. Россия стоит в самом начале пути цивилизованного отношения к сбору и переработке любого вида отходов, тем более к такому сложному и токсичному вторсырью, как отработанные батареи и аккумуляторы. В отдельных регионах начинают появляться предприятия, занимающиеся сбором и переработкой рассматри-

---

<sup>1</sup> Письмо РПН от 08.08.2014 № ВК-03-04-36/1208 в связи с вступлением в силу Постановления Правительства от 16.08.2013 № 712 «О порядке проведения паспортизации отходов I–IV классов опасности».

ваемого вторсырья на локальном уровне. В качестве утилизирующих батареи компаний позиционируют себя ООО «ЭкоПроф» (Москва), ГУП «Промотходы», компания «ХИТ», ООО «Мегаполисресурс», (Москва), ООО «ЭП Балчуг» (Москва), СПб ГУП «Экострой» (Санкт-Петербург), ООО «Фонд «Экология Дона» (Ростов-на-Дону) [10, 11]. Также в ряде крупных супермаркетов (ИКЕА и др.) осуществляется прием ртутных ламп и отработанных батарей у населения.

Таблица 1

Кодирование отработавших батареек в соответствии с ФККО в настоящей и предшествующей версиях

Тип батареек	Определенный класс опасности	Действующий ФККО (Приказ Минприроды № 445 от 18.07.2014)
Щелочные	2	4 82 200 00 00 0 – Батареи и аккумуляторы, утратившие потребительские свойства, кроме аккумуляторов для транспортных средств, вошедших в Блок 9
Никель-металлогидридные	2	
Литиевые	2	
Литий-ионные вторичные	2	
Никель-кадмиевые	2	4 82 200 00 00 0 – Батареи и аккумуляторы, утратившие потребительские свойства, кроме аккумуляторов для транспортных средств, вошедших в Блок 9 9 20 120 01 53 2 – Аккумуляторы никель-кадмиевые отработанные неповрежденные, с электролитом (для отходов обслуживания и ремонта транспортных средств прочих, Блок 9)
Несортированные	2	4 82 200 00 00 0 – Батареи и аккумуляторы, утратившие потребительские свойства, кроме аккумуляторов для транспортных средств, вошедших в Блок 9

***Воздействие отработанных ХИТ на окружающую среду и анализ потенциального экологического ущерба.*** Существенным недостатком ХИТ является содержание тяжелых металлов и агрессивных сред, высокотоксичных для человека и окружающей среды, в совокупности с масштабами потребления, обуслов-

ливающих их потенциальную опасность. Данные о компонентном химическом составе определенных типов батареек в табл. 2 носят справочный ориентировочный характер. Для точного определения состава конкретных ХИТ необходимо проведение лабораторного анализа или ознакомление с технологическим регламентом фирмы-производителя [12].

Таблица 2

Содержание компонентов в химических источниках тока, % [13]

Модель ХИТ		Cd	MgO <sub>2</sub>	Li	Zn	Ni	Co	Fe	Электролит	Hg
Угльно-цинковые	R14		28		23			18	9	0,001
	R20		28		23			18	9	0,001
	R3		28		23			18	9	0,001
	R6		28		23			18	9	0,001
	9 V Block 6 F 22		28		23			18	9	0,001
	Батарейка "крона"		28		23			18	9	0,001
Щелочные	LR14		36		17		3	20	9	0,008
	LR20		36		17		3	20	9	0,008
	LR3		36		17		3	20	9	0,008
	LR6		36		17		3	20	9	0,008
	LR44		27		10	0,7	3	40	15	2
	9 V Block 6 F 22		35		17		3	30	10	0,008
	GPA 76		27		10	0,7	3	40	15	
Литиевые	CR 123A		32	3				40	20	
	CR 2025 ("крона")		32	3				40	20	
	CR 2023 LI ("крона")		32	3				40	20	
Аккумуляторы	R3 Akku NI MH					39		24	20	
	R6 Akku NI MH					39		24	20	
	R6 Akku ALKALI							25	20	
	R6 Akku NI CD	20				20		45	20	
	HandyAkku NI MH					39		24	20	
	HandyAkku LI ION			3				40	32	

Исследования проблем, связанных с отработанными источниками тока, проводились, в основном, европейскими странами с конца 1970-х гг. Это было связано с присутствием в составе ХИТ ртути, применяемой для улучшения рабочих характеристик.

Принятие европейского законодательства, регламентирующего предельные концентрации тяжелых металлов и их сбор, привело к созданию систем организации раздельного сбора и переработки источников тока. В настоящее время исследования проводятся в основном в странах, где нет четкого регламента обращения с данным видом отхода, к таким странам относится и Россия.

Воздействие ХИТ на окружающую среду определяется в первую очередь способами обращения с ними. В случае России отработанные источники тока в большинстве случаев в составе твердых коммунальных отходов (ТКО) захораниваются на полигонах ТКО. Далее отработанные батарейки подвергаются процессу разрушения под действием внешних физических факторов. В первую очередь под воздействием коррозионных фильтрационных вод (фильтрата) разрушению подвергаются внешние элементы (корпус), затем – составляющие электродов. Именно выщелачивание электродов, иными словами, содержимого батареек, представляет собой основную опасность для окружающей среды на протяжении всего жизненного цикла полигона.

Таким образом, важным моментом, определяющим скорость воздействия ХИТ на окружающую среду является время их вскрытия. Анализ данных эксперимента тайландских ученых и результаты проведенного нами исследования позволяют оценить период вскрытия ХИТ в 6–7 недель [14].

Для выщелачивания металлов важным фактором является значение рН фильтрата полигона, который, как показал анализ литературы, находится в диапазоне от 4 до 9 [6, 7].

Для экспериментального изучения способности выщелачивания тяжелых металлов в фильтрационные воды в Техническом университете Дрездена были проведены лабораторные исследования, моделирующие процессы разложения ТКО на полигоне г. Иркутска.

Следует отметить, что полигон ТКО г. Иркутска был введен в эксплуатацию в 1963 г., общая площадь 41,87 га, мощность техногенных осадков составляет около 60 м. На январь 2015 г. на полигоне захоронено более 7 млн т отходов. Ретрополигон оказывает негативное воздействие на природную среду и требует срочного проведения инженерно-технических мероприятий по предотвращению негативного воздействия.

В ходе эксперимента, в реакторы были загружены твердые бытовые отходы массой 35 кг, морфологический состав которых соответствовал полигону ТКО г. Иркутска. В течение всего эксперимента в биореакторах поддерживалась постоянная температура (45 °С). Влажность отходов обеспечивалась рециркуляцией фильтрата. Ускорение разложения отходов обеспечивалось за счет периодического обновления фильтрата. В биореакторы была произведена загрузка ХИТ: цилиндрические батарейки типа ААА («мизинчиковые») LR03, типа АА («пальчиковые») LR6, типа D LR20, аккумуляторы (R3, R6), батарейки и плоские батарейки CR2016. Отбор фильтрата осуществлялся два раза в месяц. Изменялись тяжелые металлы, рН, электропроводность, редокс-потенциал, ХПК, БКП, сульфаты, хлориды, нитраты, нитриты, ионы аммония [11].

Анализ полученных данных на четырех биореакторах (DSR) позволил сформировать отдельные закономерности процессов выщелачивания и выполнить количественную оценку мобилизации тяжелых металлов при захоронении ХИТ на полигоне ТКО. Анализ данных состава фильтрата из биореакторов показывает достаточно высокие содержания тяжелых металлов, которые продолжают сохраняться по истечении 3 месяцев проведения эксперимента (табл. 3).

Таблица 3

**Количество выщелачиваемых металлов  
в фильтрат биореакторов (DSR)**

Тяжелый металл	Содержание компонента, мг/л							
	Биореактор № 1		Биореактор № 2		Биореактор № 3		Биореактор № 4	
	1 нед. эксперимента	3 мес. эксперимента	1 нед. эксперимента	3 мес. эксперимента	1 нед. эксперимента	3 мес. эксперимента	1 нед. эксперимента	3 мес. эксперимента
Свинец	9,75	535,5	15,60	668	49,50	633	34,10	649
Кадмий	34,10	1832,50	46,40	1912,50	8216	1962	1379	1540
Никель	0,755	0,89	3,18	2,26	1,38	1963	1,59	1546
Хром	34,10	842,70	46,40	1845,00	8374	783,5	1379	185,5
Медь	–	–	–	–	85,20	< 0,1	99,40	< 0,1
Цинк	–	–	–	–	37,40	16,15	104	29,65

На рис. 5 представлены кривые изменения концентрации тяжелых металлов в фильтрате на примере реактора № 4.

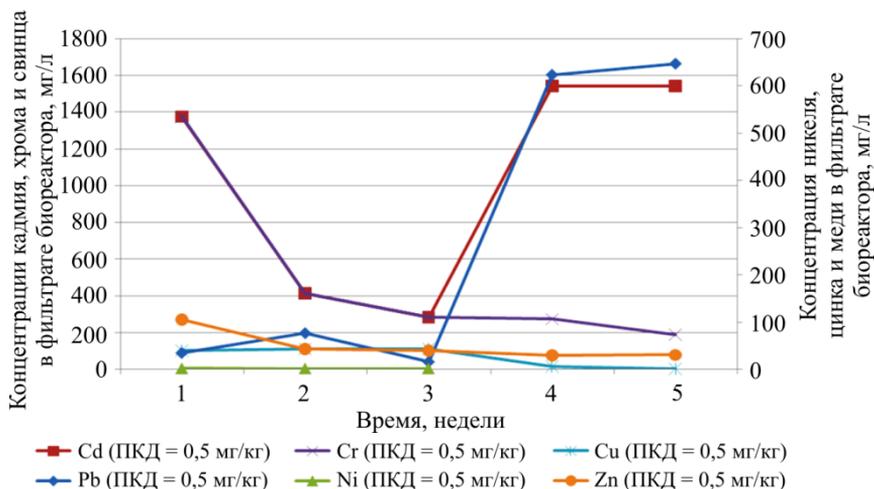


Рис. 5. Изменение концентрации тяжелых металлов в фильтрате

Исследования показывают, что концентрации свинца и кадмия достигают значений 1600–1700 мг/л на 5 неделе, что превышает установленную норму для почв в 53,1 и 3200 раз соответственно. Концентрация никеля, меди и цинка приблизительно равна их ПДК в почве на протяжении всего времени эксперимента, а концентрация цинка в течение первой недели превышает установленное значение в 3,18 раза, с дальнейшим снижением в пределах ПДК.

С целью оценки воздействия, оказываемого на окружающую природную среду захоронением отработанных источников тока за длительный период существования полигона ТКО, на основе данных, полученных в ходе эксперимента, а также методики расчетов был проведен расчет масс тяжелых металлов на многолетний период времени [5]. Данные экстраполяции приведены на рис. 6.

Как можно наблюдать из графических зависимостей, в процессе элюирования существует четыре основных периода. Периоды роста можно связать с образованием кислого фильтрата и ежегодным поступлением ХИТ на полигон, периоды понижения концентрации с повышением рН фильтрата. В первые пять лет существования полигона при стадии ацетогенного разложения

образуется кислый фильтрат, что является катализатором в процессах разрушения корпусов батареек и выщелачивания электролита. В последующие годы уровень рН растет, но за счет аэробного и ацетогенного разложения новых отработанных ХИТ концентрация металлов по-прежнему растет, но более медленно. Начиная с тридцать шестого года существования полигона происходит аккумуляция металлов в почве полигона. Следует выделить, что после закрытия полигона в результате разрушения перекрытий доступ кислорода будет возобновлен с последующим аэробным окислением металлов. В результате образования кислот вновь понижается уровень рН элюата и, как следствие, увеличивается концентрация тяжелых металлов.

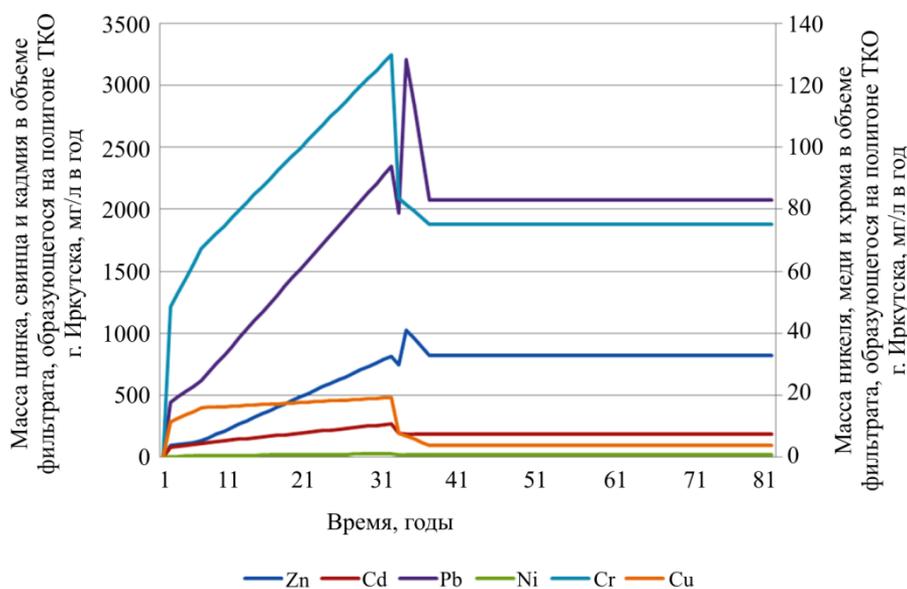


Рис. 6. Прогноз выщелачивания тяжелых металлов из ХИТ фильтратом ТКО для полигона ТКО г. Иркутска

Из вышесказанного можно сделать выводы о том, что захоронение ХИТ совместно с ТКО оказывает существенное негативное воздействие на депонирующую среду из-за выщелачивания таких металлов, как цинк, медь, кадмий, хром, никель и свинец. И несмотря на защелачивание фильтрата и осаждения в нем цветных металлов на стадии метаногенеза, угроза загрязнения высока на протяжении многих лет после прекращения действия полигона.

Поэтому важно регламентировать не только содержание загрязняющих веществ в почвах, но и разрабатывать соответствующие документы (ГОСТ, ГН, СНиП) для полигонов ТКО в России.

Так, к примеру, в Германии, с целью исключения возможности нанесения вреда окружающей среде еще в 1993 г. в рамках технического руководства по бытовым отходам (*TASi*) были установлены критерии для полигонов, представленные в табл. 4. Размещаемые на них отходы должны отвечать определенным требованиям, касающимся их физико-химических характеристик и элюата, в том числе по содержанию тяжелых металлов. В настоящее время критерии, предъявляемые к отходам для их дальнейшего размещения на полигонах, регулируются предписанием о полигонах и хранилищах длительного хранения (*DepV*) от 27 апреля 2009 г.

Таблица 4

Сравнение значений ПДК тяжелых металлов для полигонов в Германии (критерии элюата) и водных объектов и почв в России

Параметр	Германия			Россия	
	Техническое руководство по размещению отходов, мг/л			ПДК химических веществ, мг/л (ГН 2.1.7.2014–06)	
	Класс полигона 1	Класс полигона 2	Класс полигона 3	в почве	водных объектах
Свинец	≤0,2	≤1	≤2		
Кадмий	≤0,05	≤0,1	≤0,5	6,0	0,001
Хром VI	≤0,05	≤0,1	≤0,5	0,05	0,05
Медь	≤1	≤5	≤10	3,0	1,0
Никель	≤0,2	≤1	≤2	4,0	0,02
Цинк	≤2	≤5	≤10	23,0	1,0

Вместе с тем нельзя утверждать, что все типы батарей представляют опасность для окружающей среды. В частности, трехсторонняя группа экспертов из Японии, США и Европы пришла к выводу, что щелочные батареи на основе марганца и цинкоуглеродные (солевые) батареи не представляют большой угрозы для окружающей среды, если они используются и утилизируются надлежащим образом вместе с обычными отходами. Примерно к такому же выводу пришли исследователи из Массачусетского технологического института, в 2011 г. опубликовавшие отчет

о влиянии щелочных батарей на окружающую среду в течение жизненного цикла [15].

**Заключение.** Исходя из масштабов и темпов роста рынка различных источников тока, резкого увеличения отходов ХИТ, угрозы, которую эти отходы представляют для окружающей среды и здоровья человека, во всех европейских странах существуют или активно создаются соответствующие механизмы управления ОХИТ, отдельно от других видов отходов.

Согласно экспериментальным данным захоронение ОХИТ наносит вред окружающей природной среде из-за выщелачивания таких тяжелых металлов, как кадмий и свинец, чьи концентрации превышают нормы ПДК 3200 и 53,1 раз соответственно.

В России необходимо в ближайшее время начать работу по созданию системы управления данными видами отходов, включающей в себя отдельный сбор, переработку, а также механизмы финансирования работы переработчиков, не дожидаясь принятия закона, вводящего ответственность производителей. Для создания действенного механизма управления отходами, включающего в себя разработку концепции управления, разработку законодательного обеспечения, создание формирования системы оборота отходов, требуется объединение усилий государства и коммерческих структур.

### Библиографический список

1. Таганова А.А., Бубнов Ю.И., Орлов С.Б. Герметичные химические источники тока: элементы и аккумуляторы. – СПб.: Химиздат, 2005. – 264 с.
2. Химические источники тока: справ. / под ред. Н.В. Коровина, А.М. Скундина. – М.: Изд-во МЭИ, 2003. – 740 с.
3. Варламов В.Р. Современные источники питания. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ДМК Пресс, 2009. – 224 с.
4. Маркетинговое исследование рынка переработки химических источников тока (аккумуляторов, батарей) [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.cleandex.ru/analytic/2012/10/17/chemical\\_cell\\_recycling\\_market](http://www.cleandex.ru/analytic/2012/10/17/chemical_cell_recycling_market) (дата обращения: 19.05.2016).
5. Вайсман Я.И., Глушанкова И.С. Условия образования и очистка фильтративных вод полигонов захоронения твердых бытовых отходов / Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2003. – 168 с.
6. Bilitewski B., Wagner J., Reichenbach J. Best Practice Municipal Waste Management // Information pool on approaches towards a sustainable design of municipal

waste management and supporting technologies and equipment. – INTECUS Dresden GmbH, 2015.

7. Карлушина Н.В., Уланова О.В., Грундманн Ф. Комплексная оценка энергетического потенциала полигона твердых бытовых отходов г. Иркутска // Management Systems and Technical Solutions ISWA: материалы конф. MSW. – М., 2015.

8. Утилизация батареек в России и мире // РИА Новости <http://ria.ru/spravka/20131121/971073902.html#ixzz4DFMFFNzX> (дата обращения: 19.05.2016).

9. Довгань С.А. Проблемы очистки фильтрата // Экология и промышленность России. – 2009. – № 4. – С. 22–23.

10. Комиссаров В.А., Марьев В.А., Об организации переработки батарей // Экологический вестник России. – 2012. – № 12. – С. 22–23.

11. Рыжакова М. Г. Отработавшая батарейка как опасный отход // Твердые бытовые отходы – 2015. – № 6. – С. 44–45.

12. Criticalreviewoftheliterature regarding disposal of household batteries: final report 2007 // CalRecovery, Inc. Concord. – California, 2007. – 184 p.

13. Janz A. Schwermetalle aus Elektroaltgeräten und Batterien im kommunalen Restabfall. – Dresden, 2010. – 120 p.

14. Kamchanawong P. Limpiteeprakan, Evaluation of heavy metal leaching from spem household batteries disposed in municipal solid waste // Waste Management. – 2009. – Vol. 29, no. 2. – P. 550–558.

15. Life Cycle Impacts of Alkaline Batteries with Focus on End-of-life / Massachusetts Institute of Technology Materials Systems Lab. – Massachusetts, 2011.

## References

1. Taganova A.A., Bubnov Yu.I., Orlov S.B. Germetichnye khimicheskie istochniki toka: elementy i akkumuljatory [Airtight chemical sources: Elements and batteries]. Saint-Petersburg: Khimizdat, 2005. 264 p.

2. Korovin N.V., Skundin A.M. Himicheskie istochniki toka [Electrical and electronic equipment]. Moscow, 2003. 740 p.

3. Varlamov V.R. Sovremennye istochniki pitaniya [Modern power sources]. Moscow: Press, 2009. 224 p.

4. Marketingovoe issledovanie rynka pererabotki khimicheskikh istochnikov toka (akkumuljatorov, batarej) [Market research in the processing of chemical power sources (batteries, batteries)], available at: [http://www.cleandex.ru/analytic/2012/10/17/chemical\\_cell\\_recycling\\_market](http://www.cleandex.ru/analytic/2012/10/17/chemical_cell_recycling_market) (accessed 19 May 2016).

5. Vajsman Ya.I., Glushankova I.S. Usloviya obrazovaniya i ochildka fil'tratsionnykh vod poligonov zakhroneniya tverdykh bytovykh otkhodov [The conditions of formation and purification of seepage water landfills of municipal solid waste]. Perm, 2003. 168 p.

6. Bilitewski B., Wagner J., Reichenbach J. Best Practice Municipal Waste Management. *Information pool on approaches towards a sustainable design of municipal waste management and supporting technologies and equipment*. INTECUS Dresden GmbH, 2015.

7. Karlushina N.V., Ulanova O.V., Grundmann F. Kompleksnaya otsenka energeticheskogo potentsiala poligona tverdykh bytovykh otkhodov g. Irkutsk [Integrated assessment of the energy potential of landfill Irkutsk]. *Management Systems and Technical Solutions ISWA*. Moscow, 2015.

8. Utilizatsiya batareek v Rossii i mire [Recovery of the batteries in Russia and the world]. *RIA News*, available at: <http://ria.ru/spravka/20131121/971073902.html#ixzz4DFMFFNzX> (accessed 21 July 2016).

9. Dovgan S.A. Problemy ochistki fil'trata [Leachate treatment problems]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, 2009, April, pp. 22–23.

10. Komissarov V.A., Mar'ev V.A. Ob organizatsii pererabotki batarej [The organization of batteries recycling]. *Ekologicheskij vestnik Rossii*, 2012, no. 12, pp. 22–23.

11. Ryzhakova M.G. Otrabotavshaya batarejka kak opasnyj otkhod [Used batteries as hazardous waste]. *Tverdye bytovye otkhody*, 2015, no. 6, pp. 44–45.

12. Critical review of the literature regarding disposal of household batteries: final report. *CalRecovery, Inc. Concord. California*, 2007. 184 p.

13. Janz A. Schwermetalle aus Elektroaltgeräten und Batterien *im kommunalen Restabfall*, Dissertation, IAA. TU Dresden, 2010. 120 p.

14. Kamchanawong P. Limpiteeprakan, Evaluation of heavy metal leaching from spent household batteries disposed in municipal solid waste. *Waste Management*, 2009, vol. 29, no. 2, pp. 550–558.

15. Life Cycle Impacts of Alkaline Batteries with Focus on End-of-life. Massachusetts Institute of Technology Materials Systems Lab., 2011.

Получено 19.07.2016

**V. Zilenina, O. Ulanova, K. Dornak**

**COMPARATIVE ANALYSIS OF MANAGING  
SPENT CURRENT SOURCES IN RUSSIA  
AND EUROPEAN COUNTRIES**

An analysis of existing chemical current sources (CCS) was performed in accordance with the available international standards including the common CCS classification which is based on the possibility of the CCS reuse. The existing management systems for spent chemical current sources (SCCS) in Russia and in the European Union countries were analyzed, the legislative systems regulating the management of this type of waste were considered, and the comparative analysis was performed. In addition, specific examples of existing organizations and programs concerning the CCS waste management were cited. Based on the laboratory studies performed at the Dresden University of Technology,

the calculations were made to predict leaching of CCS components into the municipal solid waste (MSW) landfill body. Thus, the conclusions on the current and expected environmental impacts were made.

**Keywords:** chemical current sources (CCS), batteries, municipal solid waste (MSW), municipal solid waste (MSW) landfill, spent chemical current sources (SCCS).

***Зиленина Валерия Григорьевна** (Иркутск, Россия) – аспирант кафедры обогащения полезных ископаемых и инженерной экологии, Иркутский национальный исследовательский технический университет (664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, e-mail: Ymk\_93@mail.ru).*

***Уланова Ольга Владимировна** (Иркутск, Россия) – канд. техн. наук, доцент, ст. науч. сотрудник ИЦ «Инжи Инжиниринг», Иркутский национальный исследовательский технический университет (664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, e-mail: olga.ulanova@gmx.de).*

***Дорнак Кристина** (Дрезден, Германия) – д-р техн. наук, профессор, директор Института управления отходами и замкнутого хозяйственного цикла, Технический университет г. Дрездена (christina.dornack@tu-dresden.de).*

***Zilenina Valeriya** (Irkutsk, Russian Federation) – Postgraduate Student of the Department Mineral Processing and Environmental Engineering, Irkutsk National Research Technical University (83 Lermontov street, Irkutsk, 664074, e-mail: Ymk\_93@mail.ru).*

***Ulanova Olga** (Irkutsk, Russian Federation) – PhD, Associate Professor, Irkutsk National Research Technical University (83 Lermontov street, Irkutsk, 664074, e-mail: olga.ulanova@gmx.de).*

***Dornack Kristina** (Dresden, Germany) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Technical University Dresden, Director of Institute of Waste Management and Circular Economy (e-mail: christina.dornack@tu-dresden.de).*