

Диоксины/фураны: опасность и источники поступления в окружающую среду.

История знакомства человечества с диоксинами/фуранами начинается в 30-х годах прошлого столетия, когда развитие широкомасштабного производства и применения полихлорфенолов, в примеси к которым содержались диоксины/фураны, привело к появлению массовых профессиональных заболеваний хлоракне. Однако понадобилось несколько десятилетий, чтобы получить убедительные доказательства негативного воздействия диоксинов/фуранов на живые организмы и осознать масштабы новой экологической угрозы. Многочисленные аварии на химических заводах в различных странах мира, острые и хронические отравления персонала, профессиональные заболевания, в том числе проявляющиеся спустя много лет, - это далеко не полный перечень аспектов диоксиновой проблемы, обусловленной производством хлорсодержащей продукции.

С особой остротой проблема диоксинов/фуранов проявилась после применения реагента Agent Orange во время войны во Вьетнаме. В открытых наставлениях армии США Agent Orange определялся как "дефолиант", вызывающий опадение листьев растений, предназначенный для демаскировки партизан и подавления их продовольственной базы. При этом гарантировалась безопасность его применения для окружающей среды и человека. На самом деле Agent Orange является исключительно гербицидной рецептурой (смесь *n*-бутиловых эфиров 2,4,5-Т и 2,4-Д), предназначенной для полного уничтожения растений. В течение 1961-1972 гг. было распылено около 23 тыс. т гербицида 2,4,5-Т, в которых могло содержаться до 170 кг наиболее токсичного 2,3,7,8-тетрахлордибензо-*p*-диоксина.

Позже стали выявляться побочные последствия применения гербицидов - многочисленные патологии, как в самом Вьетнаме, так и в США у летчиков и других участников войны. Именно с этого события диоксины/фураны стали экологической проблемой мирового значения.

Среди других событий, подтверждающих глобальный характер диоксиновой проблемы, следует назвать загрязнение г. Тайме Бич (штат Миссури, США) в результате применения в мае 1971 г. загрязненных диоксинами отходов масла для подавления пыли на ипподроме, а также выброс сотен тонн 2,4,5-ТХФ в результате аварии на заводе ИКМЕСА в г. Севезо (Италия) в июле 1976 г. Для ликвидации последствий этих экологических катастроф понадобились такие чрезвычайные меры, как эвакуация людей, разрушение и утилизация загрязненных зданий, изъятие и уничтожение больших объемов зараженного грунта.

Однако впоследствии оказалось, что генерация диоксинов/фуранов при производстве хлорсодержащей продукции - далеко не единственный источник их поступления в окружающую среду. Диоксины образуются в процессе сжигания топлива и отходов, при выплавке цветных металлов, стали, в процессе отбеливания целлюлозы, при пожарах, кремации и многих других процессах. Одним из условий образования диоксинов в термических процессах является наличие хлора.

В настоящее время диоксины/фураны стоят в ряду наиболее опасных химических веществ, в отношении которых должны приниматься значительные усилия на национальном, региональном и глобальном уровнях для минимизации последствий их воздействия. В 2001 г. в Стокгольме была подписана конвенция о стойких органических загрязнителях - международное соглашение, направленное на защиту окружающей среды и здоровья человека от воздействия СОЗ и предусматривающее различные меры, в том числе и по решению проблемы выбросов диоксинов/фуранов.

Токсические свойства диоксинов/фуранов изучены в опытах на животных, а также при исследованиях профессиональных заболеваний людей. Выявлено, что острая и хроническая токсичность этих веществ зависит как от количества и способов поступления их в живой организм, так и от видовых, возрастных и индивидуальных особенностей пораженных организмов. У человека, даже при очень низких концентрациях, они вызывают угнетение иммунной системы, мутагенный, тератогенный и эмбриотоксический эффекты, нарушение деятельности центральной нервной системы, поражение печени, пищевого тракта. По заключению экспертов Международного агентства изучения рака, ТХДД является «безусловным (группа I) канцерогеном для человека».

Наиболее очевидные последствия негативного воздействия диоксинов/фуранов - классические примеры диоксиновых эпидемий (хлоракне, поражения печени, почек и другие профессиональные заболевания), связанные с выпуском хлорфенолов, хлорбензолов, полихлорбифенилов и других хлорсодержащих препаратов. Массовые

отравления и профессиональные заболевания зафиксированы на ряде предприятий в России: например, на ПО «Оргстекло» в г. Дзержинске (производство ПХБ), на ПО «Химпром», г. Уфа (2,4,5-ТХФ и 2,4,5-Т), на заводе химических удобрений в г. Чапаевске (производство ГХБ и ПХФ). Аналогичные производства явились причиной поражения работников в Германии, США, Нидерландах, Японии, Великобритании, Италии, Австрии и других странах. Согласно обобщениям Л.Б. Федорова (1993), подтверждено повышение риска смерти от рака для рабочих, имевших длительный контакт с диоксинами на химических заводах России.

Поступая в окружающую среду, диоксины/фураны включаются в биологический круговорот и накапливаются в живых организмах, в том числе в организме человека. Биоконцентрирование диоксинов осуществляется в основном по пищевым цепям, хотя не исключается их переход и из любых сред (даже в случае их крайне низкого содержания). По оценкам специалистов, 95 % диоксинов/ фуранов в организм человека поступает с пищей, остальное - через загрязненную воду, почву, воздух и контакт с кожей. Период полувыведения диоксинов из организма человека составляет 5-7 лет.

Эффекты воздействия могут проявиться спустя десятилетия и в этом их особая опасность для будущих поколений людей. Подтверждением диоксиновой опасности является накопление опасных химикатов в грудном молоке и, соответственно, возможность их поступления младенцам. В последние годы грудное молоко стало рассматриваться как интегральный показатель опасности воздействия стойких органических загрязнителей и оценки диоксиновой нагрузки.

Токсичность диоксинов/фуранов намного выше по сравнению с токсичностью ДДТ, цианидов, стрихнина, кураре. Расчетная средняя смертельная доза диоксина для человека при однократном поступлении составляет 70 мкг/кг массы тела.

В последнее время диоксины наряду с полихлорированными бифенилами (ПХБ), стойкими хлорорганическими пестицидами, некоторыми тяжелыми металлами по воздействию на живые организмы квалифицируются как суперэкоотоксиканты.

К сожалению, для Беларуси такие данные, кроме расчетных значений концентраций в атмосферном воздухе и почве, отсутствуют. По расчетам Метеорологического синтезирующего центра «Восток» (Москва), содержание диоксинов/фуранов в атмосферном воздухе Беларуси составляет 2,05 фг ТЭ/м³, в почве - 0,27 нг ТЭ/кг.

В Беларуси гигиенические нормативы содержания диоксинов/ фуранов для большинства природных сред пока не разработаны.

Нормативы содержания диоксинов в некоторых других странах составляют:

- в питьевой воде, пг/дм³: Германия и Канада — 0,01; Италия - 0,05; США - 0,013;
- в атмосферном воздухе, фг/м³: США - 20; Италия - 40;
- в воздухе рабочей зоны, фг/м³: США - 130; Италия - 120;
- в почве, пг/кг: США - 0,03-0,1; Германия - 1,0; страны Северной Европы - менее 5,0.

Необходимость регулирования техногенных потоков диоксинов/фуранов, наряду с другими СОЗ, в глобальном масштабе была признана в 1992 г. на конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро. Уже с 1993 г. были инициированы работы на международном и региональном уровнях по выявлению источников выбросов химических веществ, подготовке международных документов. Исторически диоксины/фураны были одними из первых соединений, за которыми закрепилось понятие «стойкие органические загрязнители» (СОЗ). Их опасность для человека и окружающей среды обусловлена целым рядом свойств: токсичность, устойчивость к разложению, способность к биоаккумуляции, предрасположенность к атмосферному переносу на большие расстояния.

В 1998 г. был подписан Протокол по СОЗ к Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния (Орхус, Дания), в котором одним из важнейших обязательств стран-сторон Протокола является сокращение выбросов диоксинов/фуранов. Протокол по СОЗ - региональное соглашение между странами-участниками Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния (Европа, США, Канада - всего 42 страны).

В мае 2001 г. под эгидой ЮНЕП в Стокгольме состоялось подписание Конвенции о СОЗ, имеющей глобальный характер. Стороны данной Конвенции договорились о сокращении и/или ликвидации выбросов в результате их непреднамеренного производства. Диоксины и фураны являются побочными продуктами, поступающими в окружающую среду с непреднамеренными выбросами; они регулируются Статьей 5 и Приложением С к Конвенции.

Республика Беларусь присоединилась к Стокгольмской конвенции о СОЗ в феврале 2004 г. в соответствии с Указом Президента Республики Беларусь «О присоединении Республики Беларусь к Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях» от 26 декабря 2003 года 594, приняв на себя обязательства по решению проблемы СОЗ в

целом, в том числе и в отношении регулирования непреднамеренных выбросов диоксинов/фуранов.

Характерной особенностью диоксинов/фуранов является то, что эти соединения никогда не производились и не производятся преднамеренно, и поступают в окружающую среду как побочный продукт различных химических процессов и процессов горения хлорированных материалов.

Основными механизмами формирования ПХДД/ПХДФ являются:

- синтез при протекании ряда химических процессов;
- неполное сгорание диоксинов/фуранов, участвующих в процессе горения;
- синтез из предшественников (хлорбензолов, хлорфенолов, полихлорированных бифенилов и других) в процессе горения;
- синтез из сложных органических молекул и хлора в процессе горения (условия, благоприятствующие формированию, - плохое перемешивание сжигаемых углеводородов с воздухом, нарушение процесса горения);
- синтез в газоходах и очистных установках (синтез de-novo) из полиароматических комплексов в составе аэрозолей при их реакции с хлором; оптимальная температура для такого синтеза - 300 °С.

Первыми широко известными источниками диоксинов были химические производства, в частности пентахлорфенола, гексахлорбензола, 2,4,5-Т, 2,4-Д, ПХБ и других видов хлорсодержащей продукции. Позже были установлены высокие концентрации диоксинов/фуранов в выбросах мусоросжигательных заводов, электрометаллургических процессов, вторичной цветной металлургии, агломерации, автотранспорта на этилированном бензине и т.д. В целом список потенциальных источников диоксинов/фуранов весьма обширен и постоянно увеличивается по мере изучения новых источников и повышения чувствительности аналитических приборов.

В Беларуси использовалась и продолжает использоваться продукция, загрязненная ПХДД/ПХДФ (гербициды, ПХБ); сжигание промышленных отходов осуществляется непосредственно на предприятиях на устаревших установках практически без контроля отходящих газов; широко распространены процессы открытого сжигания отходов населением (особенно в частном секторе, на садово-дачных участках, в сельской местности); практически отсутствует пылегазоочистное оборудование на малых топливосжигающих установках в жилищно-коммунальном и бытовом секторах, а используемые установки не позволяют регулировать процессы горения. Многочисленность потенциальных источников диоксинов/фуранов, их рассредоточенность значительно затрудняют регулирование выбросов и внедрение эффективных мер по их снижению либо ликвидации. К настоящему времени нет измерений содержания ПХДД/ПХДФ в отходящих газах, в компонентах природной среды и продуктах питания. Высокая стоимость химико-аналитических работ и сложность их выполнения ставит под сомнение возможность проведения в ближайшем будущем данных измерений на регулярной основе.

Поэтому, в соответствии со ст. 1 Стокгольмской конвенции, Республика Беларусь ставит своей целью предотвращение либо сокращение связанного с непреднамеренными выбросами СОЗ риска для здоровья населения и окружающей среды, минимизацию воздействия на экосистемы в национальном и международном масштабе на основе принципа предосторожности. В сфере управления непреднамеренными выбросами стойких органических загрязнителей (прежде всего ПХДД/ПХДФ) это означает:

- сокращение или ликвидацию непреднамеренных выбросов СОЗ за счет использования наилучших имеющихся методов и видов природоохранной деятельности;
- ограничение, регулирование и контроль производств и процессов, генерирующих СОЗ.

Источниками выбросов ПХДД/ПХДФ вследствие непреднамеренного производства, подлежащими первоочередному регулированию, должны стать:

- сжигание отходов (включая сжигание отходов населением, открытое сжигание);
- металлургические процессы;
- сжигание твердого топлива (в первую очередь - древесного).

В перечне необходимых мероприятий должны быть:

- модернизация топливосжигающих установок и внедрение систем очистки отходящих газов;
- контроль состава топлива и улучшение его характеристик;
- создание (улучшение) системы обращения с бытовыми отходами в малых городах, сельской местности, на садово-дачных участках;
- создание системы контроля сжигания промышленных отходов.

Врач-гигиенист

УЗ «Могилевский зональный центр
Гигиены и эпидемиологии»

Защитов Сергей

