УДК 628.474.3:504.054

В.Н ЛАПИЦКИЙ[1], Е.А. БОРИСОВСКАЯ[1], В.И. ГОНЧАРЕНКО[2]
[1]Национальный горный университет, г. Днепропетровск
[2]ОАО ЮВРПО «Цветмет», г. Днепропетровск

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Выполнен обзор последствий для окружающей среды сжигания твердых бытовых отходов. Особое внимание уделено проблеме загрязнения атмосферного воздуха диоксинами.

Первая мусоросжигательная печь, предназначенная для уничтожения бытовых отходов, была построена в Великобритании в 1874 г. [1]. В настоящее время установки различного назначения, в том числе с попутным получением энергии, действуют на территории Западной Европы, Северной Америки и Японии. Сжигание позволяет примерно в 3 раза уменьшить вес отходов, устранить некоторые их свойства: запах, выделение токсичных жидкостей, размножение бактерий, а также получить дополнительную энергию, которую можно использовать для получения электричества или отопления. При этом работа любого мусоросжигательного завода (МСЗ) сопровождается комплексным загрязнением окружающей природной среды (атмосферы, гидросферы и педосферы).

При сжигании 1 т твердых бытовых отходов (ТБО) на мусоросжигательных заводах образуется 4...8 тыс. $м^3$ дымовых газов, содержащих оксиды азота и серы, хлороводород и полиароматические углеводороды, хлорбензолы и тяжелые металлы (ртуть, висмут, свинец, кадмий, медь и другие). Кроме того, остается 25...40% шлака и золы, содержащих те же токсичные вещества [2, 3].

Дымовые газы мусоросжигательных котлоагрегатов, выбрасываемые в атмосферу, представляют собой сложную многокомпонентную смесь, в состав которой входят оксиды серы, азота, углерода, альдегиды, кетоны, предельные углеводороды парафинового ряда, циклопарафины, циклические ароматические углеводороды, в том числе канцерогенные, а также тяжелые металлы. Всего в дымовых газах котлоагрегатов идентифицировано и количественно определено 27 ингредиентов [4, 5].

Выбросы завода оказывают неблагоприятное воздействие на состояние воздушного бассейна в зоне радиусом 500…1000 м. По ряду ингредиентов концентрации, обнаруженные под факелом выброса завода, превышают соответствующие нормативы для атмосферного воздуха: по взвешенным веществам – в 2,2…3,2 раза, по хлористому водороду – в 2,7…3,0 раза, по фтористому водороду – в 1,9...4,8 раза, по формальдегиду – в 1,7 раза, по бенз-а-пирену – в 7 раз, по двуокиси азота – в 1,5 раза [4]. По литературным данным [1], при сжигании ТБО в газообразное состояние переходят 72...95% ртути, 85% хлора, 75% мышьяка, 38% фтора, 5...33% свинца, 4…27% цинка, 1…7% меди, 7% никеля, 6% хрома и 0,02% железа, содержащихся в сжигаемых отходах.

Самыми опасными веществами, образующимися в процессе сжигания ТБО, являются соединения группы диоксинов. Диоксины могут быть обнаружены в пробах золы, шлаков, дымовых газов, воздуха вокруг установок сжигания, заводской пыли, а также в крови производственного персонала [6, 7]. Установлено, что в почве вблизи мест хранения и сжигания бытовых отходов наблюдаются высокие, в сотни раз превышающие фоновые, концентрации диоксинов, а в районах свалок, подверженных периодическим пожарам, эти концентрации возрастают в десятки раз [8].

По мнению многих исследователей, диоксины являются глобальными загрязнителями окружающей среды. Их называют «абсолютными ядами», «супертоксикантами» и даже «химическим СПИДом». В экологии под диоксинами понимают полихлорированные трициклические ароматические соединения, содержащие кислород. Наиболее токсичными и изученными являются полихлордибензо-пара-диоксины (I), менее изучены полихлордибензофураны (II). Оба эти класса обладают сходными физическими и химическими свойствами [9].

В каждой из структур количество атомов хлора может варьироваться от 1 до 8, и имеются изомеры, различающиеся положением атомов хлора в кольцах. В результате образуется 75 соединений со структурой I и 135 со структурой II. Из 75 полихлорированных дибензо-п-диоксинов токсических соединений всего 7, а из 135 полихлорированных дибензофуранов – 10. Однако и среди этих отобранных соединений наиболее токсичным является 2,3,7,8-тетрахлордибензо-п-диоксин или 2,3,7,8-ТХДД [9]. Его токсическое действие на несколько порядков превосходит действие известных на сегодня сильнейших ядов: кураре, цианидов, стрихнина, зарина и т.д. Токсичность этого соединения была принята за эталон, а международный эквивалентный фактор его токсичности равен единице (условное обозначение (I-TEF)=1). Все остальные соединения имеют свой индивидуальный токсический эквивалент – (I-TEF), рассчитанный по отношению к (I-TEF) 2,3,7,8-ТХДД. При оценке содержания диоксинов в каком-либо объекте оперируют величиной, получаемой умножением массовой доли данного диоксина на его токсический эквивалент и суммированием этих значений [10].

Установлено, что основной путь распространения диоксинов проходит через атмосферу с последующим влажным или сухим выпадением и накоплением в поглотителях по месту выпадения. Диоксины обладают высокой адгезией к развитым поверхностям, прежде всего к почве, золе, донным отложениям и т.п. Основным носителем диоксинов в природе является пыль [9, 10]. Диоксины устойчивы во внешней среде и в различных биологических объектах, период их разложения в почве составляет 10…20 лет, в воде и донных отложениях – около 2 лет, а в организме человека – 6…7 лет. Они способны ассимилироваться растениями и через трофические цепи поступать в организм животных и человека [11].

Несмотря на многочисленные клинические и ретроспективные наблюдения для профессиональных и случайных контактов человека с диоксинами, не описаны четкие и системные эффекты от воздействия диоксинов, за исключением болезни хлоракне – тяжелого кожного заболевания, проявляющегося в форме долго незаживающих угрей особой формы. Считается [9 – 11], что поражение диоксином приводит к нарушению обмена порфиринов (предшественников гемоглобина), что приводит к возникновению порфирии. При хроническом отравлении диоксинами развиваются заболевания, связанные с поражениями печени, эндокринной, иммунной и нервной системы. Отмечается связь между поражением диоксинами и хромосомными аберрациями, гормональными, психическими расстройствами, заболеваемостью раком печени, количеством врожденных уродств и аномалий беременности. В работе [12] отмечается, что при длительном воздействии фуранов у человека развивается заболевание, названное болезнью Юшо. Симптомами болезни Юшо являются поражения век и глаз, воспаление сальных желез, пигментация кожи, расстройство пищеварения, деформация конечностей, утрата кожной чувствительности, а также другие неврологические расстройства.

Диоксины образуются в качестве примесей технологических продуктов и отходов в химических, целлюлозно-бумажных, металлургических, нефтеперерабатывающих, энергетических, мусороперерабатывающих и других производствах. Они попадают в окружающую среду и в организм человека из промышленной продукции (пестициды, гербициды, бумага, пластмасса и др.), выхлопных газов автомобилей, хлорированной

воды, дыма костров при сжигании бытового мусора, листвы и древесины, обработанных ранее гербицидами [9].

Исследования свойств данных веществ ведутся давно, однако применительно к процессам переработки промышленно-бытовых отходов они начались только в 1978 г., когда было доказано наличие диоксинов в выбросах мусоросжигательных заводов, и продолжаются по сей день, так как ни одна из известных технологий термической переработки ТБО не исключает образования диоксинов [9]. В связи с увеличением числа таких предприятий доля выбросов диоксинов от мусоросжигания выходит на первое место. Во многих работах подчеркивается, что загрязнение окружающей среды диоксинами происходит, прежде всего, за счет газовых выбросов промышленных предприятий и установок сжигания городского мусора.

Диоксины обладают высокой термостойкостью. Эффективное разложение этих веществ происходит только при температурах выше 1250°C и выдержке более 2 с. [13]. Их терморазложение при меньших температурах является обратимым процессом. При 200...450°C они синтезируются вновь. Это происходит при традиционной технологии мусоросжигания, где образование диоксинов наблюдается также на выходе охлажденного газа из котла-утилизатора за счет реакций хлора и органического углерода в присутствии катализаторов (например, меди).

При нагреве бром- и хлорсодержащих органических веществ (например, поливинилхлорида) диоксины образуются в интервале температур 500...1200°C, причем максимум их образования приходится на 600...800°C. Процесс протекает в две стадии: хлорбензолы сначала преобразуются в фенолы и дифениловые эфиры, а затем в присутствии кислорода – в смесь диоксинов и фуранов [14].

Объем образования диоксинов зависит от исходного сырья, прежде всего от наличия в нем хлор- и бромсодержащих компонентов. Из общего количества хлора, который имеется в ТБО, поступает с пластмассой около 50%, с целлюлозно-бумажной продукцией до 25%, а остальное – с другими материалами. В незначительных количествах в ТБО присутствуют бромсодержащие и галогенированные гомологи. Существенным источником брома в ТБО является негорючая часть пластмассы, например, электронные микроприборы. По некоторым данным, 80% диоксинов, поступающих в окружающую среду вследствие сжигания бытовых отходов, связаны с наличием в них поливинилхлорида.

Сжигание гетерогенных бытовых отходов в неконтролируемых условиях отечественных мусоросжигательных заводов приводит не только к активному их термическому разложению с образованием диоксинов, но и к интенсификации выбросов в атмосферу потоком дымовых газов неразложившихся диоксинов, а также паров тяжелых металлов и их соединений. Вместе с тем, следует подчеркнуть, что комплексная переработка бытовых отходов с утилизацией всех их полезных составляющих – это единственный метод вывода как диоксинов, так и тяжелых металлов, содержащихся в отходах, из окружающей среды, в отличие от других методов утилизации и захоронения отходов.

1. Юфит С.С. Мусоросжигательные заводы – помойка на небе. Промышленные полигоны – конец мусорному кризису. Диоксины в грудном молоке // Лекции. – Н. Новгород: НГМА, 1999. – 85 с.

2. J. Lag. Environmental pollution from MSW incineration // Ambio.–1985. – V. XIV, № 6. – 356 p.

3. Беньямовский Д.Н. Сжигание и пиролиз твердых бытовых отходов // Жилищно-коммунальное хозяйство – 1993. – № 6. – С. 28 – 29.

4. Гигиеническая оценка загрязнения атмосферы выбросами

мусоросжигательного производства и предложения по ее оздоровлению // Информационное письмо Республиканского центра научной медицинской информации. – К.: Укрмединформ, – Вып. 4.– 1992. – 2 с.

5. Мирный А.Н. Санитарная очистка и уборка населенных мест: справочник. – М.: Стройиздат, 1990 – 342 с.

6. Щербо А.П. Гигиенические вопросы обезвреживания бытовых отходов // Доклад на XXIII научной конференции «Хлопинские чтения», 16 января 1991 г., Л.: Ин-т усовершенствования врачей им. С.М. Кирова, 1990.– 25 с.

7. Karasek F.W., Dickson L.C. Dioxin emissions from MSW incineration // Science.– 1987. – № 237. – P. 754-756.

8. Morselli L. Evaluation and comparison of organic and inorganic compounds between emission and imission samples from municipal solid waste incineration // Chemosphere. – 1989. – V. 18, № 11-12. – P. 2263 – 2273.

9. Федоров Л.А. Диоксины как экологическая опасность: ретроспектива и перспективы.– М.: Наука, 1993. – 226 с.

10. Путилина В.С. Временные тренды диоксинов и фуранов в окружающей среде // Геоэкология. Инженерная экология. Гидрогеология. Геокриология. – 2002. – № 4. – С. 340-346.

11. Волков В.С., Боев В.М. Гигиеническое значение накопления диоксина в окружающей среде (обзор) // Гигиена и санитария. – 1998. – № 3. – С. 52-57.

12. PCDF in the environment // National Research Council Canada. – 1984.– Publication № 22846.

13. Hasenkopf O. Herve. Wriksamkeit von Primar- und Sekunddarmabnahmen zur Dioxinminderung in Mullverbrennungsanlagen // VGB Kraftwerkstechn. – 1987. – V. 67, № 11. – P. 1069-1073.

14. Horch K. Schadstoffarme Mullverbrennung // Energiewirt. Tagesfragen. – 1990. –V. 40, № 5. – P. 298-300.

В.Н Лапицкий, Е.А. Борисовская, В.И. Гончаренко

ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ТЕРМІЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Виконаний огляд наслідків для довкілля спалювання твердих побутових відходів. Особлива увага приділена проблемі забруднення атмосферного повітря діоксином.

V.N. Lapitskij, E.A. Borisovskaya, V.I. Goncharenko

ECOLOGICAL CONSEQUENCES OF THERMAL PROCESSING OF SOLID WASTE

The review of ecological consequences of municipal solid waste incineration is made. The particular attention is devoted to the air contamination with dioxine.