

Э.В. ЧАСОВА, Л.Д. ЕРМАК, кандидаты хим. наук, доценты,  
В.В. ИВЧУК, старший преподаватель, Криворожский технический университет  
Л.П. ЛУЦЕНКО, санитарный врач, Терновской районной СЭС г. Кривого Рога

## ДИОКСИНЫ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ

Рассмотрена структура, источники, токсичность и характеристика влияния диоксинов на живые организмы, приведены меры организационного, правового, технического характера по снижению диоксиновой опасности.

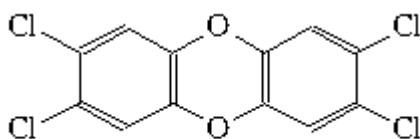
**Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями.** Диоксин - один из самых коварных ядов, известных человечеству.

Диоксином в органической химии называют шестичленный гетероцикл, в котором два атома кислорода связаны двумя двойными углерод-углеродными связями.

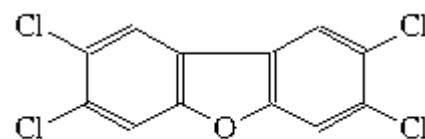
В токсикологии под термином «диоксин» понимают большую группу полихлордibenзопарadioксинов (ПХДД), полихлор-дibenзодифуранов (ПХДФ) и полихлордифенилов (ПХДФ). В семейство диоксинов входят сотни хлорорганических, бром-органических и смешанных хлорброморганических циклических эфиров, из которых 17 наиболее токсичны.

Диоксины - твердые бесцветные кристаллические вещества, химически инертные и термически стабильные (разлагаются при нагревании выше 750 °C).

Самые опасные из этих соединений:



2,3,7,8 - тетрахлордibenzo-p-диоксин



2,3,7,8 - тетрахлордibenзофуран

Диоксины образуются в результате производственных процессов в целлюлозно-бумажной; деревообрабатывающей и металлургической промышленности, при хлорировании питьевой воды и биологической очистке сточных вод. Кроме того, диоксины возникают при сжигании муниципальных и промышленных отходов, содержатся в выхлопных газах автомобилей. Источником диоксинов является также аграрный сектор. Высокие концентрации этих токсикантов обнаружены в местах применения гербицидов и дефолиантов. Диоксины - один из самых вездесущих техногенных ядов.

**Анализ исследований и публикаций.** В настоящее время считается строго доказанным, что диоксины имеют техногенное происхождение, хотя и не являются целью ни одной из существующих технологий.

Ксенобиотики диоксинового ряда образуются при производственных процессах, целью которых является получение ароматических и алифатических хлор- и бром-органических соединений, неорганических галогенидов. Некоторые виды промышленных технологий, в процессе которых возможно попутное генерирование диоксиновых соединений - ПХДД и ПХДФ приведены ниже:

- процессы производства хлорфенолов и их производных;
- процессы производства хлорбензолов и их замещенных;
- синтез хлор-алифатических соединений;
- процессы производства бромированных антипиренов (бифенилы, дифениловые эфиры и т. д.);
- процессы с содержанием хлорсодержащих интермедиатов;
- процессы производства неорганических хлоридов;
- процессы с использованием хлорированных катализаторов и растворителей и т. д.

То же самое может относиться к некоторым процессам бром-органической химии.

В природной среде диоксины быстро поглощаются растениями, сорбируются почвой и различными материалами, где практически не изменяются под влиянием физических, химических и биологических факторов. Период полураспада диоксинов в природе превышает 10 лет. Из почв диоксины выводятся преимущественно механическим путем - выдуваются вместе с органическими веществами и остатками погибших организмов и вымываются дождевыми потоками. В итоге они переносятся в низменности и акватории, создавая новые очаги загрязнения (места скопления дождевой воды, озера, донные отложения рек, каналов, прибрежной зоны морей и океанов).

**Постановка задания.** Рассмотреть структуру, источники, токсичность и характеристику влияния диоксинов на живые организмы, привести меры организационного, правового, технического характера по снижению диоксиновой опасности.

**Изложение материала и результаты.** Воздействие диоксинов на людей, а также растения и животных в нашей стране исследованы недостаточно. Во всяком случае сведения из различных источников часто не согласуются друг с другом, а порой и противоречивы.

Однако, точно установлено, что диоксин является универсальным клеточным ядом и может поражать многие виды животных и растений. Опасность диоксинов во многом обусловливается их высокой стабильностью, долговременным существованием в неизменном виде в окружающей среде, беспрепятственным переносом по цепям питания и, в результате, длительным воздействием на живые организмы.

Диоксины обладают острой и хронической токсичностью. Период скрытого действия может быть достаточно велик (от 10 дней до нескольких недель, а иногда и нескольких лет).

В опубликованном в 1994 г. докладе Агентства по охране окружающей среды США рассмотрено воздействие диоксинов и фуранов на человека. Выводы, сделанные в докладе, свидетельствуют о том, что эти соединения проявляют не только канцерогенные свойства и приводят к возникновению хлоракне, но вызывают разрушение эндокринных систем (особенно тех, которые связаны с половым развитием) и пагубно влияют на развитие эмбриона, поражая, в частности, нервную систему плода. С ними связано развитие иммунодефицита и, как следствие, - повышенная чувствительность к инфекционным заболеваниям [1]. Сопоставление минимальных летальных доз (характеризующих общую токсичность) различных ядов свидетельствует о том, что в ряду общеизвестных ядов диоксины по своей токсичности занимают далеко не последнее место.

Общая токсичность диоксинов и фуранов составляет  $3,1 \cdot 10^{-9}$  моль/кг, в то время, как для яда кураре, она равна  $7,2 \cdot 10^{-7}$ , стрихнина -  $1,5 \cdot 10^{-6}$ , цианида натрия -  $3,1 \cdot 10^{-4}$ , для дизопропил-фосфата (боеvого отравляющего вещества) -  $1,6 \cdot 10^{-5}$  моль/кг. Лишь минимальные летальные дозы ядов, вырабатываемых возбудителями ботулизма и дифтерии ( $3,3 \cdot 10^{-17}$  и  $4,2 \cdot 10^{-12}$ ), превышают токсичность диоксинов и фуранов. Значение их полулетальных доз варьируют: для кур составляют 0,5 мг/кг, собак - 0,3, кошек и мышей - 0,1, крыс - 0,05 и морских свинок - 0,001 мг/кг [1].

О механизме действия диоксинов и фуранов пока, к сожалению, мало что известно, хотя этому посвящаются многие исследования. Считается, что токсические эффекты обусловлены блокировкой диоксинами и фуранами одного из рецепторов, участвующих в биосинтезе белков [1].

Хотя точный механизм действия этих веществ еще не установлен, для определения их токсичности разработана международная шкала. В окружающей среде диоксины практически всегда представляют собой сложную смесь, что существенно затрудняет анализ образцов воды, почвы или воздуха. Качественный и количественный анализ требует специалистов высокой квалификации и очень дорогого оборудования.

В разных странах допустимая суточная доза и предельно допустимая концентрация (ПДК) существенно отличаются. Так, в США суточная доза установлена в 0,006 пг/кг массы человека, а в России - 10 пг/кг. Поэтому человек массой 60 кг, потребляющий за день три литра воды, получит лишь 10% допустимой суточной дозы диоксинов и фуранов. Но не только вода может быть источником этих веществ для человека, а и водные организмы. Жирные сорта рыбы легко аккумулируют эти хлорорганические соединения. Потребление может привести к превышению допустимых норм и приведет к существенному токсическому эффекту.

По результатам расчетов американских ученых, жители США из 119 пг диоксинов и фуранов, ежедневно поступающих в организм человека с пищей, 49 пг получают с мясом, 41 - с молочными продуктами, 13 - с птицей, 8 - с рыбой и 4 пг - с куриными яйцами. Кроме того, из воздуха и с пылью поступает еще 3 пг/день. Согласно исследованиям в российской говядине диоксинов и фуранов содержится 1,69-5,97 пг/кг, т.е. существенно больше допустимой нормы, которая составляет 0,9 пг/кг [1].

В 1988-89 годах были опубликованы данные шведских ученых. Оказалось, что хлорирование воды при обыкновенной температуре даже в некatalитических условиях действительно вызывает образование опасно больших количеств ПХДД и ПХДФ. В этих работах были представлены результаты экспериментов, которые подтвердили реальность конденсации хлорфенолов в диоксины в водопроводе. Таким образом, если обеззараживание воды производят хлором, то заражение питьевой воды диоксинами неизбежно [2].

В природных водах всегда есть гуминовые кислоты, лигнины и другие органические вещества естественного происхождения, которые служат одним из источников фенолов. Опасность образования диоксинов усиливается, если в природные воды проникают фенолы, сбрасываемые

промышленными предприятиями. Особенно опасны «залповые» сбросы фенолов. Если после них немедленно не прекратить хлорирование, они существенно увеличат содержание диоксинов, снизить которые ныне действующие очистные сооружения не смогут.

Экологическая ситуация в Украине, несмотря на экологический кризис, остается напряженной. Это связано, прежде всего с тем, что горнодобывающая и тяжелая промышленность Украины требует полной реконструкции. Кроме того, наибольшей степени очистки сточных вод достигают на тех очистных станциях, которые применяют прогрессивные методы биологической и физико-химической очистки сточных вод. Но на долю по биологической очистке сточных вод Украины приходится 48 % общей мощности очистных сооружений, а на долю станций физико-химической очистки - всего лишь 5,6% [3].

В целом по Украине свыше 40 % промышленных сточных вод сбрасывается в водоемы без очистки. Поскольку основные предприятия тяжелой промышленности находятся в Донецко-Приднепровском регионе, то проблема загрязнения сточных вод особенно актуальна.

В водоемах Запорожской и Луганской областей содержание фенолов возросло за последние 3-4 года в 418 раз.

Повсеместно и стабильно грунтовые воды Днепропетровской области содержат такие количества фенолов, нефтепродуктов и т.д., которые значительно превышают ПДК.

Все водоемы области - реки Днепр, Самара, Мокрая Сура, Орель, Волчья - загрязнены нефтепродуктами от 2 ПДК до 18 ПДК. Фенолы и нефтепродукты проявляются в грунтовых водах пгт Тарлиское, Мировое, Карнауховка.

В Украине нет лабораторий по обнаружению низких концентраций диоксинов. И это также большая проблема, т. к. невозможно контролировать экологическую ситуацию.

Какие можно предложить меры организационного, правового, технического характера по снижению диоксиновой опасности?

1. Проведение комплексного обследования территорий для выявления зон с высокими плотностями загрязнения диоксинами.
2. Анализ продукции потенциально диоксиноопасных производств на предмет определения в ней содержания диоксинов.
3. Диоксиновый контроль пищевого сырья и продуктов питания.
4. Проведение организационно-технических мероприятий по уменьшению диоксиновой опасности технологий и исключению поступления диоксинов в окружающую среду.
5. Переход в основных диоксино-опасных производствах на бездиоксиновые технологии.
6. Закрытие особо диоксино-опасных производств.
7. Строгое нормирование по диоксинам технологических процессов в промышленности, коммунальном и сельском хозяйстве.
8. Разработка технологийнейтрализации широкомасштабных диоксиновых загрязнений.
9. Проведение работ понейтрализации (очистке) диоксиновых загрязнений территорий, объектов, изделий и пищевого сырья.
10. Создание оптимальных условий для развития в окружающей среде аэробной микрофлоры, способствующей разложению диоксинов.
11. Проведение экспертиз пестицидов и гербицидов, производимых по импорту на предмет их трансформации в природной среде.
12. Применение мер оздоровительного характера, повышающих устойчивость человека к воздействию диоксинов (витаминизация продуктов питания, оптимизация рационов по белковому составу и содержанию фосфолипидов).
13. Разработка и применение медпрепаратов для лечения специфических проявлений диоксиновых отравлений.
14. Разработка и доведение до общественности перечней потенциально диоксиноопасных технологических процессов и продукции отечественного и импортного производства.

**Выходы и направление дальнейших исследований.** Как было отмечено выше, основными источниками загрязнения поверхностных и грунтовых вод являются атмосферные, сточные воды промышленных предприятий, стоки коммунального и сельского хозяйства. В природные воды Украины постоянно проникают фенолы, сбрасываемые металлургическими, нефтеперерабатывающими, коксохимическими заводами. Поскольку эти предприятия обычно располагают на берегах главных рек Украины, то они являются главными поставщиками фенола в природные воды. Фенол служит ключевой составляющей при образовании диоксинов в питьевой воде там, где обеззараживание воды производится хлором.

#### Список литературы

1. Петросян В.С. Диоксины: пугало или реальная угроза? // Природа – 2000, №2. – С. 25-30.
2. Информационный сборник по материалам зарубежной печати «Гражданская оборона» - Москва, 1990, №6 -. 43 с.
3. Информационный сборник по материалам зарубежной печати «Гражданская оборона» - Москва, 1988, №3 -. 68 с.