

УДК [658.567.5:547.4/547.5]:628.545

Волохов Никита Дмитриевич

Студент

Лихачева Ирина Викторовна

Студент

Анахов Сергей Вадимович

заведующий кафедрой математических и

естественнонаучных дисциплин

Российский государственный

профессионально-педагогический университет,

г. Екатеринбург

ПРОБЛЕМА ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ДИОКСИНОВ

Аннотация: Работа посвящена проблеме утилизации диоксиновых соединений. Рассмотрены свойства диоксинов и их влияние на организм человека. Дано краткое описание отдельных методов переработки диоксинов, приведены параметры их термического разложения.

Ключевые слова: диоксины, термическое разложение, плазменные технологии, камера дожигания.

К диоксидам относятся би- и трициклические галогенированные соединения. В структуре диоксинов выделяют два ароматических кольца, связанные двумя или одним кислородными мостиками (рис. 1) [2].

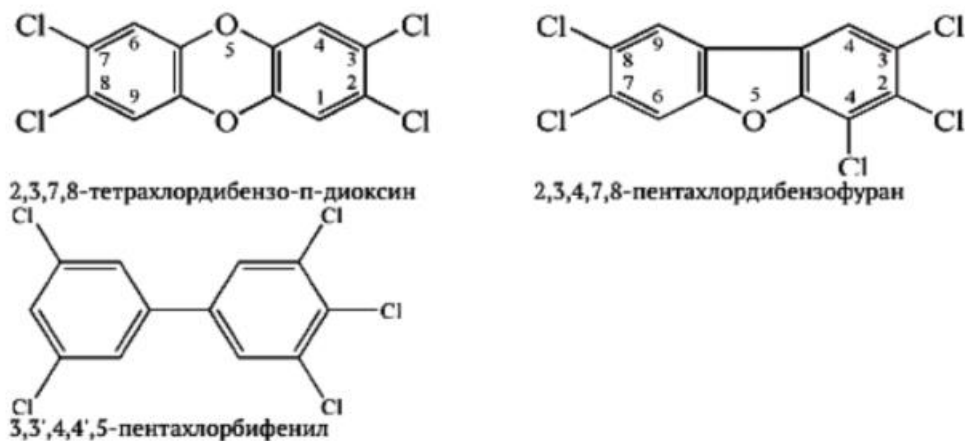


Рис. 1. Структурные формулы соединений группы диоксинов

Диоксины являются одними из самых токсичных техногенных веществ, обладающих мощным мутагенным, иммунодепрессантным, канцерогенным, тратогенным и эмбриотоксическим действиями. К источникам образования этих соединений относят целлюлозно-бумажное, химическое, металлургическое, мусороперерабатывающее и другие производства. Диоксиновые соединения характеризуются высокой устойчивостью и способностью накапливаться в организме человека, в воздухе, воде, продуктах питания и в биосфере в целом [3]. Диоксины токсичны при любых концентрациях. По значению ПДК диоксины и фураны ($3,1 \times 10^{-9}$ моль/кг) превосходят самые сильные химические яды: кураре ($7,2 \times 10^{-7}$), стрихнин ($1,5 \times 10^{-6}$), цианистый натрий ($3,1 \times 10^{-4}$), и уступают только природным токсинам ботулинуса ($3,3 \times 10^{-17}$) [4]. В этой связи проблема утилизации диоксинов, содержащихся в различных объектах окружающей среды, сегодня особенно актуальна.

Утилизация диоксинов. Как уже было отмечено выше, диоксины характеризуются чрезвычайно высокой устойчивостью, поэтому эффективное их разложение возможно только при температурах выше 1250°C в течение не менее двух секунд, потому что при меньших температурах процесс разложения становится обратимым, и диоксины образуются снова [7]. При этом ряд таких факторов, как высокая температура (выше 150°C), щелочная среда, частицы углерода, угарный газ, хлориды и др., способствуют синтезу диоксинов. Следовательно, уменьшая влияние перечисленных факторов, можно добиться

значительного понижения концентрации диоксинов в продуктах переработки отходов.

Наиболее эффективными методами уничтожения диоксинов считаются термические технологии, при которых происходит нагревание или окисление при температурах до 5000°C . При этом термическое разрушение ядов осуществляется прямым сжиганием отходов вместе с топливом в стационарных или передвижных печах. Допустимо использование электрического нагрева или инфракрасного излучения. Существуют и низкотемпературные технологии сжигания, когда используется электромагнитное волновое воздействие, сжигание на открытом пламени при низких температурах или без открытого пламени, нагрев без контакта [6].

Отмечается [10], что в отходах, подлежащих сжиганию, концентрация диоксинов должна быть не менее 50 мг/м^3 , температура горения в случае однокамерной печи выше 1000°C , время пребывания отходов в зоне горения – около двух секунд. При использовании двухкамерной печи допускается меньшая температура горения, но обязательным условием является наличие камеры дожигания, в которой предполагается полная деструкция диоксинов.

Однако в работе [12] целесообразность камеры дожигания в печах для сжигания отходов подвергается сомнению, во-первых, в связи с неэффективностью этого метода уменьшения концентрации продуктов неполного сгорания, в т.ч. и диоксинов; во-вторых, вследствие повышения летучести соединений при высоких температурах.

В работах В. Г. Петрова [8] показано, что синтез диоксинов происходит в зоне сжигания отходов, при достижении максимальной температуры их концентрация снижается, а затем в зоне охлаждения отходящих газов вновь резко возрастает. Автор отмечает, что с целью предотвращения образования диоксинов в зоне горения должны соблюдаться следующие параметры процесса: температура выше $1150\text{--}1300\text{K}$; время пребывания отходов в зоне горения не менее 2-х секунд; 6%-ный избыток кислорода в газовой смеси; в

зоне охлаждения температура в диапазоне 500-800К и время пребывания не более 1 секунды.

Есть мнение [11], что индикатором эффективности сжигания отходов органического происхождения является концентрация оксида углерода (угарного газа): если содержание угарного в отходящих газах не превышает 50 мг/м³, значит можно быть уверенным в полном разложении диоксинов.

К. В. Ладыгиным [5] проведен сравнительный анализ содержания диоксинов в атмосферном воздухе в зависимости от типа сжигания (табл. 1). Концентрация диоксинов, как отмечено в работе, рассчитана с учетом высоты дымовой трубы, равной 20 м, и 11%-ном содержании кислорода в отходящих газах. Как следует из таблицы 1, использование печей с камерой дожигания, повышение температуры сжигания, контроль загрязнения позволяют значительно снизить содержание диоксинов в воздухе.

Таблица 1. Концентрация диоксинов в воздухе в зависимости от типа сжигания

Метод сжигания	Концентрация диоксинов в выбросах, нг/м ³	Производительность установки, кг отходов/ч	Максимальная концентрация диоксинов в воздухе, пг/м ³
Однокамерная печь без камера дожигания	952,87	100	57
Двухкамерная печь с камерой дожигания (1 с)	565,26	100	35
Вращающаяся печь, 700 ⁰ С (1 с)	161,5	500	10,87
Вращающаяся печь, 700 ⁰ С (3 с)	20,9	500	1,42
Двухкамерная печь с сухим скруббером (2 с)	12,43	100	0,77
Двухкамерная печь с влажным скруббером (2 с)	2,1	100	0,13
Двухкамерная печь с сухим скруббером и автоматическим управлением (2 с)	0,32	100	0,02
Высокотехнологичная печь (2 с) с высокой турбулентностью, 850/1000 ⁰ С, с контролем загрязнения	0,16	100	0,01
Высокотехнологичное сжигание опасных отходов с контролем загрязнения и показывающее соответствие предельным значениям	0,12	100	0,0074

В последние годы внимание ученых приковано к плазмохимическим технологиям обезвреживания диоксинов [1, 9]. При этом процесс протекает в несколько стадий: сначала твердые отходы сжигаются в термохимическом реакторе с отводом образующихся газов; затем происходит плазменная деструкция парогазовых отходов. Для уничтожения диоксиновых соединений в канале плазмотрона создается дуга с температурой около 5000⁰С между электродами; газообразные отходы проходят по каналу в течение 2–3 секунд, что вполне достаточно для полного разложения диоксинов. Эффективность данного метода доказана испытаниями экспериментальных установок по обезвреживанию токсичных органических отходов.

Выводы. Целесообразность применения того или иного метода переработки органических отходов определяется такими факторами, как технологический, экономический, экологический и социальный эффекты. Анализ существующих методов обезвреживания галогенсодержащих органических соединений позволяет выделить плазмохимические технологии, как наиболее перспективный способ утилизации диоксинов в связи с его высокой эффективностью и обеспечением выполнения экологических требований.

Список литературы

1. Анахов, С. В. Моделирование процессов плазменной инсинерации в технологиях утилизации и обезвреживания отходов [Текст] / С. В. Анахов, Ю. А. Пыкин, А. В. Матушкин // Техносферная безопасность. – 2019. – № 1. – С. 129–141.
2. Гуменова, Г. И. Подходы к оценке опасности диоксинов [Текст] / Г. И. Гуменова, Э. В. Гоголь, О. С. Егорова // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук. – 2016. – Т. 18. – № 5 (3). – С. 419–424.
3. Диоксины [Электронный ресурс] // Википедия : [интернет-энциклопедия]. – Режим доступа: <https://ru.m.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%B8%D0%BA%D1%81%D0%B8>.

4. Диоксины и диоксиноподобные соединения [Электронный ресурс] // Biofile.ru : [сайт]. – Режим доступа: <http://biofile.ru/bio/20428.html>.
5. Ладыгин, К. В. К вопросу предварительной оценки и методов снижения содержания диоксинов в отходящих газах установок термоокислительного обезвреживания медицинских отходов [Электронный ресурс] / К. В. Ладыгин, Н. Д. Осветицкая, Ю. А. Рахманов // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». – 2014. – № 2. – Режим доступа: <http://economics.ihbt.ifmo.ru/file/article/11102.pdf>.
6. Оружие против диоксинов [Электронный ресурс]. – Тверь : ООО «ЭКОМАШГРУПП», 2017. – Режим доступа: <http://ecomg.ru/about/article/7/?type=original>
7. Парфенюк, А. С. Диоксины и техногенная безопасность [Электронный ресурс] / А. С. Парфенюк, С. И. Антонюк, А. А. Топоров // Аналитический портал химической промышленности. – Режим доступа: http://www.new-chemistry.ru/letter.php?n_id=440_
8. Петров, В. Г. Обезвреживание хлорорганических промышленных отходов без образования диоксинов [Текст] / В. Г. Петров, А. В. Трубачев // Вестник Удмуртского университета. – 2012. – № 3. – С. 64–68.
9. Пыкин, Ю. А. Технология плазменного обезвреживания органических отходов [Текст] / Ю. А. Пыкин, С. В. Анахов // Безопасность в техносфере. – 2010. – № 4 (25). – С. 26–32.
10. Федоров, Л. А. Обеспечение экологической безопасности. Термические технологии уничтожения [Электронный ресурс] / Л. А. Федоров ; отв. ред. В. В. Оноприенко. – Москва : Наука, 1993. – Режим доступа: <http://www.seu.ru/cci/lib/books/dioksiny/8/02.htm>.
11. Храпко, С. А. Производство стали в ДСП : конспект лекций [Электронный ресурс] / С. А. Храпко, Е. Л. Корзун, Ю. В. Костецкий. – Донецк : Донецкий Национальный Технический Университет, 2011. – 126 с. – Режим доступа: <http://uas.su/books/2011/dsp/142/razdel142.php>.

12. Юфит, С. С. Типичные ошибки авторов проектов мусоро-сжигательных заводов [Электронный ресурс] / С. С. Юфит ; Ин-т орган. химии Рос. акад. Наук. – Москва : ИОХ РАН, 1998. – Режим доступа: <http://www.ecoline.ru>.