

References

1. Federal Law of June 24, 1998 No. 89-FZ "On production and consumption wastes" [[Internet resource] http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/ (Accessed: 11.10.2017) (in Russian).

2. Sobko A.A. Report on the results of studying the quality of wastewater from internal and bypass canals, watered wastes of liquid fraction from open pits No. 64, 68 of the facility "Sewage treatment plants of industrial and surface wastewater of SPb GUPP" Polygon "Krasnyy Bor", AO "RAOPROEKT". Sankt-Peterburg, 2016 (in Russian).

3. Ishpakhtin V.V., Gorky A.V., Larionova N.A. Report on the services provided for collection and analysis of

the results of earlier studies in the area of the SPb GUPP Polygon Krasnyy Bor with a brief explanatory note on the geoeological situation for development of the task for further surveys and scenarios for rehabilitation of the facility. Rossiyskiy Geoekologicheskii Tsentr. Sankt-Peterburg, 2016 (in Russian).

4. Petrov S.V. Expert evaluation of technologies for lewisite stocks destruction // Russkiy Khimicheskii Zhurnal. 1995. V. 39. No. 4. P. 4 (in Russian).

5. Kapashin V.P., Sheluchenko V.V., Batyrev V.V. Chemical disarmament. Scientific foundations of technology for destruction of organophosphorus poisonous substances and utilization of reactionary masses. Moskva: FU BKh and UKhO. 2010. 79 p. (in Russian).

УДК 628.4.045:623.459

Способы ликвидации опасных и токсичных промышленных отходов

© 2017. В. П. Капашин¹, д. т. н., начальник,
В. Г. Мандыч¹, к. т. н., заместитель начальника управления,
В. А. Воронин², к. т. н., начальник,
А. С. Лякин², к. т. н., начальник управления,
И. Н. Исаев², к. х. н., начальник управления,
И. В. Коваленко², к. т. н., с. н. с.,

¹Федеральное управление по безопасному хранению и уничтожению химического оружия, 115487, Россия, г. Москва, ул. Садовники, 4 а,

²Научно-исследовательский центр Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия, 115487, Россия, г. Москва, ул. Садовники, 4 а, e-mail: fubhuho@mail.ru

В статье приводится обзор основных способов и методов ликвидации опасных и токсичных промышленных отходов. Опасные и токсичные промышленные отходы относятся к безвозвратным отходам, так как повторное их использование недопустимо и/или невозможно и нецелесообразно.

Указанные виды отходов должны подлежать ликвидации, а основными направлениями их ликвидации могут быть обезвреживание (исключение или снижение уровня опасности отходов до допустимого значения), сжигание (уменьшение объема отходов и, если это возможно, извлечения из них ценных материалов, золы или получения энергии), уничтожение (полное прекращение существования отходов) и захоронение (изоляция отходов, не подлежащих дальнейшему использованию, путем размещения в назначенном месте для специального хранения в течение неограниченного срока с исключением (предотвращением) их опасного воздействия на окружающую природную среду и незащищенных людей, на допустимом расстоянии от места захоронения).

Рассматриваются возможности применения методов сжигания, жидкофазного окисления, гетерогенного катализа, пиролиза, огневой переработки, переработки и обезвреживания отходов с применением плазмы.

Огневое (термическое или с применением катализаторов) обезвреживание промышленных отходов приводит к уничтожению органических веществ, которые могли бы явиться ценным сырьем целевых продуктов. В связи с этим одним из перспективных направлений в области утилизации опасных отходов считается переработка и обезвреживание отходов с применением плазмы. Плазменный метод может использоваться для плазмохимической ликвидации особо опасных высокотоксичных отходов или для переработки отходов с целью получения товарной продукции.

Многообразие способов и реализуемых методов для переработки или уничтожения отходов свидетельствует о сложности проблемы ликвидации отходов, а анализ способов и методов переработки или уничтожения отходов показал, что универсального метода не имеется.

Рассмотренные способы ориентированы на переработку или уничтожение определённых видов отходов и в совокупности могут послужить технологической базой для ликвидации любых видов отходов, но при этом необходимо создание технически сложных специализированных предприятий.

Ключевые слова: отходы производства, опасные и токсичные отходы, обезвреживание, уничтожение, захоронение, методы и технологии, плазма, пиролиз, термokatализ.

Ways of eliminating hazardous and toxic industrial wastes

V. P. Kapashin¹, V. G. Mandich¹, V. A. Voronin²,
A. S. Lyakin², I. N. Isaev², I. V. Kovalenko²,

¹Federal Directorate for Safe Storage
and Destruction of Chemical Weapons,
4 a St. Sadovniki, Moscow, Russia, 115487,

²Research and Development center of the Federal Directorate
for Safe Storage and Destruction of Chemical Weapons,
4 a St. Sadovniki, Moscow, Russia, 115487,
e-mail: fubhuho@mail.ru

The article provides an overview of the main methods for eliminating hazardous and toxic industrial wastes. Hazardous and toxic industrial wastes refer to non-returnable wastes, since their repeated use is unacceptable, and often impossible and impractical.

These types of waste should be subject to liquidation, and the main directions for their elimination can be neutralization (elimination or reduction of the level of waste hazard to an acceptable value), burning (reducing the volume of waste, and, if possible, extracting valuable materials, ash or energy); destruction (complete cessation of the existence of waste) and disposal (isolation of waste that is no longer to be used by placing it in a designated place for special storage for an unlimited period and with exclusion (prevention) of their hazardous effects on the environment and unprotected people, at an acceptable distance from the burial site).

The possibilities of application of combustion methods, liquid-phase oxidation, heterogeneous catalysis, pyrolysis, fire processing, processing and neutralization of wastes with the use of plasma are considered.

Fire (thermal or with the use of catalysts) neutralization of industrial waste leads to destruction of organic substances, which could be a valuable raw material of the target products. In this regard, one of the promising areas in the field of hazardous waste management is processing and disposal of waste with the use of plasma. The plasma method can be used for plasma-chemical elimination of especially dangerous high-toxic waste or for processing waste in order to obtain marketable products.

The variety of methods for processing or destroying waste indicates complexity of the problem of waste disposal, and the analysis of methods for processing or destroying waste has shown that there is no universal method.

The methods considered are oriented towards processing or destruction of certain types of waste and in aggregate can serve as a technological base for liquidation of any types of waste, but at the same time it is necessary to create technically complex specialized enterprises.

Keywords: production waste, hazardous and toxic waste, neutralization, destruction, burial, methods and technologies, plasma, pyrolysis, thermal catalysis.

Порядок обращения с отходами производства и потребления регламентируется требованиями федерального законодательства [1].

К отходам производства относятся остатки сырья, материалов, веществ, изделий, предметов, образовавшихся в процессе производства продукции, выполнения работ (услуг) и утраченные полностью или частично исходные потребительские свойства [2].

Среди отходов производства различают:

– опасные отходы – отходы, существование которых и (или) обращение с которыми представляют опасность для жизни, здоровья человека и окружающей природной среды [2];

– токсичные отходы – отходы, содержащие вещества, которые в случае попадания в окружающую среду представляют или могут представить угрозу для человека в результате биоаккумуляции и (или) токсичного воздействия на биотические системы [2].

Как правило, опасные и токсичные промышленные отходы (ОТПО) невозможно, нецелесообразно (неэффективно) или недопустимо использовать повторно, поэтому они относятся к безвозвратным отходам и подлежат ликвидации.

Основными направлениями ликвидации ОТПО могут быть [2]:

- обезвреживание отходов – процесс обработки, имеющий целью исключение их опасности или снижение её уровня до допустимого значения;
- сжигание отходов – термический процесс окисления с целью уменьшения объёма отходов и, если это возможно, извлечения из них ценных материалов, золы или получения энергии;
- уничтожение отходов – процесс обработки, имеющий целью практически полное прекращение их существования;
- захоронение опасных отходов – процесс изоляции опасных отходов, не подлежащих дальнейшему использованию, путём размещения в назначенном месте для специального хранения в течение неограниченного срока с исключением (предотвращением) опасного воздействия захороненных отходов на окружающую природную среду и незащищённых людей, находящихся на допустимом нормативами расстоянии от места захоронения.

Местом безопасного размещения ОТПО должны являться специализированные полигоны. Но если захоронение ОТПО угрожает здоровью и жизни людей и может нанести непоправимый вред окружающей среде, то на полигоне должны предусматриваться мероприятия по уничтожению отходов [3].

Полигоны в соответствии с санитарно-эпидемиологическими нормами и правилами (СНиП) [4] являются природоохранными сооружениями и предназначены для централизованного сбора, обезвреживания и захоронения токсичных отходов промышленных предприятий, научно-исследовательских организаций и учреждений.

Промышленные токсичные отходы, поступающие на полигон, по своим физико-химическим свойствам и методам переработки подразделяются на группы, в зависимости от которых применяется тот или иной метод обезвреживания и захоронения.

Приёму на полигон подлежат только токсичные промышленные отходы I, II, III и при необходимости IV классов опасности, перечни которых в каждом конкретном случае согласовываются с органами и учреждениями санитарно-эпидемиологической и коммунальной служб, заказчиком и разработчиком проекта полигона.

Наиболее важными объектами полигона являются производственные мощности (предприятие) по обезвреживанию токсичных промышленных отходов и участок захоронения токсичных промышленных отходов.

Предприятие по обезвреживанию токсичных промышленных отходов предназначено для сжигания и физико-химической переработки отходов с целью их обезвреживания или понижения токсичности (класса опасности), перевода их в нерастворимые формы, обезвреживания и сокращения объёма отходов, подлежащих захоронению.

Участок захоронения токсичных промышленных отходов представляет собой обособленную территорию, предназначенную для размещения специально оборудованных карт (котлованов), в которые складываются токсичные твёрдые отходы различных классов опасности, а также вспомогательных зданий и сооружений [4].

Практически для всех видов токсичных промышленных отходов на предприятии по обезвреживанию отходов (в составе полигона) предусматривается термический метод их обезвреживания с устройством соответствующих систем очистки выбросов и дымовых газов.

Способ сжигания токсичных промышленных отходов ранее считался перспективным [5–7], однако исключение загрязнения окружающей среды высокотоксичными веществами возможно только на специальных предприятиях, не окупающих в результате своей деятельности затраты на строительство и эксплуатацию.

Среди других термических методов, которые рассматривались в качестве способов ликвидации промышленных отходов, можно отметить: жидкофазное окисление, гетерогенный катализ, пиролиз промышленных отходов, огневая переработка, переработка и обезвреживание отходов с применением плазмы [7].

Метод жидкофазного окисления не является самостоятельным способом обезвреживания токсичных отходов и целесообразен к применению при первичной переработке отходов.

Гетерогенный катализ имеет три разновидности (термокаталитическое окисление, термокаталитическое восстановление и парофазное каталитическое окисление) и как метод применим для обезвреживания газообразных и жидких отходов (в основном сточных вод), но нецелесообразен в качестве самостоятельного способа обезвреживания токсичных отходов, а только в качестве отдельной ступени в общем технологическом цикле [7].

Пиролиз промышленных отходов существует в двух различных типах: окислительный и сухой пиролиз.

В свою очередь сухой пиролиз в зависимости от температуры, при которой протекает процесс, различается [7]:

- низкотемпературный с температурой процесса 450–550 °С;
- среднетемпературный с температурой процесса около 800 °С;
- высокотемпературный с температурой процесса 900–1050 °С.

Метод окислительного пиролиза является перспективным направлением ликвидации твёрдых промышленных отходов и сточных вод.

Метод сухого пиролиза получает всё большее распространение и является одним из самых перспективных способов утилизации твёрдых органических отходов и выделения ценных компонентов из них. Основное преимущество этого метода заключается в том, что в процессе термического разложения без доступа кислорода образуются пиролизный газ с высокой теплотой сгорания, жидкие продукты и твёрдый углеродистый остаток.

В зависимости от типа отходов и способов обезвреживания различают следующие разновидности огневого метода переработки токсичных промышленных отходов [7]:

- сжигание отходов, способных гореть самостоятельно, – наиболее простой способ, при этом горение происходит при температурах не ниже 1200–1300 °С;
- огневой окислительный метод обезвреживания негорючих отходов – сложный физико-химический процесс, состоящий из различных физических и химических стадий. Огневое окисление применимо в большей степени по отношению к твёрдым и пастообразным отходам;
- огневой восстановительный метод используется для уничтожения токсичных отходов без получения каких-либо побочных продуктов, пригодных для дальнейшего использования в качестве сырья или товарных продуктов. Этот метод целесообразен для обезвреживания газообразных, твёрдых выбросов и бытовых отходов;
- огневая регенерация предназначена для извлечения из отходов какого-либо производства реагентов, используемых в этом производстве, или восстановления свойств отработанных реагентов или материалов. Эта разновидность огневого обезвреживания обеспечивает не только природоохранные, но и ресурсосберегающие цели.

Считается, что огневое обезвреживание (чисто термическое или с применением ката-

лизаторов) промышленных отходов приводит к уничтожению органических веществ, которые могли бы явиться ценным сырьём целевых продуктов [7].

В последние десятилетия одним из перспективных направлений в области утилизации опасных отходов считается переработка и обезвреживание отходов с применением плазмы [8].

Посредством плазмы достигается высокая степень обезвреживания отходов химической промышленности, в том числе галогенсодержащих органических соединений, медицинских учреждений; ведётся переработка твёрдых, пастообразных, жидких, газообразных; органических и неорганических; слаборадиоактивных; бытовых; канцерогенных веществ, на которые установлены жёсткие нормы ПДК в воздухе, воде, почве и др.

Плазменный метод может использоваться [9, 10] как для плазмохимической ликвидации особо опасных высокотоксичных отходов, так и для плазмохимической переработки отходов с целью получения товарной продукции.

Высокая энергоёмкость и сложность процесса предопределяет его применение для переработки только отходов, огневое обезвреживание которых не удовлетворяет экологическим требованиям.

Многообразие способов и реализуемых методов для переработки или уничтожения отходов свидетельствует о том, что на сегодня разработаны разные методы утилизации и обезвреживания промышленных отходов, однако многие из них сложны, трудоёмки, представляют значительные сложности в ликвидации всех видов отходов, не всегда отвечают экологическим требованиям. Анализ способов и методов переработки или уничтожения отходов показал, что универсального метода нет, за исключением метода сжигания отходов, который считается наименее экологичным.

Все рассмотренные способы ориентированы на переработку или уничтожение определённых видов отходов и в совокупности могут послужить технологической базой для ликвидации любых видов отходов. Но при этом речь может идти о создании технически сложных специализированных предприятий, затраты на строительство и эксплуатацию которых тоже будут значительными.

В контексте решения проблемы ликвидации огромного количества ОТПО, которые сосредоточены в Ленинградской области на полигоне «Красный Бор» и в Нижегородской области на неорганизованной свалке промыш-

ленных отходов «Чёрная дыра», возникает необходимость по выбору научно обоснованного способа ликвидации сложных по составу ОТПО. В основе способа ликвидации ОТПО должна быть положена наиболее целесообразная, безопасная и экономичная технология.

Совершенно очевидно, что проблема ликвидации ОТПО на указанных выше объектах – это решение частной, но технологически сложной задачи с выбором конкретной технологии, которую целесообразно осуществить на конкурсной основе [11, 12].

Литература

1. Федеральный закон от 24 июня 1998 года № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» [Электронный ресурс] http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/ (Дата обращения 12.10.2017).
2. ГОСТ 30772-2001. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. 32 с.
3. ГОСТ Р 53692-2009. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов. М.: Стандартинформ, 2011 15 с.
4. СНиП 2.01.28-85. Полигоны по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов. Основные положения по проектированию. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. 16 с.
5. Беспамятнов Г.П., Ботушевская К.К., Зеленская Л.А. Термические методы обезвреживания отходов. Л.: Химия, 1975. 426 с.
6. Наркевич И.П., Печковский В.В. Утилизация и ликвидация отходов технологии органических веществ. М.: Химия, 1984. 240 с.
7. Бернадинер М.Н., Шурыгин А.П. Огневая переработка и обезвреживание промышленных отходов. М.: Химия, 1990. 304 с.
8. Крапивина С.А. Плазмохимические технологические процессы. Л.: Химия, 1995. 247 с.
9. Литвинов В.К., Дмитриев С.А., Киярв Ч.А. Плазменная шахтная печь для переработки радиоактивных отходов средней и низкой активности. Магнитогорск: Магнитогорский горно-металлургический институт, НПО «Радон», 1993. 62 с.
10. Лукашов В.П., Янковский А.И. Переработка и обезвреживание промышленных и бытовых отходов с применением низкотемпературной плазмы // Муниципальные и промышленные отходы: способы обезвреживания и вторичной переработки – аналитические обзоры. Новосибирск, 1995. Серия Экология. С. 234.

11. Петров С.В. Экспертная оценка технологий уничтожения запасов люизита // Российский химический журнал. 1995. Т. 39. № 4. С. 4.

12. Капашин В.П., Щелученко В.В., Батырев В.В. Химическое разоружение. Научные основы технологии уничтожения фосфорорганических отравляющих веществ и утилизации реакционных масс. М.: ФУ БХ и УХО, 2010. 79 с.

References

1. Federal Law of June 24, 1998 No. 89-FZ “On production and consumption wastes” [Electronic resource] http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/ (Accessed: 12.10.2017) (in Russian).
2. GOST 30772-2001. Resource-saving. Waste management. Terms and Definitions. Moskva: IPK Izdatelstvo standartov, 2002. 32 p. (in Russian).
3. GOST R 53692-2009. Resource-saving. Waste management. Stages of the technological cycle of waste. Moskva: Standartinform, 2011 15 p. (in Russian).
4. SNiP 2.01.28-85. Polygons for neutralization and burial of toxic industrial wastes. The main provisions for the design. Moskva: TsITP Gosstroya SSSR, 1985. 16 p. (in Russian).
5. Беспамятнов Г.П., Ботушевская К.К., Зеленская Л.А. Thermal methods of waste neutralization. Leningrad: Khimiya, 1975. 426 p. (in Russian).
6. Narkevich I.P., Pechkovsky V.V. Utilization and disposal of waste products of organic matter technology. Moskva: Khimiya, 1984. 240 p. (in Russian).
7. Bernadiner M.N., Shurygin A.P. Fire processing and neutralization of industrial wastes. Moskva: Khimiya, 1990. 304 p. (in Russian).
8. Krapivina S.A. Plasma-chemical technological processes. Leningrad: Khimiya, 1995. 247 p. (in Russian).
9. Litvinov V.K., Dmitriev S.A., Kiyarv Ch.A. Plasma shaft furnace for processing radioactive wastes of medium and low activity. Magnitogorsk: Magnitogorskiy gorno-metallurgicheskiy institut, NPO “Radon”, 1993. 62 p. (in Russian).
10. Lukashov V.P., Yankovsky A.I. Processing and neutralization of industrial and domestic waste using low-temperature plasma // Municipal and industrial waste: methods of neutralization and recycling – analytical reviews. Novosibirsk, 1995. Seriya Ekologiya. P. 234 (in Russian).
11. Petrov S.V. Expert evaluation of technologies for low-isotope stocks destruction // Rossiyskiy khimicheskiy zhurnal. 1995. V. 39. No. 4. P. 4 (in Russian).
12. Kapashin V.P., Sheluchenko V.V., Batyrev V.V. Chemical disarmament. Scientific foundations of technology for destruction of organophosphorus poisonous substances and utilization of reactionary masses. Moskva: FU BKh i UKhO, 2010. 79 p. (in Russian).