

materials in municipal solid waste; identification of hazardous materials in the composition of MSW and retrieval; recycling and disposal of hazardous materials by type.

Keywords: municipal solid waste, hazardous waste, chemical cell, mercury-containing waste, medical waste, paint-and-varnish waste, spray can.

Введение

По данным Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, на территории России за 2013 год образовалось 14,550 млн т твердых коммунальных отходов, объем использованных и обезвреженных отходов составляет 3,634 млн т [1], остальная часть ТКО захоранивается на полигонах и свалках, поэтому представляет опасность для окружающей среды. В потоке твердых коммунальных отходов встречаются разные компоненты (как относительно неопасные, так и опасные), образующиеся от жизнедеятельности человека и/или разных сфер деятельности. Например, автотранспортные предприятия, которые образуют разные виды опасных материалов (аккумуляторы, батареи для дистанционного управления, аэрозольные баллончики для покраски и т.п.), при попадании в объекты окружающей среды приводят их к негативному воздействию на окружающую природную среду и наносят вред здоровью человека.

В соответствии с ФККО твердые коммунальные отходы относятся к 4-му классу опасности, при этом в их составе встречаются самые разные компоненты, как относительно неопасные, например макулатура, так и материалы 1–3-го классов опасности, в том числе токсичные (например, ртутьсодержащие люминесцентные лампы), пожароопасные (например, отходы лакокрасочных материалов), эпидемиологически опасные (например, использованные шприцы). Формально опасные материалы должны собираться отдельно от потока ТКО, однако на практике повсеместно попадают в состав ТКО, оказываются на полигонах и несанкционированных свалках, что приводит к загрязнению окружающей среды тяжелыми металлами, стойкими органическими загрязнителями и патогенными микроорганизмами, что оказывает неблагоприятное воздействие на растительный и животный мир и здоровье человека.

Само понятие опасных материалов или опасных отходов в составе ТКО не имеет четкого определения. В Российской Федерации, согласно Федеральному закону от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» в редакции, действующей до 30 июня 2009 г., под опасными отходами понимались отходы, которые содер-

жат вредные вещества, обладающие опасными свойствами (токсичностью, взрывоопасностью, пожароопасностью, высокой реакционной способностью) или содержащие возбудителей инфекционных болезней, либо которые могут представлять непосредственную или потенциальную опасность для окружающей природной среды и здоровья человека самостоятельно или при вступлении в контакт с другими веществами. Однако на основе изменений, внесенных 30 декабря 2008 г., словосочетание «опасные отходы» было исключено и заменено на «отходы I–IV класса опасности». Согласно ГОСТ Р 53692–2009. Национальный стандарт Российской Федерации. «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов» (утвержден и введен в действие Приказом Ростехрегулирования от 15.12.2009 № 1092-ст) под отходами I–IV классов опасности понимаются отходы чрезвычайно опасные (I), высокотоксичные (II), умеренно опасные (III) и малоопасные (IV), в состав которых входят вещества или компоненты, обладающие одним или несколькими опасными свойствами (токсичностью, взрывоопасностью, способностью к самовозгоранию, высокой реакционной способностью, канцерогенностью, наличием возбудителей инфекционных заболеваний или другими установленными документально опасными свойствами) и обращение с которыми представляет непосредственную или потенциальную опасность для жизни и здоровья человека и/или окружающей среды.

При этом для обозначения компонентов ТКО, обладающих опасными свойствами, применять понятие «опасные отходы» кажется не совсем корректным, поэтому в дальнейшем будет использоваться понятие «опасные материалы», под которыми понимается совокупность материалов, обладающих одним или несколькими опасными свойствами (токсичностью, взрывоопасностью, способностью к самовозгоранию, высокой реакционной способностью, канцерогенностью, наличием возбудителей инфекционных заболеваний или другими установленными документально опасными свойствами), и присутствие которых в составе ТКО представляет непосредственную или потенциальную опасность для жизни и здоровья человека и/или окружающей среды при обращении с твердыми коммунальными отходами.

Актуальность исследований вопроса обращения с опасными материалами в составе ТКО обусловлена несколькими причинами:

- их опасными свойствами;
- объемами образования;

- воздействием на окружающую среду и здоровье человека;
- возможностью извлечения ценных металлов.

Основной целью работы стал анализ проблемы содержания опасных материалов в составе твердых коммунальных отходов для последующей разработки мероприятий по минимизации их негативного воздействия на окружающую среду за счет развития системы раздельного сбора, разработки и внедрения технологий по выделению опасных материалов из состава ТКО и технологий их переработки по основным видам.

Для решения этой задачи необходимо:

- определить номенклатуру опасных материалов в составе ТКО, выделить основные группы;
- установить состав и свойства отдельных групп материалов;
- проанализировать объемы образования опасных материалов и их содержание в ТКО в целом и по отдельным группам;
- оценить негативное воздействие опасных материалов на окружающую среду и здоровье населения.

1. Номенклатура опасных материалов в составе ТКО

Опасные материалы в составе твердых коммунальных отходов можно разделить на следующие основные группы: химические источники тока (элементы электропитания), ртутьсодержащие отходы, медицинские отходы, отходы лакокрасочных материалов, аэрозольные баллончики и пр. Выделение данных групп обусловлено схожими опасными свойствами и происхождением предметов.

Оценочно, большая часть (90–95 %) опасных материалов, в действительности встречаемых в ТКО, может быть отнесена к одной из выделенных групп. Однако, учитывая специфику ТКО, нельзя исключать наличия в них любых возможных предметов, материалов или веществ, представляющих реальную или потенциальную угрозу для окружающей среды и человека, поэтому данные материалы будут отнесены к категории «прочее».

Предложенная классификация опасных материалов подразумевает их визуальную идентификацию по общим внешним признакам – форме, размерам, цвету и т.п. При этом очевидно, что определение опасных свойств требует гораздо более детальных, точных и сложных исследований: чтобы определить содержание тяжелых металлов, необходим химический анализ образцов; чтобы установить наличие патогенных микроорганизмов, требуется соответствующее микробиологическое ис-

следование. Так, например, шприц мог использоваться как по назначению (для инъекций лекарственных препаратов), так и в других целях (для забора воды). Однако определение предложенных групп потенциально опасных материалов позволяет выделить их из общего потока и подвергнуть надлежащим методам переработки и обезвреживания.

2. Состав и свойства отдельных групп материалов

Во всех выделенных группах опасных материалов также можно идентифицировать отдельные компоненты, отличающиеся формой, размерами, составом и свойствами.

Так, все применяемые на практике *химические источники тока* по составу можно подразделить на два рода: первый и второй. Элементы первого рода – это первичные (одноразовые) батареи (батарейки), которые производят электроэнергию за счет химических реакций, в результате которых анод, катод и электролит претерпевают необратимые изменения, в этом случае батареи невозможно перезаряжать. Элементы второго рода – аккумуляторы, т.е. те элементы, которые можно повторно заряжать, если к электродам подключить источник постоянного тока. Химические реакции, протекающие в них, являются обратимыми [2]. Виды первичных батарей и аккумуляторов представлены на рис. 1.

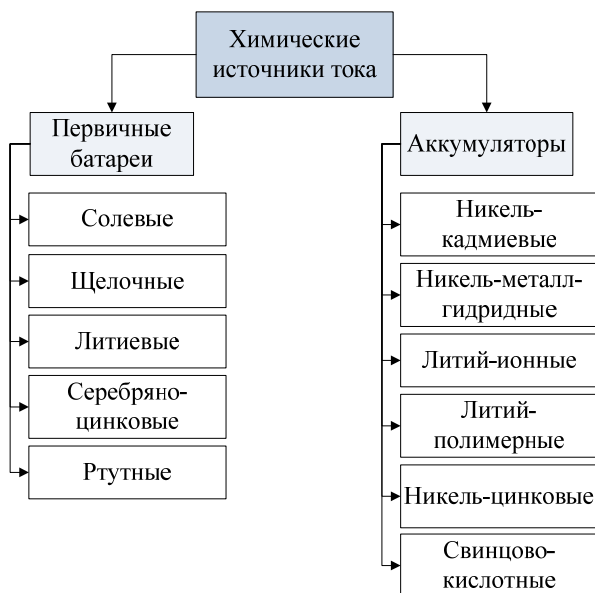


Рис. 1. Классификация отработавших химических источников тока

В потоке твердых коммунальных отходов из отработавших химических источников тока чаще всего встречаются солевые, щелочные батарейки, так как у них короткий срок службы, низкая стоимость. По некоторым данным [3], в Российской Федерации на захоронение отправляется около 15 тыс. т батарей в год. Щелочных батареек образуется 8200–9000 т, солевых – 3300–6300 т и аккумуляторов – 450–750 т [4].

Вторая основная группа опасных материалов – *ртутьсодержащие отходы*. Классификация ртутьсодержащих отходов, которые по степени токсичности относятся к I классу опасности, представлена на рис. 2.



Рис. 2. Классификация ртутьсодержащих отходов

Количество использованных люминесцентных (энергосберегающих) ламп ежегодно возрастает, так как в последнее десятилетие широко стали применяться для освещения помещений. По одним оценкам

[5], объем образования различных ртутьсодержащих отходов в России составляет 5–7 тыс. т/год, по другим данным [6], на территории России хранится 1,1 млн т ртутьсодержащих отходов, в которых накоплено до 9000 т ртути.

Следующая основная группа – *медицинские отходы*. В соответствии с СанПиН 2.1.7.2790–10 «Санитарно-эпидемиологические требования к обращению с медицинскими отходами» система сбора, хранения, транспортировки и утилизации в медицинских подразделениях устанавливается обязательными требованиями к обращению с медицинскими отходами, в частности их сбор осуществляется в специальные контейнеры, что исключает контакт населения с этим видом отходов и их присутствие в ТКО.

Однако медицинские отходы (шприцы, ампулы, перевязочный материал, истекшие по срокам годности лекарства и таблетки и т.д.) так или иначе попадают в поток твердых коммунальных отходов. Медицинские отходы, образующиеся при выполнении инъекций лекарственных средств, перевязке ран и ожогов и других медицинских манипуляций, выполняемых на дому, а также просроченные медикаменты обычно выбрасываются населением в общий контейнер для твердых коммунальных отходов.

Классификация медицинских отходов в составе ТКО приведена на рис. 3, где не представлены ртутные термометры и медицинские баллончики, которые относятся к ртутьсодержащим отходам и аэрозольным баллончикам соответственно.

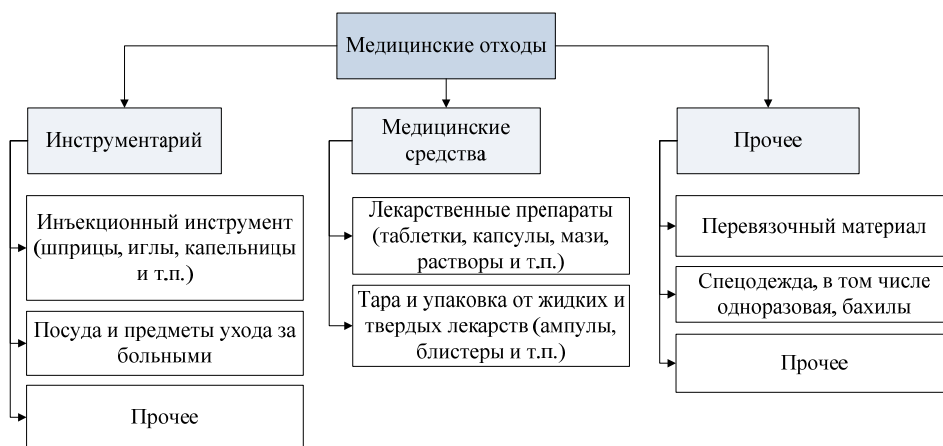


Рис. 3. Классификация медицинских отходов в составе ТКО

Даже если считать (в виду отсутствия точных данных), что 5 % всех образующихся медицинских отходов попадают в поток коммунальных отходов, то мы получим внушительную величину. На 1 жителя приходится около 24,6 кг/год медицинских отходов [7], т.е. около 1,2 кг медицинских отходов может ежегодно попадать в поток ТКО от каждого жителя или около 180 тыс. т на всей территории Российской Федерации.

Отходы лакокрасочных материалов, к которым относятся отходы красок, эмали, лаков, грунтовок, шпатлевки и антисептиков, представляют собой сложные системы, в состав которых входят пленкообразующие вещества, пластификаторы, стабилизаторы, растворители, сиккативы. Классификация отходов лакокрасочных материалов представлена на рис. 4. Объем рынка лакокрасочных материалов в Российской Федерации составляет около 1100 тыс. т/год [8]. В классификацию, приведенную на рис. 4, не включены баллончики из-под лаков, красок, растворителей, которые относятся к отдельной категории – аэрозольные баллончики.

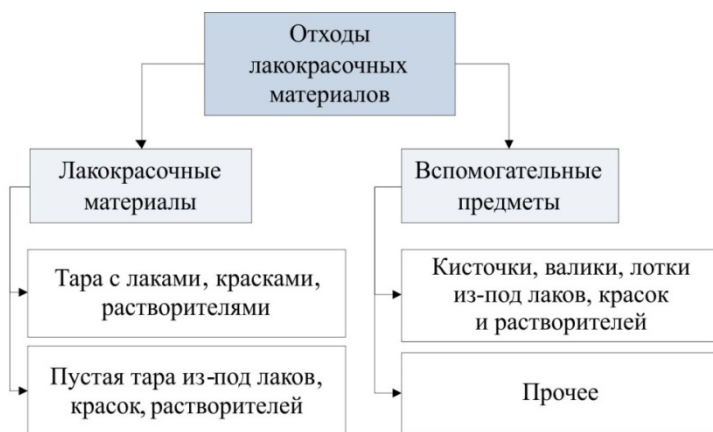


Рис. 4. Классификация отходов лакокрасочных материалов

Следующая группа опасных материалов – *аэрозольные баллончики*. Это моноблочные алюминиевые, жестяные сборные и стеклянные аэрозольные баллоны под внутренним давлением. Аэрозольные баллончики охватывают широкую область применения: предметы личного использования (дезодоранты, пена для бритья, лаки для волос и т.п.), бытовая химия (освежители воздуха, очистители стекол, очистители плитки, ковров, спреи для обуви и одежды и т.п.), медицинские средства (ингаляторы, спреи), строительные материалы (монтажная пена, ан-

тикоррозионные спреи, спрей-лаки, краски и т.п.), упаковка пищевых продуктов (кремы, сливки и т.п.) и промышленные средства (спреи против плесени, смазки и т.п.).

Последняя группа опасных материалов – *прочее*, к ним относятся компоненты, которые не вошли в предыдущие категории (отбеливатели, моющие средства и т.д.).

3. Объемы образования опасных материалов и их содержание в ТКО

Объемы образования опасных отходов можно оценить на основании результатов исследований морфологического состава отходов либо путем анализа объемов производства и потребления предметов и материалов, обладающих опасными свойствами.

В первом случае возможны следующие проблемы: во-первых, при определении морфологического состава твердых коммунальных отходов опасные отходы не всегда выделяются, так как их относят к категории «прочее»; во-вторых, в случае их выделения в списке определяемых компонентов велика погрешность таких измерений – анализируемая проба обычно недостаточно представительна с точки зрения содержания редко встречающихся компонентов, какими являются опасные материалы. Полученные данные о содержании опасных материалов могут использоваться только для ориентировочных оценок.

Так, специалистами кафедры охраны окружающей среды Пермского национального исследовательского политехнического университета при выполнении исследований морфологического состава отходов в некоторых случаях выделялась категория «опасные материалы» [9–13]. По результатам исследований доля опасных материалов составляла 0,05–0,45 % от общей массы ТКО (рис. 5). На рис. 5 представлено содержание опасных отходов для разных городов, а также содержание батареек и разных специальных отходов, под которыми понимаются медицинские аэрозольные баллончики, энергосберегающие лампы, лекарственные отходы в алюминиевой, пластмассовой и стеклянной таре и т.д. [14].

Из рис. 5 видно, что доля опасных отходов от общей массы ТКО для разных городов всегда относительно невелика и не превышает 1 %, но существенно (на порядок) отличается для разных городов. Если принять усредненную долю опасных отходов для российских городов равной 0,31 %, то на территории России образуется около 4,6 млн т/год опасных отходов.

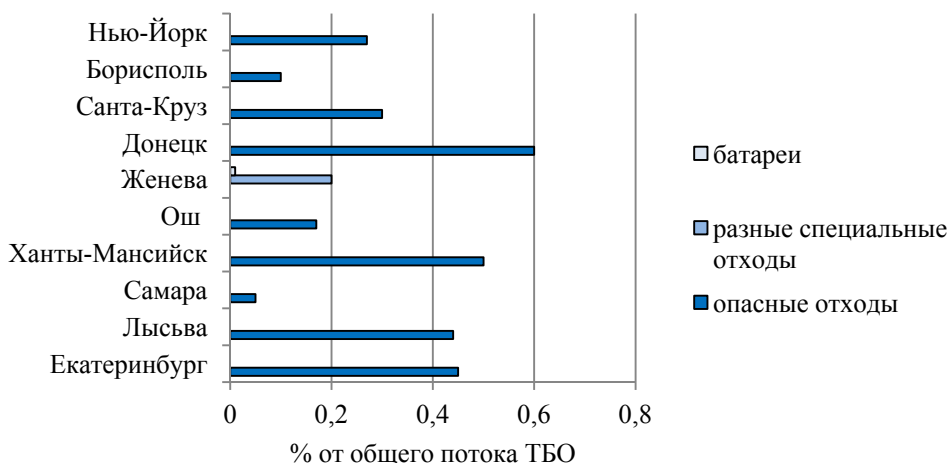


Рис. 5. Содержание опасных материалов в отходах разных городов

Более точно можно определить опасные материалы через объемы производства и использования предметов и материалов, обладающих опасными свойствами. Например, общий рынок батареек в Российской Федерации по некоторым данным [4] составляет приблизительно 650 млн шт. в год, таким образом, при среднем весе батареек и аккумуляторов 21,35 г (по результатам проведенных исследований) за год используется около 14 тыс. т химических источников тока. По данным [3], объем химических источников тока составляет около 15 тыс. т/год.

Сведения о массе опасных отходов позволяют оценить ущерб окружающей среде и влияние на здоровье человека.

4. Негативное воздействие опасных материалов на окружающую среду

Негативное воздействие на окружающую среду химических источников тока обусловлено прежде всего токсичностью их отдельных элементов. Например, в солевых и щелочных батареях содержание тяжелых металлов (ртуть, свинец, кадмий, кобальт) обычно составляет десятые, сотые доли процента, а в аккумуляторах типа Ni-Cd, Ni-MH, Li-ion содержание тяжелых металлов может достигать до 30 % от веса батареи. Например, содержание кадмия в Ni-Cd аккумуляторах составляет 23 мас. % [15], что при перерасчете с учетом объемов их использования на территории России даст величину порядка 100–180 т кад-

мия в год. Кадмий накапливается в окружающей природной среде и при попадании в организм в первую очередь аккумулируется в почках, и после достижения пороговой концентрации (около 0,2 мг кадмия на 1 г веса почек) появляются симптомы тяжелого отравления и почти неизлечимого заболевания [16].

При захоронении и компостировании опасных материалов в составе твердых коммунальных отходов может образоваться высокотоксичный фильтрат, который представляет особую опасность для почвы и грунтовых вод. При сжигании образуются выбросы с высоким содержанием тяжелых металлов, которые загрязняют атмосферный воздух. При сортировке отходов с целью извлечения вторичного сырья возможно ухудшение санитарно-гигиенических условий труда персонала, работающего на данном предприятии (возможно вдыхание паров ртути разбитых термометров и люминесцентных ламп, укалывание использованными шприцами и т.д.), особую опасность отходы представляют при выделении вторичного сырья вручную.

Для снижения опасности на окружающую среду и здоровье человека опасные материалы должны выделяться из потока ТКО.

5. Направления развития системы обращения с опасными материалами

С учетом обоснованной выше актуальности, предложенной номенклатуры опасных материалов и оценки объемов их образования, необходимо разрабатывать и внедрять мероприятия по развитию системы обращения с опасными материалами:

- предотвращение попадания опасных материалов в ТКО – во-первых, информирование населения о раздельном сборе опасных материалов: пояснение того, что понимается под опасными материалами, а также того, как они влияют на окружающую среду и здоровье человека; во-вторых, создание доступной для населения системы специализированных пунктов по сбору опасных материалов;

- идентификация опасных материалов в составе ТКО и их извлечение – развитие системы выделения опасных материалов из потока твердых коммунальных отходов за счет повышения уровня профессиональной компетенции персонала в данной области; за счет использования средств индивидуальной защиты и автоматизированных технологий идентификации и извлечения опасных материалов;

– переработка и обезвреживание по видам. В составе определенных групп опасных материалов содержатся ценные металлы, например в аккумуляторах: серебро, литий, никель, цинк, медь и т.д., которые при их извлечении можно повторно использовать в производстве. Например, в Ni-Cd аккумуляторах никеля содержится 11–30 мас. %, лития – 3–10 мас. %; в аккумуляторах типа Ni-MH никеля содержится 30–50 мас. %, цинка 5–20 мас. %; в Li-ion аккумуляторах меди содержится 2–15 мас. %, лития – более 25 мас. % [15]. Поэтому в зависимости от класса опасности и/или химического состава компонентов опасных материалов происходит выбор метода переработки или обезвреживания.

Согласно результатам проведенного анализа объемов образования и опасности актуальным в первую очередь является выделение и переработка опасных материалов, которые содержат тяжелые металлы (ртутьсодержащие отходы, аккумуляторы типа Ni-Cd, Ni-MH и Li-ion) и компонентов, в состав которых входят ценные металлы (аккумуляторы типа Ni-Cd, Ni-MH и Li-ion).

Настоящая работа выполнена в рамках реализации соглашений о предоставлении и целевом использовании субсидии для реализации научных проектов международными исследовательскими группами ученых на базе государственных образовательных учреждений Пермского края.

Список литературы

1. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2013 году: гос. доклад [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/list.php?part=1683> (дата обращения: 15.01.2015).
2. Химические источники тока: справ. / под ред. Н.В. Коровина, А.М. Скиндина. – М.: Изд-во МЭИ, 2003. – 740 с.
3. Чумакова И. Переработка батареек в России – время пришло [Электронный ресурс] // Коалиция «PRO Отходы». – URL: <http://www.proothody.com/novosti/obmen-opytom/batteries/> (дата обращения: 19.01.2015).
4. Компания AZ [Электронный ресурс]. – URL: <http://azcompany.ru/upload/files/presentation> (дата обращения: 19.01.2015).
5. Тимошин В.Н., Янин Е.П. Ассоциация НП «Арсо» – ключ к решению проблем утилизации ртутьсодержащих отходов в России

[Электронный ресурс]. – URL: <http://mercury-spb.ru/files/Yanin-NP-ARSO.pdf> (дата обращения: 20.01.2015).

6. Донских Д.К., Терюшков И.И. Обезвреживание ртутьсодержащих отходов: современное состояние // Рециклинг отходов. – 2011. – № 1 (31). – С. 18–21.

7. Обращение с медицинскими отходами [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.proza.ru/2010/08/25/723> (дата обращения: 20.01.2015).

8. Компания Research.Techart. Краткий аналитический отчет «Рынок лакокрасочных материалов» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.himtrade.ru/info/st8.htm> (дата обращения: 20.01.2015).

9. Окружающая среда и устойчивое развитие в Центральной Азии и России. Определение морфологического состава твердых бытовых отходов на Бишкекской городской санкционированной свалке и на местах сбора мусора в г. Ош [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.caresd.net/img/docs/6567.pdf> (дата обращения: 22.01.2015).

10. Сухомлин Ю.С. Разработка концепции обращения с твердыми бытовыми и малотоннажными промышленными отходами в Донецком индустриальном мегаполисе [Электронный ресурс]. – URL: <http://masters.donntu.edu.ua/2010/feht/suho-mlin/diss> (дата обращения: 21.01.2015).

11. Composting in Santa Cruz county. Compost and Mulch [Электронный ресурс]. – URL: http://www.compostsantacruzcounty.org/Compost_and_Mulch/index.htm (дата обращения: 21.01.2015).

12. Особенности образования твердых бытовых отходов в Украине [Электронный ресурс] / В.П. Михайленко, И.Л. Алексеевец, Г. Денафас, С.Л. Шмарин, И.А. Лучко. – URL: <http://waste.ua/eco/2012/municipal-waste/ukraine/> (дата обращения: 21.01.2015).

13. NYC Recycles. – URL: http://www1.nyc.gov/html/nycwasteless/html/resources/wcs_charts.shtml (дата обращения: 21.01.2015).

14. Villegas A., Villegas B. The analysis of the Composition of Geneva's household waste for planning purposes // International Solid Waste Association. – 2013.

15. Hsing D. Po Kang. Potential environmental and human health impacts of rechargeable Lithium-ion and Lithium Polymer batteries in discarded cellular phones: evaluation of hazardous waste classification, resource depletion potential, human toxicity potential, and ecotoxicity potential: dissertation. – 2012. – 115 p.

16. Вредные вещества в промышленности. Ч. II. Неорганические и элементарноорганические соединения: справочник для химиков, инженеров и врачей. – 5-е изд., стер. / под ред. Н.В. Лазарева. – М.: Химия, 1965. – 620 с.

References

1. Gosudarstvennyi doklad “O sostoianii i ob okhrane okruzhaiushchei sredy Rossiiskoi Federatsii v 2013 godu” [State report “On the state and Environmental Protection of the Russian Federation in 2013”], available at: <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/list.php?part=1683> (accessed 15 January 2015).

2. Khimicheskie istochniki toka [Chemical power sources]. Ed. N.V. Korovin, A.M. Skindin. Moscow: MEI, 2003. 740 p.

3. Chumakova I. Pererabotka batareek v Rossii – vremia prishlo [Recycling batteries in Russia – the time has come]. *Koalitsiia “PRO Otkhody”*, available at: <http://www.proothody.com/novosti/obmenopytom/batteries/> (accessed 19 January 2015).

4. Kompaniia AZ [Company AZ], available at: <http://azcompany.ru/upload/files/presentation> (accessed 19 January 2015).

5. Timoshin V.N., Ianin E.P. Assotsiatsiia NP “Arso” – kliuch k resheniiu problem utilizatsii rtut'soderzhashchikh otkhodov v Rossii [Association of NP “Arso” – the key to solving the problems of disposal of mercury waste in Russia], available at: <http://mercury-spb.ru/files/Yanin-NP-ARSO.pdf> (accessed 20 January 2015).

6. Donskikh D.K., Teriushkov I.I. Obezvrezhivanie rtut'soderzhashchikh otkhodov: sovremennoe sostoianie [Removal of mercury waste: current status]. *Retsikling otkhodov*, 2011, no. 1 (31), pp. 18-21.

7. Obrashchenie s meditsinskimi otkhodami [Treatment of medical waste], available at: <http://www.proza.ru/2010/08/25/723> (accessed 20 January 2015).

8. Kompaniia Research. Techart. Kratkii analiticheskii otchet “Rynok lakokrasochnykh materialov” [Analytical report “The market of paints and varnishes”], available at: <http://www.himtrade.ru/info/st8.htm> (accessed 20 January 2015).

9. Okruzhaiushchaia sreda i ustoichivoe razvitie v Tsentral'noi Azii i Rossii. Opredelenie morfologicheskogo sostava tverdykh bytovykh otkhodov na Bishkekskoi gorodskoi sanktsionirovannoi svalke i na mestakh sbora musora v g. Osh [Environment and Sustainable Development in Central

Asia and Russia. Determination of morphological composition of municipal solid waste in landfills Bishkek city and in the field of garbage collection in the city of Osh], available at: <http://www.caresd.net/img/docs/6567.pdf> (accessed 22 January 2015).

10. Sukhomlin Iu.S. Razrabotka kontseptsii obrashcheniia s tverdymi bytovymi i malotonnazhnymi promyshlennymi otkhodami v Donetskonom industrial'nom megapolise [Development of the concept of municipal solid and industrial waste in the Donetsk industrial metropolis], available at: <http://masters.donntu.edu.ua/2010/feht/suho-mlin/diss.> (accessed 21 January 2015).

11. Composting in Santa Cruz county. Compost and Mulch, available at: http://www.compostsantacruzcounty.org/Compost_and_Mulch/index.htm (accessed 21 January 2015).

12. Mikhailenko V.P., Alekseevets I.L., Denafas G., Shmarin S.L., Luchko I.A. Osobennosti obrazovaniia tverdyykh bytovykh otkhodov v Ukraine [Features of the formation of municipal solid waste in Ukraine], available at: <http://waste.ua/eco/2012/municipal-waste/ukraine/> (accessed 21 January 2015).

13. NYC Recycles, available at: http://www1.nyc.gov/html/nycwasteless/html/resources/wcs_charts.shtml (accessed 21 January 2015).

14. Villegas A., Villegas B. The analysis of the Composition of Geneva's household waste for planning purposes. *International Solid Waste Association*, 2013.

15. Hsing D. Po Kang. Potential environmental and human health impacts of rechargeable Lithium-ion and Lithium Polymer batteries in discarded cellular phones: evaluation of hazardous waste classification, resource depletion potential, human toxicity potential, and ecotoxicity potential. Dissertation, 2012. 115 p.

16. Vrednye veshchestva v promyshlennosti. Chast' II. Neorganicheskie i elementorganicheskie soedineniia [Harmful substances in the industry. Part II. Inorganic and Organoelement Compounds]. Ed. N.V. Lazarev. Moscow: Khimiia, 1965. 620 p.

Получено 28.09.2015

Об авторах

Полыгалов Степан Владимирович (Пермь, Россия) – аспирант кафедры «Охрана окружающей среды» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: polyste17@mail.ru).

Ильиных Галина Викторовна (Пермь, Россия) – старший преподаватель кафедры «Охрана окружающей среды» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: galina.perm.59@yandex.ru).

Базылева Яна Вадимовна (Пермь, Россия) – аспирант кафедры «Охрана окружающей среды» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: bazylevajana@gmail.com).

Коротаев Владимир Николаевич (Пермь, Россия) – доктор технических наук, профессор кафедры «Охрана окружающей среды» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: korotaev@pstu.ru).

About the authors

Stepan V. Polygalov (Perm, Russian Federation) – Postgraduate Student, Department of Environmental Protection, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: polyste17@mail.ru).

Galina V. Ilinykh (Perm, Russian Federation) – Senior Lecturer, Department of Environmental Protection, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: galina.perm.59@yandex.ru).

Iana V. Bazyleva (Perm, Russian Federation) – Postgraduate Student, Department of Environmental Protection, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: bazylevajana@gmail.com).

Vladimir N. Korotaev (Perm, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Environmental Protection, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: korotaev@pstu.ru).