

ДИОКСИНЫ И ИХ РОЛЬ В ЭКОЛОГИИ ПЛАНЕТЫ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь

Крышкова Е. А.

Позняк А. А. – канд. физ.-мат. наук, доцент

В последнюю четверть века к обширному перечню экологических бедствий, угрожающих цивилизации, добавилось ещё одно: опасность глобального отравления среды нашего обитания диоксинами и родственными им соединениями.

Диоксин, вернее – (2,3,7,8-тетрахлордibenzo[b, e]-1,4-диоксин (2,3,7,8-TCDD) – представляет собой соединение, содержащее два бензольных кольца, в которых по два атома водорода замещены на хлор. Кольца соединены двумя мостиками из атомов кислорода (структурная формула представлена на рис. 1). Столь простая и изящная формула принадлежит самому токсичному из всех небелковых ядов, действие которого сильнее цианидов, стрихнина, кураре, кантаридина, никотина, колхицина, зомана, зарина, табуна, VX-газа [1-4]. Вещество представляет собой сравнительно тугоплавкие (т. пл. 320-325 °С) бесцветные кристаллы без запаха, устойчивые при нагревании вплоть до температуры 750 °С. TCDD практически не растворим в воде, несколько лучше растворяется в ацетоне и в значительных количествах – в ароматических углеводородах.

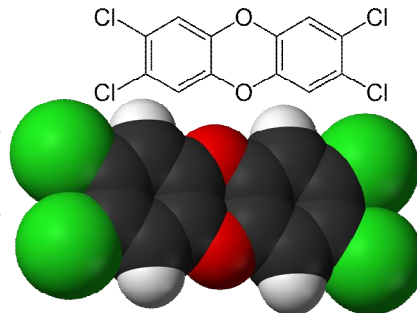
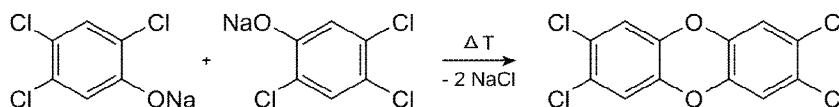


Рис. 1 – Структурная формула [1, 2] и трёхмерная модель [1] 2,3,7,8-TCDD

Данное вещество дало название целой группе химических соединений. Диоксины – обобщённое название большой группы полихлордibenзопарадиоксинов, полихлордibenзофуранов и полихлордibenзофенолов [5]. В семейство диоксинов входят сотни хлорорганических, броморганических и смешанных хлорброморганических циклических эфиров, из которых 17 наиболее токсичны [4], а из множества диоксинов именно 2,3,7,8-TCDD наиболее вредный [4, 6]. Только некоторые биологические токсины превышают данный диоксин по токсичности. 2,3,7,8-TCDD опасен по двум причинам. Во-первых, являясь наиболее сильным синтетическим ядом, он отличается высокой стабильностью, долго сохраняется в окружающей среде, эффективно переносится по цепям питания и таким образом длительное время воздействует на живые организмы. Во-вторых, даже в относительно безвредных для организма количествах диоксин сильно повышает активность узкоспецифичных монооксигеназ печени, которые превращают многие вещества синтетического и природного происхождения в опасные для организма яды [3, 4]. Поэтому уже небольшие количества TCDD создают опасность поражения живых организмов имеющимися в природе обычно безвредными ксенобиотиками. Таким образом, диоксины – это глобальные экотоксиканты, обладающие мощным мутагенным, иммунодепрессантным, канцерогенным, тератогенным и эмбриотоксическим действием. Они слабо расщепляются и накапливаются как в организме человека, так и в биосфере планеты, включая воздух, воду, пищу [1, 3-5, 7].

TCDD образуется, в частности, как побочный продукт при синтезе 2,4,5-трихлорфенола – полупродукта для получения гербицидов хлорфенольного ряда (прежде всего, производных 2,4-дихлорфеноксиуксусной (2,4-D) и 2,4,5-трихлорфеноксиуксусной кислот (2,4,5-T), а также их эфиров) [1, 2]:



Следует отметить, что диоксины – это побочные продукты и других производственных процессов, в которых используется хлор, таких, например, как производство бумаги и её отбеливания, диоксины содержатся также в отходящих газах печей для сжигания отходов и в выхлопных газах автомобилей [5, 6].

Ещё начале 30 х годов XX века фирмой «Dow Chemical» (США) был разработан способ получения полихлорфенолов из полихлорбензолов щелочным гидролизом при высокой температуре под давлением и показано, что эти препараты, получившие название дауцидов, являются эффективными средствами для консервации древесины. Уже в 1936 г. появились сообщения о массовых заболеваниях среди рабочих шт. Миссисипи, занятых консервацией древесины с помощью этих агентов. Большинство из них страдали тяжёлым кожным заболеванием – хлоракне (рецидивирующим воспалением сальных желез) [6]. В 1937 г. были описаны случаи аналогичных заболеваний среди рабочих завода в Мидланде (шт. Мичиган, США), занятых в производстве дауцидов [3].

Расширение масштабов поражения полихлорфенолами в дальнейшем было обусловлено их использованием в военных целях. Во время второй мировой войны в США были получены первые гербицидные препараты гормоноподобного действия. Эти препараты разрабатывались для поражения растительности в Японии и были приняты на вооружение армией США вскоре после войны. Одновременно кислоты 2,4-D и 2,4,5-T, их соли и эфиры стали использоваться в сельском хозяйстве для химической прополки сорняков в посевах злаковых культур, а смеси эфиров 2,4-D и 2,4,5-T – для уничтожения нежелательной растительности [3].

Но диоксины является причиной куда более серьёзных болезней, чем хлоракне. Это начали понимать только после американо-вьетнамской войны. За период с 1961 по 1970 годы американская армия под предлогом борьбы с партизанами в рамках программы по уничтожению растительности «Ranch Hand» распылила на территории Южного Вьетнама 57 тысяч тонн дефолианта «Agent Orange», в состав которого входил и 2,3,7,8-TCDD [5]. Подобные операции пришлось прекратить из-за многочисленных сообщений о раковых и других заболеваниях участни-

ков событий, в том числе и военнослужащих США и Австралии, о рождении у них детей-уродов [1, 3, 5, 7].

Для оценки масштабов воздействия диоксинов во время вьетнамской кампании США отметим, что массовое отравление в итальянском городе Севезо вызвали «какие-то» несколько килограммов диоксина. 11 июля 1976 года произошла техногенная авария на заводе швейцарской фирмы *ICMESA*. В результате аварии в атмосферу вырвалось смертоносное облако диоксина. При этом количество диоксина по оценкам могло убить 100 миллионов человек. Многие годы после катастрофы Севезо был городом-призраком, тогда как до неё там обитало 17 тысяч жителей. При ликвидации последствий этой катастрофы с большой территории пришлось удалять поверхностный слой почвы [3, 7].

Рассмотрим более подробно поведение диоксинов в окружающей среде. В биосфере диоксины быстро поглощаются растениями (особенно их подземной частью), почвенной фауной, через которую передается по цепи питания птицам и другим животным, сорбируется почвой и различными материалами, где в течение продолжительного времени практически не изменяется под влиянием физических, химических и биологических факторов среды. Благодаря способности к образованию комплексов, он прочно связывается с органическими веществами почвы, купируется в остатках погибших почвенных микроорганизмов и омертвевших частях растений. Период полураспада диоксина в природе может превышать 10 лет. Таким образом, различные объекты окружающей среды являются надежными хранилищами этого яда [3, 4].

Дальнейшее поведение диоксинов в окружающей среде определяется свойствами объектов, с которыми он связывается. Его вертикальная и горизонтальная миграции в почвах возможны только для ряда тропических районов, где в почвах преобладают водорастворимые органические вещества. Проведенные недавно анализы почв некоторых районов Южного Вьетнама указывают на сравнительно небольшое содержание диоксина в поверхностных слоях и на его появление в концентрации до 30 частей на триллион (30 ppt) в глубинных частях почвы. Это свидетельствует о том, что физический и механический перенос в условиях тропиков способствует эффективному рассеянию яда в природе. В почвах остальных типов, содержащих нерастворимые в воде органические вещества, он прочно связывается в верхних слоях и постепенно накапливается в остатках погибших организмов [3].

Из почв диоксины выводятся преимущественно механическим путём. Отличающиеся низкой плотностью комплексы диоксинов с органическими веществами, а также содержащие его остатки погибших организмов выдуваются с поверхности почвы ветром, вымываются дождевыми потоками и в итоге устремляются в низменности и акватории, создавая новые очаги заражения (места скопления дождевой воды, озёра, донные отложения рек, каналов, прибрежной зоны морей и океанов). Вынесенный из почв воздушными и водными потоками в акватории, диоксины через зоопланктон, рачков и рыб также попадает к птицам и млекопитающим. В организме теплокровных диоксины первоначально попадают в жировые ткани, а затем перераспределяется, накапливаясь преимущественно в печени, затем в тимусе и других органах. Его разрушение в организме незначительно: он выводится в основном неизменным, в виде комплексов неустойчивой пока природы [3, 4]. Период полувыведения колеблется от нескольких десятков дней (мышь) до года и более (приматы) и обычно возрастает при медленном поступлении в организм; период полувыведения из организма человека составляет до 30 лет [1]. С повышением удерживаемости в организме и избирательного накопления в печени чувствительность особей к диоксинам возрастает. Однако это не единственный путь миграции диоксина в биосфере. Существует еще перенос этого яда по цепям питания, который способствует его постоянному накоплению в районах максимального потребления зараженных им продуктов питания, т. е. концентрированию в густонаселённых районах. Эффективный биоперенос диоксина в природе способствует постоянному его накоплению теплокровными, причём степень накопления диоксина теплокровными возрастает с увеличением содержания яда в окружающей среде. Таким образом, с растительной, рыбной, мясной и молочной продукцией, полученной с зараженной территории, диоксины так или иначе попадет на стол к человеку. Высокая стабильность этого яда благоприятствует его многократной циркуляции по цепям питания; пути переноса по ним диоксинов схематически показаны на рис. 2.

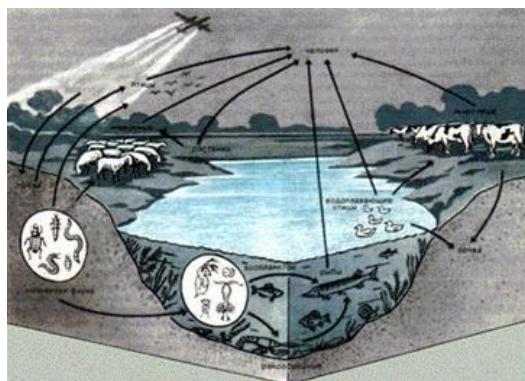


Рис. 2 – Схема переноса диоксинов [3]

Список использованных источников:

1. Диоксины // Википедия, свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Диоксины>. – Дата доступа: 30.03.2012.
2. Емельянов, В. И. «ДИОКСИН» / В. И. Емельянов // ХиМик. Сайт о химии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/1376.html>. – Дата доступа: 01.04.2012.
3. Витер, В. Н. Диоксины / В. Н. Витер // Химия и Химики. Журнал Химиков-Энтузиастов [Электронный ресурс]. – 2008. – № 4. – Режим доступа: <http://chemistry-chemists.com/N4/96-107.htm>. – Дата доступа: 20.12.2011.
4. Влияние диоксинов на организм человека. Справка // РИА «Новости» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ria.ru/spravka/20060908/53659009.html>. – 08 сент. 2006, 16:14. – Дата доступа: 02.04.2012.
5. Горячев, Б. Диоксины / Б. Горячев, А. Лукьянченков, А. Зазимко // Информация по гражданской обороне, предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gochs.info/p515.htm>. – Дата доступа: 01.04.2012.
6. Отравление диоксином и хлоракне в Украине // ТРИБУНА. Интернет-газета [Электронный ресурс]. – 05 сент. 2005, 12:16. – Режим доступа: <http://62.149.0.143/articles/socium/113963.htm>. – Дата доступа: 29.03.2012.
7. Шелепчиков, А. А. История диоксинов / А. А. Шелепчиков // Российская академия наук. Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова. Лаборатория аналитической экотоксикологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dioxin.ru/history/history.htm>. – Дата доступа: 15.03.2012.