

## ПРОБЛЕМА ДИОКСИНОВОЙ ОПАСНОСТИ

**Аннотация.** Работа посвящена проблеме загрязнения окружающей среды диоксинами. Рассмотрены источники образования диоксинов и их влияние на живые организмы. Особое внимание уделяется методам разложения диоксинов.

**Ключевые слова:** диоксины, ксенобиотики, деструкция, плазменный метод.

В последние тридцать лет к обширному перечню общечеловеческих проблем, нерешение которых может привести то ли к гибели цивилизации, то ли к возникновению цивилизации мутантов, добавилась еще одна – диоксиновая опасность. Диоксины называют «абсолютными ядами», «одними из наиболее токсичных химических веществ, когда-либо изучавшихся» и даже «химическим СПИДом».

Диоксины и диоксиноподобные вещества – это чужеродные живым организмам вещества (ксенобиотики), поступающие в живую и неживую природу с продукцией или отходами многочисленных технологий, использующих галогены или их соединения. В настоящее время ситуация такова, что концентрация диоксинов в гидросфере и литосфере может достичь критических значений, и поражение живого вещества может принять необратимый характер. В связи с этим целью настоящей работы является рассмотрение свойств диоксинов и способов их утилизации.

Под диоксинами чаще всего понимают полихлорированные дибензо-р-диоксины (ПХДД), содержащие два атома кислорода, которые соединяют два

ароматических кольца [9]. Диоксины характеризуются кристаллическим строением, стойкостью к окислению и способностью растворяться в различных органических растворителях [6]. Самая высокая токсичность выявлена у 2,3,7,8-тетрахлордибензо-*p*-диоксина (ТХДД); уменьшение или увеличение числа атомов галогена в молекуле диоксинов приводит к резкому снижению токсичности.

**Источники диоксинов.** Согласно официальному мнению Агентства по регистрации токсичных веществ и заболеваний США [1], главными источниками диоксинов являются: 1) производство и применение гербицидов на основе 2,4,5-трихлорфеноксиуксусной кислоты; 2) производство и применение 2,4,5-трихлорфенола (полупродукта при производстве пестицидов, пропиточных составов для древесины и т. д.); 3) производство и применение бактерицидных составов на основе гексахлорофена; 4) устаревшие технологии удаления промышленных и бытовых хлорсодержащих отходов. Степень загрязнения зависит от технологических особенностей того или иного производственного процесса и может варьироваться в широких пределах.

Еще один важный канал поступления диоксинов в окружающую среду – отходы хлорорганических соединений, загрязненные диоксинами еще в ходе производственных процессов. Практически любое хлорное и бромное производство может включать в себя попутное образование диоксинов, поэтому отходы этих производств уже сами по себе классифицируемые как опасные, могут оказаться источником еще большей опасности – диоксиновой.

**Влияние на живые организмы.** Авторы [6] отмечают, что типичным проявлением диоксиновой интоксикации является развитие хлоракне – кожное заболевание, проявляющееся в форме особых угрей и локализующихся в основном в подмышечных областях и вокруг глаз. Хлоракне может служить ранним маркером поражений, вызванных поступлением диоксинов в кровь.

Отравление диоксинами сопровождается гиперпигментацией кожи и слизистых оболочек; возможны расстройства зрительной системы, артралгии. Попадание в организм высоких концентраций диоксинов приводит к развитию

онкологических заболеваний: рак щитовидной железы, саркома мягких тканей и т. д.

В работе [4] отмечается, что диоксины обладают мутагенным, эмбриотоксическим, тератогенным воздействиями на организм человека.

**Разложение диоксинов.** Ликвидация галогенорганических отходов производится обычно либо посредством их захоронения, либо сжигания. Однако захоронение опасных отходов может считаться лишь временной и вынужденной мерой при отсутствии альтернативы, поскольку даже специально оборудованные могильники не могут полностью исключить перенос загрязнителей в окружающую среду.

Наиболее эффективным, экологически безопасным методом удаления опасных, в том числе галогенорганических отходов, не подлежащих утилизации с получением полезных продуктов, является их сжигание. Однако процессы сжигания, включающие в себя сложные наборы реакций и промежуточных продуктов, могут привести как к неполному сгоранию уже имеющихся примесных диоксинов, так и к образованию вторичных диоксинов.

В работе [10] описывается схема установки очистки отходящих топочных газов, которая предполагает несколько этапов очистки. На первом этапе в камере дожигания при температуре  $1800^{\circ}\text{C}$  происходит полная термическая деструкция токсичных органических соединений. На втором этапе в паропергревателе происходит снижение температуры до  $1000^{\circ}\text{C}$ . На третьем этапе отходящие газы очищаются на электрофильтре от частиц золы и сажи с адсорбированными на них токсичными соединениями. Однако недостатком этого метода являются высокие концентрации оксидов азота, которые необходимо перевести в нетоксичную форму.

Авторы [7] отмечают, что снизить содержание диоксинов в продуктах огневого обезвреживания можно путем организации рациональной технологии огневого обезвреживания, системы очистки газовых выбросов и нейтрализации твердого остатка. Кроме того, с целью снижения содержания диоксинов в отходящих газах предлагается использовать активированный уголь (АУ),

впрыскиваемый в рукавной фильтр или установки специальных слоевых фильтров. Содержание диоксинов в газах невелико, поэтому заменяют АУ редко, а отработанный АУ можно сжигать вместе с отходами.

В последнее время большое внимание уделяется электроплазменным технологиям деструкции диоксинов, образующихся при высокотемпературной переработке ТБО. Такой способ утилизации диоксинов и других хлорорганических соединений возможен в плазмотронах, в которых температура плазменной струи достигает нескольких тысяч градусов [5]. Авторы отмечают, что двухступенчатое термическое разложение отходов органического происхождения является более эффективным: на первой ступени происходит неполное сжигание отходов, а на второй осуществляется дожигание продуктов неполного горения, например оксида углерода, смол, молекулярного водорода и т. д. Однако при этом в работе подчеркивается, невозможность обеспечения плазменными генераторами полного перемешивания больших объемов газов и пребывания их в течение 2-х секунд при температуре 2000<sup>0</sup>С.

Однако Т. И. Горбуновой с сотрудниками [7] плазменный метод обезвреживания полихлорированных диоксинов подвергается критике в связи его высокой энергозатратностью и рядом жестких технологических ограничений. Учеными предлагается двухэтапный метод уничтожения диоксинов: на первом происходит их химическое превращение; на втором – уничтожение производных диоксинов под действием микроорганизмов. Метод находится в стадии разработки.

В работах [2, 3] сообщается о необратимом разложении диоксиноподобных веществ в условиях высокотемпературной плазмы с образованием экологически безопасных газовых выбросов. Процесс термической деструкции осуществляется в плазмохимическом реакторе, позволяющем, по мнению авторов, обезвредить до 100 л жидких отходов за смену. В условиях многостадийных технологий достигается полная деструкция диоксинов. Численное моделирование газодинамических процессов в плазменной струе, образующейся в камере смешения плазменного и

обезвреживаемого потоков позволяет оценить время пребывания и эффективность деструкции молекул диоксинов в условиях плазменного нагрева [3].

**Выводы.** Таким образом, имеющиеся данные позволяют считать, что воздействие диоксинов на человека носит общепланетарный характер. Эти вещества способствуют прогрессирующему ухудшению генофонда человечества, поэтому проблема их утилизации особенно актуальна. Очевидно, наиболее перспективным способом разложения диоксинов можно считать плазмохимический метод ввиду его высокой экологической и экономической эффективности.

#### **Список литературы:**

1. Dioxin reassessed: A general overview [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.envirolink.org./action/new/diox/dioxin.html>.
2. Анахов, С. В. Плазменные технологии для экологизации производств [Текст] / С. В. Анахов, Ю. А. Пыкин // Безопасность в техносфере. – 2011. – № 11. – С. 45–53.
3. 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.
4. Башарова, Г. Р. Диоксины и здоровье [Текст] / Г. Р. Башарова, Л. М. Карамова // Медицина труда и экология человека. – 2015. – № 4. – С. 59–63.
5. Бернадинер, М. Н. Высокотемпературная переработка отходов [Текст] / М. Н. Бернадинер, И. М. Бернадинер // Твердые бытовые отходы. – 2011. – № 5. С. 24–27.
6. Васенова, В. Ю. Диоксины: высокая экологическая опасность [Текст] / В. Ю. Васенова, Ю. С. Бутов, Н. И. Измерова, Г. Д. Селицкий // Российский медицинский журнал. – 2013. – № 5. – С. 47–48.
7. Ладыгин, К. В. К вопросу предварительной оценки и методов снижения 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: <https://cyberleninka.ru/journal/n/nauchnyy-zhurnal-niu-itmo-seriya-ekonomika-i-ekologicheskij-menedzhment>.

8. Понизовкина, Е. Время ликвидировать отходы [Текст] / Е. Понизовкина // Наука Урала. – 2018. – № 24. – С. 3.

9. Румак, В. С. Молекулярные и клеточные аспекты диоксинов [Текст] / В. С. Румак, Н. В. Умнова, Г. А. Софоронов // Вестник Российской Академии медицинских наук. – 2014. – № 3–4. – С. 77–84.

10. Тимербаев, Н. Ф. Очистка топочных газов энергетических установок, работающих на твердых органических отходах [Текст] / Н. Ф. Тимербаев, Р. Г. Сафин, А. Р. Садртдинов // Вестник Казанского технологического университета. – 2010. – № 11. – С. 247–251.