

Очистка и переработка отходов

УДК 628.474:662.613:539.16

**Алексеевко В.В., канд. техн. наук, Сезоненко А.Б.,
Васечко А.А., Никитин В.Ю.**

Институт газа НАН Украины, Киев

ул. Десятаревская, 39, 03113 Киев, Украина, e-mail: a-ov@ukr.net

Особенности обращения с твердым остатком термического обезвреживания медицинских отходов

Проведен анализ морфологического состава отходов медицинских учреждений в Украине, которые потенциально могут быть направлены на термическое обезвреживание. Определены состав и характеристики твердого остатка после термического обезвреживания медицинских отходов разных исходных морфологических составов: для отходов с различным содержанием полимерных материалов и отдельно для фармацевтических отходов как подгруппы медицинских отходов. Исследовано вымывание тяжелых металлов из полученного шлака. Установлена степень опасности полученного твердого остатка. Рассмотрены возможные методы обращения с твердым остатком термического обезвреживания отходов в зависимости от его состава и технических характеристик. На основе полученных данных, а также опыта обращения с твердым остатком термического обезвреживания других отходов приведены рекомендации для обращения с твердым остатком после обезвреживания медицинских отходов типичного состава. *Библ. 16, рис. 1, табл. 2.*

Ключевые слова: обработка медицинских отходов, шлак, зола, загрязнители.

В Украине ежегодно образуется значительное количество медицинских отходов, в том числе опасных. Часть из них проходит стадию термического обезвреживания, после чего получается твердый остаток, к которому относятся шлак и зола в камере термического обезвреживания и остаток систем газоочистки (летучая зола). Метод обращения выбирается в зависимости от его состава и класса опасности.

Исследованию и разработке методов обращения с твердым остатком термического обезвреживания медицинских отходов на сегодня уделяется крайне мало внимания, что, вероятно, связано с незначительными объемами обра-

зования медицинских отходов по сравнению, например, с твердыми бытовыми отходами (ТБО) и еще меньшим количеством твердого остатка после термического обезвреживания таких отходов. Так, по данным [1], только в Киеве ежегодно образуется около 1,5 млн т ТБО, а в Украине по состоянию на 2004 г. образовалось только 400 тыс. т медицинских отходов [2]. Проблема обезвреживания медицинских отходов из-за этого не становится менее актуальной в связи с потенциальной инфекционной опасностью этих отходов.

Цель настоящей статьи — анализ методов обращения с твердыми остатками термического

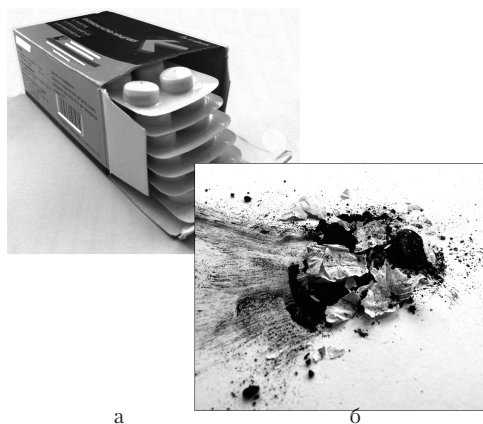
обезвреживания медицинских отходов, учитывая существующий опыт и методы обращения с твердыми остатками других отходов, а также определение их типичного состава и класса опасности.

Согласно [3], остатки в результате термического обезвреживания отходов относятся к категории, требующей особого рассмотрения, а возможное наличие в них токсических веществ относит их к категории опасных.

Особенностью медицинских отходов, подлежащих термическому обезвреживанию, является то, что к ним могут относиться и органические, и неорганические компоненты. Это и перевязочные материалы, медицинские инструменты, операционные и патологоанатомические отходы, просроченные лекарственные препараты и дезсредства, а также другие отходы деятельности больниц, поликлиник, центров переливания крови, диспансеров, ветлечебниц, аптек и других медицинских учреждений и медицинских НИИ. Более подробно состав медицинских отходов и их классификация описаны в [4]. Компонентный состав медицинских отходов может значительно варьироваться и зависит преимущественно от типа медицинского учреждения и от внутренних правил обращения с отходами в данных учреждениях. Часть отходов медицинских учреждений сходна по составу с ТБО. Это в основном отходы административных и хозяйственных подразделений медицинских учреждений [5].

Основным отличием медицинских отходов является большее содержание пластика и значительная влажность [6]. При этом количество и состав медицинских отходов зависят от региона, времени года и в особенности от типа медицинского учреждения и системы управления отходами, которая используется в этом учреждении. В Украине до сих пор не утвержден СанПиН, регулирующий обращение с медицинскими отходами, поэтому медицинские учреждения пользуются, как правило, внутренними инструкциями. Существуют трудности с определением точного состава медицинских отходов, связанные с вышеуказанной потенциальной инфекционной опасностью этих отходов, поэтому определять их состав лучше всего на стадии сбора. Кроме того, даже при наличии установки термического обезвреживания на территории учреждения или наличии договора с организацией, имеющей подобную установку и право заниматься подобной деятельностью, далеко не все медицинские отходы направляются на термическое уничтожение.

При выборе методов обращения с твердым остатком термического обезвреживания меди-



Фармацевтические отходы до (а) и после (б) термического обезвреживания.

цинских отходов необходимо предварительно определить химический состав твердого остатка и его класс опасности, которые зависят от первоначального состава обезвреживаемых отходов, а также от конструкции и режима работы установки термического обезвреживания.

Авторами статьи были проведены исследования по термическому обезвреживанию и анализу остатков после термического обезвреживания, для чего были подготовлены три опытные партии медицинских отходов:

– выборка № 1 – бинты, тампоны и вата – 3 кг, одноразовые шприцы с иглами – 0,3 кг, полиэтиленовая упаковка – 0,2 кг; кровь – 0,5 кг;

– выборка № 2 – системы для переливания крови (с иглками) – 3 кг, одноразовые шприцы – 0,3 кг, бинты и тампоны – 0,1 кг, полиэтиленовая упаковка – 0,1 кг, кровь – 0,5 кг;

– выборка № 3 – противовоспалительные средства в форме таблеток в блистерной упаковке и картонной коробке (рисунок, а), при этом доля полимеров – 16 %, фольги – 2 %, таблеток – 66 %, картонной коробки с вкладышем – 16 %.

Таким образом, в первой выборке доля полимерных материалов составляла не больше 10 %, во второй – примерно 85 %, третья выборка состояла из фармацевтических отходов как одной из подгрупп медицинских отходов.

Выборки загружались в двухкамерную установку-инсинератор термического обезвреживания медицинских отходов противотуберкулезного диспансера: в первой камере происходили одновременно процесс горения с недостатком кислорода и процесс разложения отходов, во второй – дожигание образовавшихся газообразных продуктов из первой камеры. Температура в камерах поддерживалась горелками, работающими на природном газе. Во время ра-

боты диапазон колебания температур в первой камере составлял 686–892 °С, во второй камере — 997–1117 °С. Процесс термического обезвреживания длился 30 мин, после чего было запущено охлаждение установки при помощи продувки камер воздухом. Пробы твердого остатка из первой камеры брались только после полного охлаждения установки.

Процентное содержания органических веществ определялось гравиметрическим методом сжигания образцов до постоянной массы при температуре 900 °С, содержание тяжелых металлов определялось атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре типа КАС-120.1, определение рН производилось на приборе «рН-метр-150».

Образцы выборок № 1 и № 2 являлись сухой однородной порошкоподобной массой без комков, серого цвета. Образец выборки № 3 являлся сухой порошкоподобной массой черного цвета с крупными хлопьями белого цвета (рисунок, б).

Среднее значение содержания каждого химического элемента в пробе рассчитывалось с учетом абсолютно высушенного образца пробы. Данные по исследованию твердого остатка медицинских отходов диспансера приведены в табл.1.

Таблица 1. Характеристики и состав твердого остатка отходов

Показатель	Выборка № 1	Выборка № 2	Выборка № 3
Влажность, %	2	2	6,5
Органические вещества, %	0,5	1,3	9,2
рН	10,1	10,8	10,2
Pb, мг/кг	12,1	10,7	1,1
Cu, мг/кг	39,4	37,97	31,3
Ni, мг/кг	—	26,65	15,8
Mn, мг/кг	—	94,86	86,1
Fe, мг/кг	6208,3	5103,9	2198,7
Cd, мг/кг	0,6	0,6	0,29
Zn, мг/кг	1298,0	1082,6	31,0
Cr, мг/кг	68,0	—	35,9
Hg, мг/кг	0,02	—	—
Al, мг/кг	—	—	67 007,2
Be, мг/кг	—	—	42,6
V, мг/кг	—	—	57,74
Ti, мг/кг	—	—	296,7

В обоих случаях твердый остаток является отходом IV класса опасности и, согласно ДСанПиН [7], может без негативных экологических последствий быть смешан с бытовыми отходами в местах захоронения последних, либо исполь-

зоваться как изоляционный материал. Для подтверждения этих выводов дополнительно было проведено исследование вымывания тяжелых металлов из твердого остатка выборки № 1 с определением концентрации тяжелых металлов в воде атомно-адсорбционным методом. Данные по исследованию приведены в табл.2. Из нее видно, что вымывание металлов в водную среду не превышает предельно допустимых уровней.

Таблица 2. Вымывание металлов в водную среду из шлака

Металл	ПДК, мг/л [8]	Фактическое значение, мг/л
Pb	0,03	не обнаружено
Cu	1,0	0,2
Zn	1,0	0,5
Ni	0,1	0,025

Расчет класса опасности отходов по [7] производится с учетом состава неорганических химических загрязнителей и их предельной концентрации. Недостатком данной методики является то, что она не учитывает возможное присутствие в твердом остатке таких стойких органических загрязнителей, как диоксины, фураны, бифенилы и др., которые могут нести серьезную угрозу окружающей среде и здоровью человека. Анализы твердого остатка на наличие стойких органических загрязнителей довольно сложны и дорогостоящи.

Летучая зола, уловленная системой газоочистки мусоросжигательных заводов, потенциально является высокоопасным отходом, требующим специального обращения, который должен быть либо обезврежен, либо захоронен на специальных полигонах для токсических промышленных отходов. Концентрация вредных веществ в летучей золе значительно превышает концентрацию в шлаке и золе камер термического обезвреживания [9–12]. Можно ожидать, что подобная тенденция будет характерна и для летучей золы медицинских отходов. Поэтому перемешивание шлака и золы из камеры с летучей золой в результате приведет к образованию твердого остатка с высоким классом опасности, что существенно ограничивает методы обращения с ним [6, 10]. Поэтому целесообразнее обезвреживать летучую золу отдельно от шлака и золы из камеры.

Возможность использования твердых остатков после термического обезвреживания медицинских отходов определяется следующими факторами: содержанием металлов и солей; содержанием органических соединений; физической пригодностью, например, размером частиц и их механическими свойствами.

В Нидерландах, Дании, Франции, Германии 40–60 % шлаков, полученных в результате термического обезвреживания ТБО, после их стабилизации и переработки используются в основном при строительстве асфальтовых покрытий, велосипедных дорожек, взлетно-посадочных полос и др., несмотря на то, что этот бетон обладает меньшей по сравнению с обычным бетоном прочностью [10, 13]. При необходимости шлак можно отправить на грохочение и измельчение его крупных кусков, чтобы сделать более пригодным в строительстве дорог и в земляных работах. Также шлаки после уничтожения отходов используются в производстве кирпичей, плитки и других строительных материалов. Подобный опыт применим и для шлаков и золы после термического обезвреживания медицинских отходов. Учитывая малые объемы их образования, рентабельность данного метода возможна лишь при совместном использовании с большим количеством твердого остатка других отходов.

С помощью специальных технологий шлак можно переработать на волокнистые теплоизоляционные материалы, которые представляют большую ценность для строительства [13, 14]. Процесс изготовления теплоизоляционных материалов включает в себя плавку шлака, изготовление из расплава тонких нитей и формирование из них матов, имеющих пористую структуру [14]. Однако только проведением тщательного экономического расчета, с учетом всех затрат для конкретных условий, можно обосновать выгоду этого метода.

Как правило, твердый остаток характеризуется повышенной щелочностью ($\text{pH} \geq 10$), что подтверждается данными табл.1 и другими источниками [11]. При использовании в процессе термического обезвреживания для нейтрализации кислотных соединений добавок известняка (CaO) pH твердого остатка увеличится еще больше. При увеличении в отходах доли стекла, содержание щелочных оксидов Na_2O и K_2O , а значит и pH , также увеличивается [13]. Полученный щелочной продукт теоретически можно использовать как средство удаления диоксида углерода (используется для очистки биогаза), для создания водонепроницаемого слоя в местах захоронения отходов, для засыпки отработанных шахт, для нейтрализации кислотных растворов и сточных вод, для десульфурзации газов, в качестве вспомогательного реагента при обезвреживании осадков.

Если результаты исследований твердого остатка показывают более высокое содержание вредных веществ, для предотвращения попадания их в окружающую среду, а также для снижения класса опасности могут использоваться

следующие методы: 1) выдержка; 2) вымывание; 3) использование вяжущих добавок; 4) термическая обработка; 5) химическая обработка.

Свежий твердый остаток не является химически инертным материалом. Поэтому для устранения его химической активности и уменьшения щелочности используется метод выдержки.

Выдержка производится на открытом воздухе или в специально отведенных помещениях в течение нескольких недель, в результате чего pH шлака и золы может снизиться примерно на две единицы, что влияет на его химическую активность и вымывание из него металлов [11, 14].

Вымывание осуществляют водой или специальным раствором. Большинство щелочных металлов при этом будет вымываться вместе с мелкой фракцией, что приведет к значительному уменьшению их содержания, снижению щелочности в шлаке, удалению растворимых солей, в основном щелочных, и хлоридов и сульфатов щелочно-земельных металлов. При этом будут образовываться щелочные сточные воды, которые частично могут использоваться в технических целях для удаления паров хлористого водорода из отходящих дымовых газов [11, 15].

Термическая обработка требует наличия оборудования для подвода теплоты к шлаку и дополнительных энергозатрат. Этот метод чаще применяется для обработки летучей золы в связи с относительно небольшим ее количеством, по сравнению со шлаком. Для термической обработки используют электрические системы плавления (электрическая дуга, плазменные технологии), топливные горелки, системы доменного плавления, загрузку твердого остатка обратно в камеру термического обезвреживания отходов. Термическая обработка остатка позволяет получить более однородный и плотный продукт с улучшенными свойствами. Среди термических методов обработки остатка можно выделить следующие [6, 15]:

1) *остеклование* — процесс, при котором остаток подвергается нагреванию до высоких температур (1300–1500 °С), а затем резко охлаждается (воздухом, водой или водяным раствором). После охлаждения остаток приобретает стеклообразную или камнеобразную структуру, в зависимости от состава спекаемой массы;

2) *плавление* — процесс плавления подобен остеклованию, однако стадия охлаждения контролируется таким образом, чтобы достигать максимального связывания остатка, в результате чего получается многофазный продукт. В процессе плавления возможны добавки для улучшения связывания;

3) *спекание* — нагрев остатка до температур, при которых происходит связывание частиц и реконфигурация химических фаз в остатке (примерно 900 °С). В процессе спекания образуется более плотный продукт с меньшей пористостью и большей прочностью, чем первоначальный остаток.

Преимуществами термической обработки является разрушение органических загрязнителей таких, как диоксины, и получение структуры остатка, которая препятствует вымыванию из него тяжелых металлов и неорганических солей. Недостатком является высокое энергопотребление установок термической обработки остатков. Учитывая незначительное количество твердого остатка термического обезвреживания медицинских отходов, для этих целей можно использовать печи и камеры других предприятий, если это не противоречит их основному технологическому процессу.

Химическая обработка твердого остатка заключается в связывании с помощью химических реагентов тяжелых металлов и растворимых солей в нерастворимые формы. Методы химической обработки включают осаждение металлов в новые минералы, а также связывание металлов с минералами в результате сорбции [14].

Перед химической обработкой возможен предварительный этап вымывания с целью удаления из остатка растворимых солей и некоторой части металлов и последующего обезвреживания полученного продукта [15]. Растворы после промывки отправляются на предприятия по переработке промышленных стоков. Процесс химической обработки довольно сложен и дорог и применяется только при наличии в летучей золе значительных концентраций тяжелых металлов и солей.

Для стабилизации твердый остаток можно смешивать с *вяжущими добавками*:

— неорганическими реагентами: цемент, известь, пуццолановые добавки, цементная пыль и др.;

— органическими реагентами: битум, парафин, полиэтилен и т.п.

Также можно использовать комбинации связующих реагентов и различные виды патентованных и непатентованных добавок.

Наиболее распространенной технологией стабилизации летучей золы является использование цемента [6, 15]. При реакции летучей золы с водой и цементом образуются гидроксиды и карбонаты металлов, которые, как правило, менее растворимы, чем изначальные соединения металлов в твердом остатке. Цемент также снижает влаго-

проводность и пористость остатка. Технологии и оборудование для затвердевания остатков с помощью цемента достаточно распространены и доступны, а полученный твердый продукт является относительно простым в обращении. Риск образования из него пыли довольно низкий [6, 15]. Полученный после затвердевания продукт либо подлечит захоронению на полигонах, либо используется в качестве засыпки в старых отработанных шахтах [7, 16]. Использование цемента или других связующих добавок приводит к некоторому увеличению количества отходов: за счет связующих добавок сухая масса твердого остатка увеличивается примерно на 50 %, а добавление воды увеличивает вес примерно на 30–100 % от изначальной массы твердого остатка [6, 15]. При этом необходимо учитывать, что если перед связыванием не была проведена предварительная выдержка, то высокий уровень pH со временем может привести к физическому разрушению твердого продукта, что приводит к значительному выщелачиванию амфотерных металлов и несвязанных растворимых солей [16].

Выводы

В результате проведенных экспериментов установлено, что золо-шлаковую смесь термического обезвреживания осредненного состава медицинских отходов можно захоранивать на полигонах твердых бытовых отходов или же использовать в строительных целях при условии низкого содержания загрязнителей. Для летучей золы, уловленной системой газоочистки, рекомендуется провести предварительную выдержку летучей золы для ее охлаждения, а также уменьшения уровня pH и химической активности, и связывание с помощью цемента или других доступных вяжущих добавок с последующим захоронением на полигоне твердых бытовых отходов.

Список литературы

1. Програма поводження з твердими побутовими відходами в місті Києві на 2010–2015 роки [Затверджена рішенням Київською міською радою V сесії VI скликання рішенням від 8 липня 2010 року № 996/4434] — Головне управління комунального господарства. — Київ, 2010.
2. Попович О.Р., Ятчишин Ю.Й., Мальований М.С. та ін. Проблема утилізації небезпечних медичних відходів (на прикладі України та Польщі) // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Сер. Хімія, технологія речовин та їх застосування. — 2008. — № 622. — С. 60–64.
3. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Положення про контроль за транскор-

- донними перевезеннями небезпечних відходів та їх утилізацією/видаленням і Жовтого та Зеленого переліків відходів» від 13 липня 2000 р. № 1120.
4. Карп І.Н., Васечко А.А., Алексеєнко В.В., Сезоненко А.Б. Технології утилізації медичних відходів // Енерготехнології і ресурсосбереження. — 2011. — № 3. — С. 43–47.
 5. Technical guidelines on the environmentally sound management of biomedical and healthcare wastes. — Secretariat of the Basel Convention. Basel Convention series/SBC, No. 2003/3.1
 6. Руководящие принципы по наилучшим имеющимся методам и предварительные указания по наилучшим видам природоохранной деятельности применительно к Статье 5 и Приложению С Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях. — UNEP/POPS/COP.1/INF/7. — Стокгольм, Швеция : Секретариат Стокгольмской конвенции, 2004. — 371 с.
 7. ДСанПіН 2.2.7.029–99. Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення. [Чинний від 07.01.1999 р.]. — Київ : Головне санітарно-епідеміологічне управління, 2006.
 8. СанПиН 4630–88. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения [Нормы от 04.07.1988 № 4630–88]. — Главное санитарно-эпидемиологическое управление СССР.
 9. Відходи виробництва і споживання та їх вплив на ґрунти і природні води : Навчальний посібник / За ред. В.К.Хільчевського. — Київ : Київський університет, 2007. — 152 с.
 10. Allsopp M., Costner P., Johnston P. Incineration and human health. State of Knowledge of the Impacts of Waste Incinerators on Human Health — UK, University of Exeter Greenpeace Research Laboratories, 2000. — 81 p.
 11. Vehlow J. Bottom ash and APC residue management // Expert Meeting on Power Production from Waste and Biomass — IV Hanasaari Cultural Center, — Espoo, Finland, — 8–10 April 2002. — P. 1–14.
 12. Bergfeldt B., Schmidt V., Selinger A., Seifert H., Vehlow J. Investigation of sintering processes in bottom ash to promote the reuse in civil construction (Part 2) — Long Term Behavior // Studies in Environmental Science 71. Waste materials in construction. Pulling theory into practise. Proceedings of the International Conference on the Environmental and Technical Implication of Construction with Alternative Materials, WASCON '97 — Houthem St. Gerlach, NL, 4–6 June 1997. — P. 51–58.
 13. Парецкий В.М., Комков А.А., Камкин Р.И. и др. Полезное использование шлаков мусоросжигания // Журнал «Т.Б.О.» — 2011. — №4. — С. 51–55.
 14. Гнеденко В.Г., Горячев И.В. Плазмотермическая переработка бытовых отходов в России // Журнал «Т.Б.О.» — 2011. — № 10. — С. 30–37.
 15. Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration / BAT Reference Document (BREF), 2nd Draft, — European IPPC Bureau, Seville, Spain, March 2004.
 16. Technical Working Group (TWG) Comments. Draft 1 of Waste Incineration Best available techniques Reference document (BREFs) // European Commission. Joint Research Centre. Institute for Prospective Technological Studies. — Seville, 2003.

Поступила в редакцию 11.11.15

**Алексеєнко В.В., канд. техн. наук, Сезоненко О.Б.,
Васечко О.О., Нікітін В.Ю.**

Інституту газу НАН України, Київ

вул. Дегтярівська, 39, 03113 Київ, Україна, e-mail: a-ov@ukr.net

Особливості поводження з твердим залишком термічного знешкодження медичних відходів

Проведено аналіз морфологічного складу відходів медичних закладів в Україні, які потенційно можуть бути направлені на термічне знешкодження. Встановлено склад та характеристики твердого залишку після термічного знешкодження медичних відходів різних початкових морфологічних складів для відходів: з різним вмістом полімерних матеріалів та окремо для фармацевтичних відходів як підгрупи медичних відходів. Досліджено вимивання важких металів з отриманого шлаку. Встановлено ступінь небезпеки отриманого твердого залишку. Розглянуто можливі методи поводження з твердим залишком термічного знешкодження відходів залежно від їх складу та технічних характеристик. На основі отриманих даних, а також досвіду поводження з твердим залишком термічного знешкодження інших відходів приведено рекомендації для поводження з твердим залишком після знешкодження медичних відходів типового складу. *Бібл. 16, рис. 1, табл. 2.*

Ключові слова: обробка медичних відходів, шлак, зола, забруднювачі.

**Alekseyenko V.V., Candidate of Technical Sciences,
Sezonenko O.B., Vasechko O.O., Nikitin V.Yu.**
The Gas Institute of National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev
39, Degtiarivska St., 03113 Kiev, Ukraine, e-mail: a-uv@ukr.neta

Features of Treatment of Residues after Medical Waste's Thermal Disposal

The morphological composition of waste of medical institutions in Ukraine, which could potentially be sent on thermal disposal, was analyzed. Composition and technical characteristics of residues after the thermal disposal of medical waste's for different initial morphological compositions were identified, notably for wastes with different content of polymeric materials and separately for pharmaceutical waste as a subgroup of medical waste. There was investigated heavy metals' leaching from the received bottom ash. The hazards degree of a solid residue was determined. Possible methods for treatment of residues after waste's thermal disposal, depending on its composition and technical characteristics, were considered. On the basis of received data and the experience of treatment of residues after thermal disposal of other wastes there were made recommendations for treatment of residue after the disposal of medical waste of typical composition. *Bibl. 16, Fig. 1, Table 2.*

Key words: medical waste, bottom ash, fly ash, treatment, contaminants.

References

- [The program of treatment of solid waste in Kyiv for 2010-2015 [approved by the Kyiv City Council of V session of the VI convocation on judgment of 8 July 2010 № 996/4434], [General Directorate of municipal services], Kiev, 2010. (Ukr.)
- Popovych O.R., Jatchyshyn J. J., Mal'ovanyj M. S., Javoriv's'ka I. M., Verons'ka N. J. [The problem of disposal of hazardous medical waste (by the example of Ukraine and Poland)], [Bulletin of the National University "Lviv Polytechnic"], 2008, № 622:[Chemistry, materials technology and their applications], pp. 60-64. (Ukr.)
- [Decree of Cabinet of Ministers of Ukraine "On Approval of the Regulations on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and their disposal / removal and the Yellow and Green lists of waste"] by 2000 July, 13 number 1120. (Ukr.)
- Karp I.N., Vasechko A.A., Alekseenko V.V., Sezonenko A.B. [Energy Technologies and Resource Saving], 2011, 3, pp. 43-47. (Ukr.)
- Technical guidelines on the environmentally sound management of biomedical and healthcare wastes, *Secretariat of the Basel Convention*. Basel Convention series/SBC No. 2003/3.1
- [Guidelines on best available techniques and provisional guidance on best environmental practices relevant to Article 5 and Annex C of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants]. – UNEP/POPS/COP.1/INF/7. – [Secretariat of the Stockholm Convention], Stockholm, Sweden, 2004. 371 p. (Rus.)
- [Hygienic requirements for industrial waste management and determination of their hazard class to public health: STATE STANDARDS 2.2.7.029-99. [Effective as of 1999.07.01 p.], Kiev: [Main sanitary-epidemiological control], 2006. (Ukr.)
- [Sanitary Rules and Norms for the protection of surface waters from pollution SanPiN 4630-88. - [Standards of 04.07.1988 № 4630-88]. [Main sanitary-epidemiological control of the USSR]. (Rus.)
- [Waste of production and consumption and their impact on soils and natural waters: Tutorial. Ed. V.K. Khilchevsky], Kiev: [Publishing and printing center "Kyiv University"], 2007, 152 p. (Ukr.)
- Allsopp M., Costner P., Johnston P. Incineration and human health. State of Knowledge of the Impacts of Waste Incinerators on Human Health, UK, *University of Exeter Greenpeace Research Laboratories*, 2000, 81 p.
- Vehlow J. Bottom ash and APC residue management, *Expert meeting on Power Production from Waste and Biomass – IV Hanasaari Cultural Center*, Espoo, Finland, 8–10 April 2002. pp. 1–14.
- Bergfeldt B., Schmidt V., Selinger A., Seifert H., Vehlow J. Investigation of sintering processes in bottom ash to promote the reuse in civil construction (Part 2) – Long Term Behavior, *Studies in Environmental Science 71. Waste materials in construction. Pulling theory into practise. Proceedings of the International Conference on the Environmental and Technical Implication of Construction with Alternative Materials, WASCOS '97*, Houthem St. Gerlach, NL, 4–6 June 1997, pp. 51–58.
- Pareckyj V.M., Komkov A. A., Kamkyn R. Y., Mamaev A. Ju., Kurdeev A. S., *T.B.O.*, 2011, 4, pp. 51–55. (Rus.)
- Gnedenko V.G., Gorjachev Y.V., *T.B.O.*, 2011, №10, pp. 30-37. (Rus.)
- Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration, BAT Reference Document (BREF), 2nd Draft, *European IPPC Bureau*, Seville, Spain, March 2004.
- Technical Working Group (TWG) Comments. Draft 1 of Waste Incineration Best available techniques Reference document (BREFs), *European Commission Joint Research Centre. Institute for Prospective Technological Studies*, Seville, Spain, 2003.

Received June 22, 2015