

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Київський національний університет будівництва і архітектури

**В.М. Удод, М.Ю. Яців**

**ПРІОРИТЕТНІ ЕКОТОКСИКАНТИ ТА ЇХ ВПЛИВ  
НА НАВКОЛИШНЄ ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ  
І ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ**

Конспект лекцій  
для студентів напряму підготовки  
6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища  
та збалансоване природокористування»

Київ 2013

УДК 577.4:615.9:5.91.5

ББК 28.081

УЗ1

Автори: В.М. Удод, д-р біол. наук, професор  
М.Ю. Яців, канд. техн. наук

Рецензент Н.А. Мєшкова-Кліменко, д-р хім. наук, професор  
(ІКХХВ НАН України)

*Затверджено на засіданні вченої ради санітарно-технічного факультету, протокол № 1 від 4 вересня 2012 року.*

### **Удод В.М.**

УЗ1      Пріоритетні екотоксиканти та їх вплив на навколишнє природне середовище і здоров'я людини: конспект лекцій / В.М. Удод, М.Ю. Яців. – К.: КНУБА, 2013. – 40 с.

Розглянуто найбільш небезпечні екотоксиканти (НЕ), їх класифікацію, деякі фізико-хімічні властивості; особливості розповсюдження НЕ в антропогенно-природних середовищах; вплив НЕ на стан довкілля і здоров'я людини.

Визначено місце цієї актуальної проблеми у сфері сучасної екотоксикології та шляхи попередження виникнення небезпечних екологічних ситуацій у навколишньому середовищі під впливом НЕ.

Призначено для студентів напрямку підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування».

УДК 577.4:615.9:5.91.5

ББК 28.081

© В.М. Удод, М.Ю. Яців, 2013

© КНУБА, 2013

## Зміст

Вступ .....	
<i>Лекція 1.</i> Пріоритетні екотоксиканти та їх вплив на довкілля і здоров'я людини .....	
<i>Лекція 2.</i> Суперекотоксиканти: фізико-хімічні властивості СОР (стійкі органічні речовини) та їх вміст в природних середовищах і живих організмах .....	
<i>Лекція 3.</i> Суперекотоксиканти: поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ) .	
<i>Лекція 4.</i> Суперекотоксиканти: поліхлоровані біфеніли (ПХБ) .....	
<i>Лекція 5.</i> Суперекотоксиканти: поліхлоровані дибензо-діоксини та поліхлоровані дибензофурани (ПХДД; ПХДФ) .....	
<i>Лекція 6.</i> Суперекотоксиканти: феноли та його похідні .....	
<i>Лекція 7.</i> Суперекотоксиканти: хлорбензоли, хлорпарафіни, бромбіфеніли .....	
<i>Лекція 8.</i> Суперекотоксиканти: фталати .....	
<i>Лекція 9.</i> Суперекотоксиканти: органічні сполуки олова, свинцю і ртуті ....	
<i>Лекція 10.</i> Функції природно-господарських екосистем (ПГЕ) різних типів та вимоги щодо нормалізації їх екологічних умов розвитку .....	
Список літератури .....	

## Вступ

Життя і діяльність людини пов'язані із конкретним навколишнім середовищем, яке складається із чинників природно-антропогенного походження. Техногенне навантаження на довкілля призводить до забруднення його екотоксикантами, які довгий час зберігаються у навколишньому середовищі, викликаючи трансформацію всіх складових елементів біосфери. За рахунок цього в активний біогеохімічний кругообіг надходять величезні маси екотоксикантів, які до цього часу знаходилися в іммобілізованому стані або раніше були відсутні у природі. У ХХ-ХХІ ст. у біосфері з'явилися так звані пріоритетні екотоксиканти (кількість яких подвоюється кожні 20-25 років). Пріоритетні екотоксиканти характеризуються:

- 1) синтетичним походженням (як правило), складною фізико-хімічною структурою, високою токсичністю;
- 2) міграцією та локалізацією в природно-техногенних середовищах;
- 3) низькою здатністю розкладання в процесі фотохімічних, хімічних, біохімічних реакцій;
- 4) високими кумулятивними властивостями, що призводить до трансформації природних систем;
- 5) низькою розчинністю у воді та високою в жирах, що створює можливість надходження їх в живі організми, накопичення в клітинах, тканинах, органах; виникнення тих чи інших захворювань;
- 6) просторовою структурою забруднення, яка носить глобальний екологічний характер тощо.

Мета цього конспекту лекцій полягає у такому:

- розширити обсяг знань відповідно до навчальної програми з екотоксикології;
- допомогти сформувати світогляд у студентів стосовно найбільш небезпечних екотоксикантів: по-перше, за яких умов вони є небезпечними для стану довкілля і здоров'я людини; по-друге, за яких умов можливо уникнути загрозливих екотоксичних ситуацій для всіх складових природного середовища і здоров'я людини; по-третє, за яких умов необхідно приймати сучасні природоохоронні заходи.

## Лекція 1

### Пріоритетні екотоксиканти та їх вплив на довкілля і здоров'я людини

Екотоксиканти антропогенного походження характеризуються складною фізико-хімічною структурою, високою токсичністю по відношенню до живих організмів, накопиченням у всіх елементах природного середовища, дуже тривалим часом (до 30-50 років) зберігання у довкіллі тощо. За останні 100 років світове промислове виробництво зросло приблизно у 20 разів. Відповідно до такого зростання збільшилася і маса речовин, у тому числі супертотоксичних, які залучаються до «антропогенного» кругообігу (матеріальний баланс техносфери) та викликають серйозні порушення у структурах екосистем і живих організмах. Недосконалість «антропогенного» кругообігу зумовлена такими чинниками [1-7]:

- задоволенням широкого спектра небіологічних потреб людини;
- неузгодженістю господарської діяльності людини з основними законами і принципами загальної екології;
- низькою ефективністю використання видобувних ресурсів;
- інтенсивним забрудненням довкілля небезпечними стійкими до розкладання забруднювальними речовинами (НСЗР);
- трансформацією окремих складових частин біосфери, скороченням ландшафтного і біологічного різноманіття, збільшенням ураження живих організмів, виникненням глобальних екологічних проблем внаслідок дії НСЗР.

Для найбільш токсичних НСЗР притаманна здатність накопичуватися у трофічних ланцюгах, міграція та стійкість знаходження у довкіллі, що сприяє виникненню небезпечно екологічних ситуацій у природно-антропогенних системах. НСЗР не підлягають під жодну класифікацію щодо ступеню небезпеки для здоров'я людини. Пріоритетні екотоксиканти та їх вплив на довкілля та здоров'я людини небезпечні тому, що вже в мікро- та ультрадозах характеризуються потужним токсичним ефектом і можуть спричинити мутагенну, тератогенну, канцерогенну дії на людину і тварин. Саме такі сполуки називають пріоритетними екотоксикантами. До списку НСЗР увійшли такі сполуки, коли передбачається обмеження із застосування у зв'язку із Стокгольмською конвенцією [5].

До них відносять:

- 1) пестициди – альдрін, хлордан, дихлородифенілтрихлоретан (ДДТ), дильдрін, ендрін, гептахлор, мірекс, хлордекон, ендосульфат, токсафен, гексахлорциклогексан, ліндан, гептахлороксид, антразин;

2) промислові речовини – поліхлоровані біфеніли (ПХБ), гексаброміфеніл, пентахлорфенол, октіл- та нонілфеноли, пентахлорнітробензол, фталати, 1,2-, 1,3-, 1,4-діхлорбензоли, 1,2,4-трихлорбензол, 1,2,4,5-тетрахлорбензол, пента- та гексахлорбензоли, хлоровані насичені вуглеводні (хлорпарафіни);

3) супутні продукти – поліхлоровані дибензол-діоксини (ПХДД) та дібензофурані (ПХДФ), поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ);

4) органічні сполуки металів – ртуті, свинцю, олова.

Поряд із стійкими органічними екотоксикантами (СОЕ) до пріоритетних забруднювачів відносять і важкі метали, які частіше називають токсичними металами. До них відносять метали, що не є життєво необхідними.

До числа стійких органічних забруднювачів (СОЗ) із вищенаведеного переліка пріоритетних екотоксикантів входять – альдрин, дільдрин, ендрин, хлордан, мірекс, ДДТ, гексахлорбензол, токсафен, гептахлор, ПХБ, ПХДД, ПХДФ. При цьому тільки ПХДД і ПХДФ не використовуються безпосередньо в промисловості і сільському господарстві, а утворюються як домішки у виробництві хлормісткої хімічної продукції, в процесах термічного знищення промислових відходів, у виробництві целюлози тощо. СОЗ характеризуються високою токсичністю, стійкістю до зовнішніх впливів, здатністю до біокумуляції та біоконцентрування. Більшість СОЗ заборонені до використання.

Окрім зазначених вище речовин до пріоритетних екотоксикантів відносять речовини, які за певних умов (температура, тиск, дія світла тощо) можуть утворювати заміщені ПХДД, ПХДФ, ПХБ, ПАВ. У природних умовах такі сполуки утворюються внаслідок процесів гідроліза, реакцій окислення або відновлення, фотохімічних перетворень, і класифікують їх загальним терміном – малостійкі органічні сполуки (МОС). Вони надходять до довкілля при виробництві галогенізованих фенолів, анілінів, полігалогенізованих бензолів, нафталінів, біфенілів, хлораліфатичних сполук, розчинників, полімерів, пестицидів; при використанні хлорорганічних сполук у комунальному господарстві та при виробництві каталізаторів і неорганічних сполук; для мілітарних засобів. В окрему групу виділяють суперекотоксиканти – ПХДД, ПХДФ, ПХБ, для яких характерні такі особливості дії:

- надкумуляція в живих організмах, що не дозволяє встановити науково обґрунтовані значення їх гранично допустимих концентрацій (ГДК);

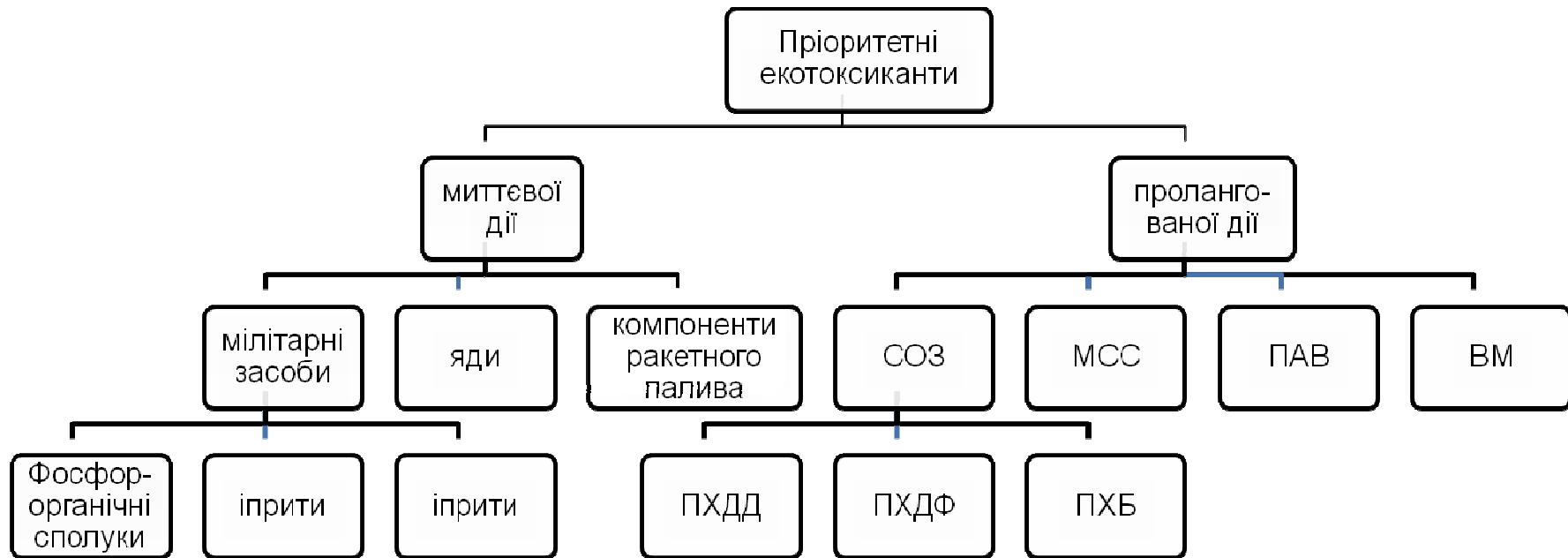


Рис. 1. Класифікація пріоритетних екотоксикантів

- токсичні дози, які відповідають сумарно границям визначення аналітичними методами;
- низькі концентрації не дають змоги здійснити прогноз їх впливу на довкілля і здоров'я людини тощо.

На рис.1 представлена класифікація пріоритетних екотоксикантів.

Існує також класифікація суперекотоксикантів відповідно до їх канцерогенної дії. Як правило, до канцерогенів відносять речовини, вплив яких на живі організми збільшує частоту виникнення пухлин. Так, хімічні канцерогени класифікують відповідно до їх природи та структури [5]:

- поліциклічні ароматичні вуглеводні та їх гетероциклічні сполуки;
- ароматичні азосполуки;
- агенти селективної дії, які викликають пухлини певної локалізації (вінілхлорид);
- речовини, які індують пухлини різної морфологічної структури в різних органах і тканинах (2-ацетиламінофлуорен).

Міжнародне агентство вивчення раку (МАВР) поділяє всі хімічні екотоксиканти по впливу на розвиток пухлин у людини на 4 групи:

- екотоксиканти, для яких існують докази небезпеки виникнення пухлин у людини;
- екотоксиканти, коли існуючих доказів недостатньо щодо виникнення пухлин у людини (ДДТ, ПХБ, нітропірени, нітрозодіетиламін тощо);
- екотоксиканти, які вірогідно можуть бути класифіковані по відношенню канцерогенного ризику для людини (ПХДД, ПХДФ тощо);
- екотоксиканти, для яких існують докази відсутності канцерогенної небезпеки для людини (капролактамі).

### ***Контрольні запитання***

1. Охарактеризуйте властивості, які притаманні пріоритетним екотоксикантам.
2. Що розуміють під терміном «пріоритетні екотоксиканти»?
3. Назвіть джерела надходження у довкілля пріоритетних екотоксикантів.
4. Які існують класифікації пріоритетних екотоксикантів?



## Лекція 2

### Суперекотоксиканти: фізико-хімічні властивості СОР (стійкі органічні речовини)

#### та їх вміст в природних середовищах і живих організмах

Найбільшу небезпеку для екосистем представляють хлоровмісні органічні сполуки (ХОС) і поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ).

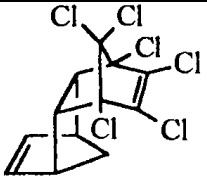
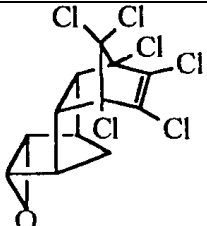
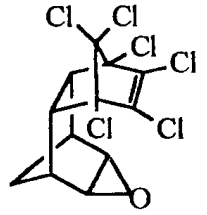
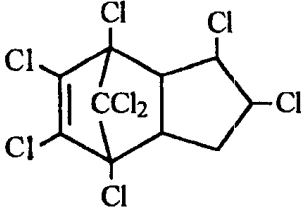
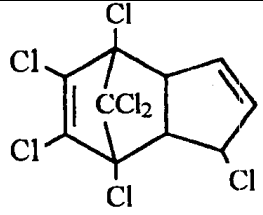
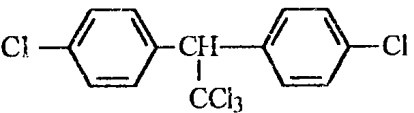
Зазвичай хлорорганічні пестициди (ХОП) – тверді хімічні речовини, які характеризуються високою термічною стабільністю, низькою розчинністю у воді, високою розчинністю в органічних розчинниках і жирах (табл. 1). ХОП випаровуються із поверхні ґрунтів і води. При концентрації ДДТ у ґрунтах 10 мкг/г та температурі 30 °С середня швидкість випаровування складає  $6,3 \cdot 10^{-6} - 9 \cdot 10^{-5}$  мг/(см•ч). З повітряними потоками пестициди розповсюджуються на тисячі кілометрів. Так, фонові концентрації гексахлорциклогексана (ГХЦТ) в атмосферному повітрі над Атлантичним та Тихим океанами складають 0,4-0,6 нг/м<sup>3</sup>, а ДДТ – 0,03-1 нг/м<sup>3</sup> [5; 9; 10]. Внаслідок випадіння ХОП з атмосферними опадами на ґрунти та виноса їх з поверхневими водами у водні об'єкти вони накопичуються у донних осадах, переміщуються по водним і наземним трофічним ланцюгам ті акумулюються у водній флорі та фауні, трав'янистих, рибоїдних і хижих птахів і тваринах. Досить показовою є концентрація ДДТ у водному трофічному ланцюгу (рис. 2).

А в тканинах різних видів тюленей було знайдено від 260 до 6400 мкг/кг ДДТ, 1,3-56 мкг/кг ендрина, 11-191 мкг/кг мірекса, 380-930 мкг/кг токсафена. У печінці північних оленей вміст гексахлорбензола складає 0,09 – 76 мкг/кг, що в 10 разів вище, ніж у цих же тварин в Канаді або на Шпицбергені [5].

ХОП знаходять також у продуктах харчування: в США залишкові концентрації визначають приблизно у 20% харчових продуктів, і при цьому досить часто в одному продукті одночасно знаходять більше п'яти різних ХОП. При вживанні повного добового раціону продуктів харчування, в тому числі яєць, м'яса, молока, риби, фруктів, овочів, з рівнем забруднення без перевищення норм ГДК доросла людина США може отримати таку кількість ДДТ, що у 90 разів перевищує встановлений рівень безпеки [5, табл. 2].

Більшість ХОП дуже повільно розкладаються під дією фізичних, хімічних, мікробіологічних факторів. Таке становище призводить до накопичення в шкідливих кількостях їх у живих організмах. Період напіврозпаду у ґрунтах у більшості з них перевищує 1,5 роки, а для ДДТ і дільдрини – 15-20 років.

## Фізико-хімічні властивості хлорорганічних пестицидів

Сполука	$t_{пл}, ^\circ C$	$\rho, \text{г/см}^3$	Розчинність, г/л		
			у воді	в орг. розчинниках	
	Альдрин	104-105	1,6	0,1-0,7	11-398
	Дільдрин	172-176	1,54	0,5	45-189
	Ендрин	240	1,54-1,56	0,6	-
	Хлордан	-	1,69-1,70	0,1	45-189
	Гептахлор	95-96	1,6	0,1	45-106
	ДДТ	109	1,56	0,01	22-890

	Гексахлор- р-бензол	231	-	$1 \cdot 10^{-4}$	-
--	------------------------	-----	---	-------------------	---

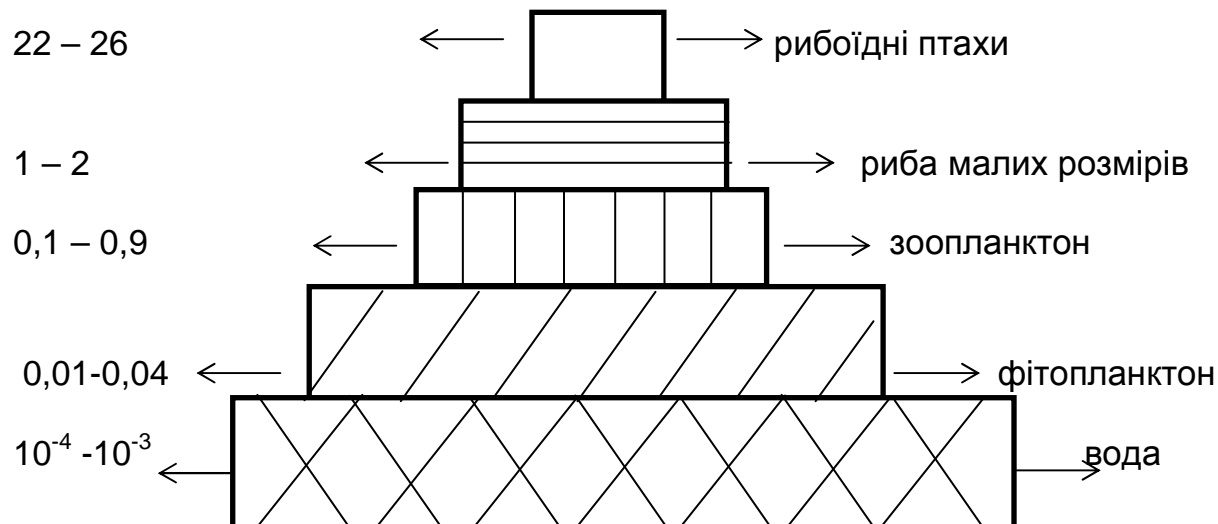


Рис. 2. Концентрація ДДТ (мг/кг) у трофічному ланцюгу гідроекосистеми

Таблиця 2

**Допустимі добові дози (ДДД) вживання людиною стійких органічних сполук (СОС) за даними ВООЗ**

СОС	ДДД, мкг/кг маси тіла	СОС	ДДД, мкг/кг маси тіла
Діоксини	1-4 пг	ПХБ	1
ДДТ	5	гептахлор	0,5
Ліндан	12,5	хлордан	0,05
Альдрин	0,1	мірекс	0,07
Дільдрин	0,1	ГХБ	0,6
Ендрин	0,1	токсафен	0,2

За рахунок високої гідрофобності ХОП у рослини поступають лише через листя. ХОП легко адсорбуються органічною речовиною ґрунтів та донним мулом (поверхневий сток → водні об'єкти → донні відкладення →гідрофлора і гідрофауна).

Таким чином, забруднення водних об'єктів ХОП обумовлені, головним чином, поверхневим стоком. А у воді відбувається перерозподіл ХОП між водою, донними відкладеннями, живими організмами. Ступінь адсорбції ХОП зменшується у ряду :

грунт> донні відкладення > супісок > пісок.

У довкіллі, наземних екосистемах найбільш поширений механізм розкладання ХОП – фотохімічний, біохімічний. Так, при УФ-випромінюванні на протязі 48 годин ДДТ розкладається до ДДЕ (дихлордифенілдихлоретан) та кетонів [5; 11; 12]. Далі ДДЕ перетворюється в інші ХОП, серед яких визначається ПХБ. Біотрансформація ХОП мікроорганізмами в ряді випадків може призводити до утворення більш токсичних сполук, ніж вихідна речовина.

Для ссавців, як і для птахів, ХОП впливають на репродуктивну функцію. Деякі з них здатні порушувати структуру генетичного апарата. Норми ХОП в природних об'єктах такі (табл. 3):

Таблиця 3

**Значення гігієнічних нормативів для ХОП (міжнародні нормативи,5)**

Норматив	ГХЦТ	Ліндан	Альдрін	Гептахлор	ДДТ
<b>Повітря</b>					
ГДК,мг/м <sup>3</sup> ;					
мах-разова,	0,03	0,03	0,001	0,01	0,001
середньодобова	0,03	0,03	-	0,0002	0,0005
<b>Вода</b>					
ГДК,мг/дм <sup>3</sup>	0,02	0,02	0,002	0,05	0,1
<b>Грунт</b>					
ГДК,мг/кг	0,1	0,1	-	0,05	0,1
<b>Корм для тварин</b>					
ОДК, мг/кг	0,05	0,05	н/д (не допуск.)	н/д	0,05
<b>Харчові продукти</b>					
ОДК, мг/кг					
зернові,овочі	0,5	0,5	н/д	н/д	0,1
жир, верш. масло	0,2	0,2	н/д	н/д	1,25 (у пере- рахунку на жир)
риба	0,2	0,2	н/д	н/д	0,2
молоко, яйця, м'ясо	0,005	0,005	н/д	н/д	0,005
Летальна доза мг/кг	300-500	125	10-65	350	250-400

Забруднення біосфери екотоксикантами (вода, атмосферне повітря, ґрунти) впливає на стан здоров'я населення. Найбільш широко поширені впливи на здоров'я людини: на репродуктивні системи, ембріотоксична дія, на ендокринну систему. Встановлено, що більшість ксенобіотиків змінює імуногенну реактивність організму людини, знижує стійкість до інфекцій, підвищує ризик розвитку алергічних, аутоімунних та онкологічних захворювань. Наприклад, пріоритетні екотоксиканти, як пестициди, пригнічують неспецифічну резистентність організму, показника кліткового і гуморального імунітету. Всі ці негаразди, пов'язані зі станом довкілля, типові і для України. Біля 15% території України, де проживає 10 млн чоловік, характеризується небезпечною екологічною ситуацією, а 1,7% території визначається зоною екологічного лиха [4].

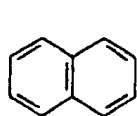
### **Контрольні запитання**

1. Чому ХОП відносять до суперекотоксикантів?
2. Як впливає ХОП на водне середовище?
3. Як впливає ХОП на атмосферне повітря?
4. Як впливає ХОП на ґрунти?
5. Загальна характеристика впливу ХОП на стан біосфери.
6. Який вплив здійснюють ХОП на живі організми?

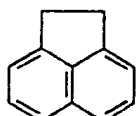
### **Лекція 3**

#### **Супертотоксиканти: поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ)**

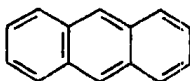
Підвищений інтерес екологів викликають ПАВ, що містять у своїй структурі два або більше бензольних кільця (m-36). Наприклад :



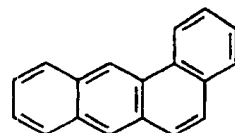
– нафталін;



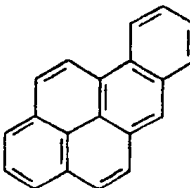
– аценафтен;



– антрацен;



– бенз(а)антрацен;



– бенз(а)пірен.

Така увага до цих сполук пов'язана з їх підвищеною біологічною (канцерогенна, мутагенна) активністю. Джерелами надходження ПАВ у природу є:

- природні чинники: лісові пожежі, вулканічна діяльність;
- антропогенні чинники: робота промисловості, спалювання палива, транспортні емісії тощо [5].

Поряд із незаміщеними поліциклічними ароматичними вуглеводнями в доквілля надходять їх гетероциклічні аналоги, іноді більш токсичні, ніж вихідні сполуки. Наявність такої суміші може викликати синергетичний ефект.

ПАВ інтенсивно поглинають УФ-випромінювання і тому швидко окислюються під впливом світла в атмосферному повітрі з утворенням хінонів і карбонільних сполук. Так, 20-хвилинне випромінювання в УФ-діапазоні призводить до розкладання 51% хризену, 34% пірену, 52% бенз(а)пірену, 85% антрацену [5; 13] тощо. ПАВ у міському повітрі сорбуються на частинках сажі та пилу, і такі аерозолі знаходяться у повітрі кілька тижнів.

Якщо в атмосферному повітрі є оксиди азоту, тоді утворюються нітропохідні (канцерогени). Швидкість утворення нітросполук залежить від концентрації NO<sub>x</sub> в атмосфері і температури.

У водному середовищі ПАВ видаляються внаслідок біологічної деструкції. Наприклад, мікроорганізми при біологічному очищенні стічних вод або в річній воді руйнують 40% ПАВ.

У ґрунтах ПАВ також руйнуються мікроорганізмами. Найбільша активність спостерігається в кислих пористих ґрунтах. Самоочищення забруднених ґрунтів ПАВ залежить від ефективності реакцій метаболізму в рослинах, від ферментативної активності мікроорганізмів, температури, вологості.

Токсичність окремих представників ПАВ залежить від двох основних факторів: від індивідуальних особливостей живих організмів та в цілому від екологічної ситуації. Вона залежить також від фізико-географічних умов. При цьому для ПАВ кумулятивний ефект сильніше проявляється при порівнянні з короточасовим впливом високих доз токсикантів. Відносні коефіцієнти токсичності (КТ) ПАВ подано у табл. 4.

У групу пріоритетних ПАВ [5] для поверхневих вод входять: бенз(а)пірен, бенз(в)флуорантен, бенз(g,h,i)перілен, індено(1,2,3-cd)пірен, флуорантен, бенз(к)флуорантен. Відповідно до рекомендацій ВООЗ, загальна концентрація пріоритетних поліциклічних ароматичних вуглеводнів у питній воді не повинна перевищувати 0,2 мкг/дм<sup>3</sup>.

Індикаторами промислових викидів є пірен, флуорантен, бенз(g,h,i)перилен, бенз(в)флуорантен та індено(1,2,3-сd)пірен; індикатором викидів двигунів внутрішнього згорання (ДВС) – бенз(g,h,i)перилен, бенз(б)флуорантен та індено(1,2,3-сd)пірен.

Таблиця 4

**Відносні КТ ПАВ**

Вуглеводень	КТ	Вуглеводень	КТ
Бенз(а)пірен	1	Бенз(g,h,i)перилен	0,01
Дибенз(а,h)антрацен	1	Аценафтилен	0,001
Бенз(б)флуорантен	0,1	Аценафтен	0,001
Бенз(к)флуорантен	0,1	Флуорен	0,001
Індено(1,2,3-с,d)пірен	0,1	Фенатрен	0,001
Антрацен	0,01	Флуорантен	0,001
Хризен	0,01	Пірен	0,001

В атмосферному повітрі на фоні інших поллютантів ПАВ присутні у незначних кількостях. У повітрі крупних міст концентрація бенз(а)пірена складає від 0,1 до 100 мг/м<sup>3</sup>. Високий рівень забруднення атмосферного повітря відмічається у містах, де розміщено заводи з виробництва алюмінію та металургійні комбінати (6-15 нг/м<sup>3</sup>). За даними [5; 13] глобальна емісія бенз(а)пірена в природне середовище наприкінці 80 років ХХ ст. складала біля 5000 т/рік, при цьому фонове забруднення повітря в Західній Європі – 0,05-0,15 нг/м<sup>3</sup>, у Східній Європі – 0,04-5,0 нг/м<sup>3</sup>, в Арктиці та Антарктиді -  $10^{-4}$  -  $10^{-3}$  нг/м<sup>3</sup> (ГДК – 1 нг/м<sup>3</sup>, середньодобове для повітря населених міст; 5 нг/дм<sup>3</sup> - для поверхневих вод, 20 мкг/кг – для сухих ґрунтів).

У поверхневих водоймах концентрація ПАВ залежить від техногенного навантаження на водні об'єкти і коливається в межах 10-80 нг/дм<sup>3</sup> у воді, 1-5 нг/г у донних відкладеннях. Вміст ПАВ у верхніх шарах відкладень поверхневих водойм залежить від відстані до індустриальних центрів. Так, у донному мулі Великих озер США концентрація бенз(а)пірена змінюється від 10 до 1000 нг/г, в озерних відкладеннях держав Європи – від 100 до 700 нг/г (Швейцарія) та від 200 до 300 нг/г (Німеччина). 2/3 бенз(а)пірена адсорбовано на зважених частках, які відіграють основну роль в процесах переноса бенз(а)пірена в гідроекосистемах (5).

У ґрунтах фонові концентрації ПАВ залежать від типу ґрунтів, середній вміст бенз(а)пірена складає 5-8 нг/г. найбільші концентрації фіксуються в гумусових горизонтах (31-100 нг/г).

Фонові концентрації ПАВ у рослинах залежать від їх здатності сорбувати листям забруднювачі із повітря. Підвищені концентрації бенз(а)пірена спостерігаються у мохах і лишайниках (до 50 нг/г), низька концентрація у траві – 1 нг/г, в зернах пшениці – 0,68-1,44 мкг/кг, в капусті бенз(а)пірену значно вище, ніж в помідорах – відповідно 15,6 та 0,22 мкг/кг; сухі фрукти – 16-23,9 мкг/кг (м-42); ковбаса твердого копчення – 0,2-3,7 мкг/кг; у вареній ковбасі – 0,4-0,6 мкг/кг, кріп – 16,5-29,5 мкг/кг; молоко, масло 3,2-9,4 мкг/кг; морська риба – 0,1-0,2 мкг/кг.

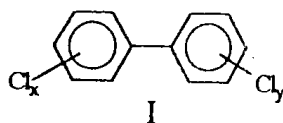
### **Контрольні запитання**

1. З екологічної точки зору та за дією на живі організми чим характеризуються ПАВ?
2. Яка особливість фізико-хімічної будови ПАВ та як це впливає на відносний коефіцієнт токсичності?
3. Поведінка (міграція, деструкція, трансформація, накопичення) ПАВ залежить від яких факторів?
4. Який вплив справляють ПАВ на здоров'я людини?

### **Лекція 4**

#### **Суперекотоксиканти: поліхлоровані біфеніли (ПХБ)**

Забруднення довкілля ПХБ відносять до глобальних екологічних проблем, що пов'язано з великою небезпекою для стану довкілля і здоров'я людини. Вперше глобальну небезпеку вчені констатували під час вивчення впливу ДДТ на птахів, коли у продуктах метаболізму птахів були визначені ПХБ (район Саргасового моря). Загальна кількість синтезованих у світі ПХБ становить 1,5 млн т. ПХБ, що використовуються у промисловості, представляють собою суміш конгенерів, які розрізняються числом і положенням атомів хлора у молекулі (I) та мають загальну формулу  $C_{12}H_{10-(x+y)}Cl_{(x+y)}$ :



Всі ПХБ ділять на три групи: планарні (сполуки, у яких відсутні замісники в орто-положеннях відносно між'ядерного зв'язку (C-C), моно-



ортозаміщені та непланарні ПХБ. За своїми фізико-хімічними властивостями ПХБ подібні до діоксинів. Але вони характеризуються: стабільністю по відношенню до зовнішніх впливів, високою температурою розкладання; фотостійкістю; малою реакційною здатністю; погано метаболізуються в природних середовищах. Біологічній трансформації не піддаються тетра- і пентахлорзаміщені (ТХБ, ПХБ). Розчинність ПХБ у воді залежить від числа атомів хлора у молекулі та змінюється у межах 0,007-0,2 мг/дм<sup>3</sup>. Вони добре розчиняються у жирах та органічних розчинниках, накопичуються в біотканинах, в яких містяться ліпіди. ПХБ погано випаровуються з ґрунтів. Міжнародні коефіцієнти токсичності [5] деяких ПХБ такі:

- для ссавців : ТХБ – 0,0001; ПтХБ – 0,0001;
- для риб : ТХБ – 0,0001; ПтХБ – 0,005;
- для птахів : ТХБ – 0,05; ПтХБ – 0,01 тощо.

Для більшості конгенерів ПХБ санітарно-гігієнічні нормативи відсутні. ГДК встановлені лише для деяких виробничих речовин. За стандартну суміш було прийнято Арахлор 1254 [5], де враховано сумарний токсичний ефект усіх конгенерів, які присутні у суміші. Виходячи з цього, ГДК мають такі значення: для атмосферного повітря – 1 мкг/м<sup>3</sup> [5]; повітря робочої зони – 1мг/м<sup>3</sup>; води господарсько-рибного та культурно-побутового призначення – 1 мкг/дм<sup>3</sup>; ґрунта – 0,1 мг/кг; молока і риби (у перерахуванні на жир) відповідно 1,5 і 5 мг/кг. Для ґрунтів встановлені ГДК для ізомерів ПХБ: трихлорбіфенілів – 0,03 мг/кг, тетрахлорбіфеніла – 0,06 мг/кг, пентахлорбіфенілів – 0,1 мг/кг. У роботі [5] розглянуто механізм токсичної дії ПХБ – це індукція монооксигеназної системи, яка містить цитрахром Р-450, що відповідає за окислювальний метаболізм ксенобіотиків та ендогенних сполук гідрофобної природи. Вплив ПХБ на монооксидази залежить від особливостей структури, положення і числа атомів хлора у молекулі. Найбільший токсичний ефект дають планарні ПХБ із 4,5,6 атомами хлора. Встановлено [5] зв'язок між понаднормативним вмістом ПХБ в довкіллі та погіршенням репродуктивної функції чоловіків та жінок. В екосистемах ПХБ мігрують по трофічним ланцюгам. Завдяки цьому їх визначають в харчових продуктах тваринного та рослинного походження. Вони проникають через плаценту жінки, надходять до грудного молока. Дослідження були проведені в Канаді (16-514 мкг/дм<sup>3</sup>), в Росії – в крові робочих ПО «Конденсатор» вміст ПХБ перевищував 1000 мкг/кг. Щодо забруднення атмосферного повітря, в різних країнах фоновий вміст досягає порядку декількох нанограм на м<sup>3</sup> та коливається в межах 0,5-50 нг/м<sup>3</sup>. Забрудненість поверхневих вод ПХБ

змінюється від декількох нанограм до 500 нг/дм<sup>3</sup> у промислових зонах. При цьому відбувається вторинна емісія ПХБ із донних відкладень. Згідно з міжнародними нормативами концентрація поліхлорованих біфенілів у незабруднених прісних водах не повинна перевищувати 0,5 нг/дм<sup>3</sup>, а в помірно забруднених – 50 нг/дм<sup>3</sup>. Гранична концентрація трихлорбіфенілів, яка змінює органолептичні властивості води, складає 0,13 мг/дм<sup>3</sup>. ПХБ властива висока стійкість у довкіллі та накопичення у ґрунтах. За даними [5] вміст ПХБ в ґрунтах може коливатися від 0,13 мг/кг до 1836 мг/кг (Росія, ПО «Конденсатор») при випаровуванні низькохлорованих біфенілів із ґрунтів відбувається надходження їх в атмосферне повітря та жилі приміщення (в районі відповідних виробництв). Концентрація ПХБ зменшується до фонового рівня на відстані 250-300 км від джерела забруднення [5]. Фоновий рівень ПХБ залежить від орографічних та кліматичних факторів.

В організм людини ПХБ надходять з харчовими продуктами.

Серед попереджувачих заходів щодо забруднення довкілля і впливу на людину: інвентаризація джерел емісії та розробка заходів щодо зниження або виключення техногенного впливу ПХБ на навколишнє природне середовище і здоров'я людини, реабілітація забруднених територій.

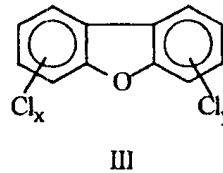
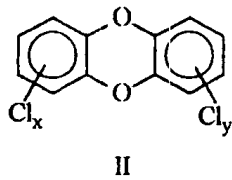
### ***Контрольні запитання***

1. Чому забруднення довкілля ПХБ відносять до глобальних екологічних проблем?
2. Назвіть основні властивості ПХБ з екологічної точки зору.
3. Назвіть вплив ПХБ на стан довкілля.
4. Охарактеризуйте вплив ПХБ на стан здоров'я людини.
5. Які заходи із захисту природно-антропогенних екосистем призведуть до виключення впливу ПХБ на стан біосфери?

### ***Лекція 5***

#### **Суперекотоксиканти: поліхлоровані дибензо-діоксини та поліхлоровані дибензофурани (ПХДД; ПХДФ)**

Поліхлоровані дибензо-*n*-діоксини (ПХДД) – велика група гетероциклічних сполук (II), основу яких складають два ароматичних кільця, зв'язаних між собою двома кисневими містками, поліхлоровані дибензофурани (ПХДФ) – сполуки (III) з одним кисневим містком :



Усього нараховується 75 конгенерів ПХДД та 135 конгенерів ПХДФ. ПХДД і ПХДФ – безбарвна кристалічна речовина, характеризується низькою гігроскопічністю та високою адсорбційною здатністю, а температура плавлення залежить від ступеня хлорування; добре розчиняються в органічних розчинниках (10-800 мг/дм<sup>3</sup>), і практично не розчиняються у воді (на рівні 10<sup>-6</sup> – 10<sup>-4</sup>мг/дм<sup>3</sup>). Розчинність діоксинів у

воді зменшується по мірі збільшення числа атомів хлора в молекулах та практично не залежить від температури [4; 5; 8; 14; 15].

Діоксини адсорбуються на частках пилу, золи, сажі та мігрують в навколишньому середовищі, що сприяє надходженню в повітря, воду, живі організми, харчові продукти. Діоксини мають високу хімічну і термічну стійкість, стабільність знаходження в кислих і лужних середовищах. В ґрунтах період полурозкладання діоксинів дорівнює 10-20 років, а у воді (гідроекосистеми) та донних відкладеннях - >20 років. Гостра токсичність (DZ 50 мкг/кг) для різних ПХДД складає для живих організмів: морські свинки – від 0,6 до > 600; миші – від 284 до > 440; пацюки – від 22 до 45; мавпи – 70. Токсичність різних ПХДФ для живих організмів : морські свинки – 5-120; миші – >6000; пацюки – > 1000; мавпи – 1000 [5; 14]. Послідовність змін гострої токсичності основних представників поліхлорованих діоксинів та споріднених хімічних сполук наступна: дибензо-*p*-діоксини – дибензофурани – біфеніли. Для людини гостра токсичність діоксинів та споріднених сполук не є основним критерієм їх небезпечності. Сумарно діють на здоров'я людини такі властивості діоксинів: токсичність, їх кумулятивна здатність, віддалені наслідки. За рахунок екотоксикокінетичних та екотоксикодинамічних ефектів дії в організмі людини виникають патологічні зміни. Розрахункова середня летальна доза ПХДД для людини при одноразовому надходженні складає 70 мкг/кг маси, а мінімальна діюча – орієнтовно 1 мкг/кг. Поріг хронічної загальнотоксичної дії діоксинів для людини знаходиться на рівні 75 пг/кг за день. ВООЗ встановила добову дозу – 1-4 пг/кг.

Дія діоксинів на організм людини пов'язана з генетичним впливом та змінами за рахунок високої специфічності цих ксенобіотиків к цитозольному Ah-рецептору, який контролює активацію деяких генів (15 хромосома) і внаслідок чого відбувається накопичення неспецифічних монооксигеназ-цитохромів (P-450A1 та P-450A2). Таким чином, відбувається порушення біохімічних процесів на клітинному рівні, що позначається на захисних функціях організму (послаблення) і пригніченні імунних систем. Тому дія діоксинів на людину супроводжується впливом на центральну нервову систему і виникають такі ознаки дії, як втома; зниження розумової та фізичної працездатності; підвищується чутливість до інфекцій, особливо при стресових ситуаціях; виникають онкозахворювання. До джерел надходження діоксинів в організм людини відносять техногенні емісії (ГДВ, ГДС, тверді відходи) від промисловості, вихлопні газы від автомобілів, рослини, ґрунти, харчові продукти тощо. Відповідно до аналізу даних н/т літератури [5] основна маса діоксинів надходить в організм людини із м'ясом і молоком (90-95%); із забрудненим повітрям (1,5-2,5%) – 2,3 пг/день; із забрудненою водою (1-1,5%) – 1,5 пг/день. В наш час ще й досі не встановлені [5] безпечні дози надходження діоксинів, інших ПХДД в організм людини.

У роботі [5] наведено відомості щодо надходження, міграції, біокумуляції діоксинів у навколишнє середовище. Глобальна світова емісія діоксинів за рік складає біля 5000 кг. Значна частина викидів ПХДД і ПХДФ відбувається в атмосферу, ґрунти, річкову воду, донні відкладення (табл. 5).

Таблиця 5

**Вміст діоксинів у природних системах**

Реґіон	Вода, пг/дм <sup>3</sup>		повітря, пг/м <sup>3</sup>	ґрунт, нг/кг		Донні відкладення, нг/кг
	річна	питна		місто	сільська місцевість	
Північна Америка	-	0,05	0,09	8,0	-	3,9
Західна Європа	2,5	-	0,01	3,8	1,3	34,9
Росія (Москва)	-	-	0,4-1,6	7,5-185	-	-

У воді концентрація діоксинів знаходиться на межі визначення, і тому практично відсутні дані. Більшість ПХДД/ПХДФ знаходяться в донних відкладеннях, сорбованих на твердих частках суспензій. Крім того, інтенсивне осадження пов'язане з переміщенням їх із водними потоками. Міграція діоксинів у ґрунтах відбувається повільно – приблизно 1 см/рік, але при забрудненні води нафтопродуктами швидкість міграції збільшується.

Вміст ПХДД/ПХДФ в ґрунтах змінюється в діапазоні від 0,15-0,77 нг/кг для фонових районів та 150-300 нг/кг для селитебних зон промислових центрів [5].

ПХДД/ПХДФ в живих організмах накопичується в біотканинах (табл. 6).

Таблиця 6

**Середня концентрація ПХДД/ПХДФ в організмі населення різних стран, нг/кг ліпідів**

Країна	Жирова тканина	Ліпіди крові	Грудне молоко
США	24	41	16,5-20,0
Німеччина	69	42	21,6-33,1
Японія	38	31	13,1-30,8
Канада	36	-	13,3-19,1
Корея:			
Південна	30	40	34
Північна	4	12	8,8
Росія:			
Байкальськ	-	18	10,3
Іркутськ	25,5	-	17,3
Уфа	18,5	23	25,9

Відомо [5], що за період вигодовування (~ 1 рік) дітей грудним молоком та при вмісті в ньому ПХДД/ПХДФ з концентрацією 20 нг/дм<sup>3</sup> (в перерахунку на жир), щоденно в організм дитини надходить біля 600 пг діоксинів (210 нг/рік). Такий об'єм надходження екотоксикантів вище нормативів, які рекомендовані ВООЗ. В той же час ВООЗ вбачає, що ця доза складає 4-12% від загальної кількості діоксинів та інших поліхлорованих сполук, які надходять до організму людини за все життя (~ 70-75 років), і тому не рекомендує відмовлятися від вигодовування дітей грудним молоком. Відмовлення від грудного молока спричиняє

більше шкоди, ніж потенційна небезпека поліхлорованих сполук, які надходять в організм дитини з грудним молоком.

Внаслідок високої стабільності діоксинів та здатності їх адсорбуватися в жировій тканині період їх виведення із організму людини складає 7-10 років.

### ***Контрольні запитання***

1. Що собою представляють діоксини та дибензофурани з хімічної точки зору?
2. Що сприяє накопиченню та міграції ПХДД/ПХДФ в довкіллі?
3. Як довго можуть зберігатися в ґрунтах, воді та донних відкладеннях ПХДД/ПХДФ?
4. Яка послідовність змін гострої токсичності для живих організмів основних представників поліхлорованих діоксинів?
5. Який поріг хронічної загальнотоксичної дії діоксинів для людини?
6. Які джерела надходження діоксинів в організм людини та в довкілля?
7. В яких біотканинах накопичуються діоксини в організмі людини?

### ***Лекція 6***

#### **Суперекотоксиканти: феноли та його похідні**

Фенольні сполуки широко використовуються в господарській діяльності людини і тому є широко розповсюдженими забруднювачами довкілля.

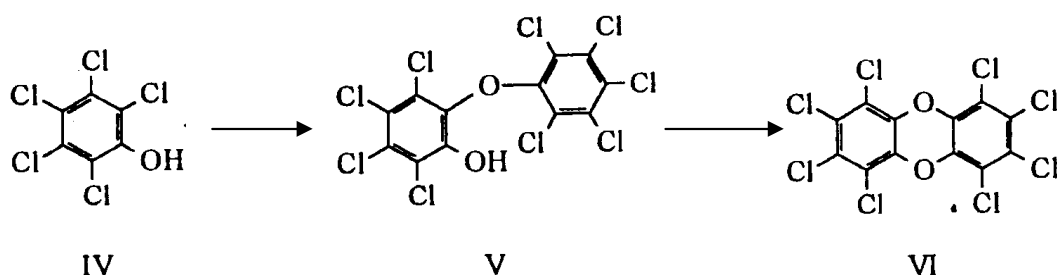
Джерела забруднення :

- технологічні емісії (викиди, скиди, тверді відходи) від різних виробництв (тонкого органічного синтезу, лаків, фарб, синтетичних смол, пластифікаторів, ядохімікатів, стабілізаторів, антисептиків тощо);
- пестициди, що застосовують в сільському господарстві;
- спалювання твердих промислових і побутових відходів тощо.

Токсичність фенолів для навколишнього природного середовища залежить від:

- фізико-хімічної структури екотоксикантів: зростання довжини і кількості алкільних замісників в ядрі зменшує токсичність; зростання довжини і кількості алькільних замісників в ядрі збільшує персистентність і здатність до кумуляції в живих організмах; галогени збільшують токсичність.

Хлорфеноли надходять у довкілля внаслідок забруднення ґрунтів та поверхневих вод. Нижні представники ряду фенолів і багатоатомні феноли розчиняються у воді. В повітрі феноли окислюються з утворенням менш токсичних продуктів окислення. 2-феноксіфенол (структурний попередник діоксина) знаходиться, як домішка, в технічних хлорфенолах. Вони можуть утворюватися внаслідок фотохімічної і термічної димеризації хлорфенолів і пестицидів – похідних феноксикислот:



Вперше [5] хлорфенол було отримано при УФ-випромінюванні лужного розчину пентахлорфенолу (IV), який у подальшому призводить до утворення пентахлорфенолу (V), а потім октахлордибензо-п-діоксину (VI). Санітарно-гігієнічні нормативи фенолу та його похідних наведено у табл. 7.

Таблиця 7

**Санітарно-гігієнічні характеристики деяких фенолів**

Сполука	ГДК (вода), мг/дм <sup>3</sup>	ГДК (с/д повітря), мг/м <sup>3</sup>	Сполука	ГДК (вода), мг/дм <sup>3</sup>	ГДК (с/д повітря), мг/м <sup>3</sup>
Фенол	0,001	0,003	3,5-диметилфенол	0,25	0,01
2-метилфенол	0,003	0,020	2-хлорфенол	0,001	0,02
3-метилфенол	0,004	0,028	4-хлорфенол	0,001	0,003
4-метилфенол	0,004	0,020	2,4-дихлорфенол	0,002	0,012
2,5-диметилфенол	0,25	0,01	2,4,6-трихлорфенол	0,004	0,003
2,6-диметилфенол	0,25	0,01	пентахлорфенол	0,03	0,02
3,4-диметилфенол	0,25	0,01	алкилфеноли	0,1	0,10-0,15

Дані про токсичність широко розповсюджених фенолів та їх похідних (пріоритетні екотоксиканти) наведено в табл. 8. Хлоровані феноли та фенол у реєстрах суперекотоксикантів США і більшості держав Європи стоять на першому місці. У зв'язку з цим вони заборонені до застосування у виробництві товарів, дитячих іграшок, також для харчових продуктів, товарів народного вжитку. Для поверхневих водойм і питної води визначені максимальні рівні вмісту фенолу та його хлорованих похідних (табл. 8). В поверхневих водоймах можуть бути присутні феноли природного походження, які виділяються із деревини або продукуються водоростями.

Стосовно питної води: хлорфеноли та феноли в ній, виходячи із запаху та смаку, не повинні перевищувати концентрації вище 0,1 мкг/дм<sup>3</sup>. За відсутності хлорування води за органолептичними показниками можуть бути присутні у воді на рівні 1 мкг/дм<sup>3</sup> (табл. 8).

Таблиця 8

**Максимальні рівні вмісту хлорованих фенолів у воді та їх токсикологічні критерії, мкг/дм**

Сполука	Максимальний вміст у воді		Порогова концентрація		Рівні вмісту, які засновані на	
	водні джерела	питна вода	за запахом	за смаком	токсичності	канцерогенності
фенол	100	1	1000	100	3000	-
2-хлорфенол	10	1	1	1	-	-
4-хлорфенол	10	1	1	1	-	-
2,4-дихлорфенол	10	10	1	1	3000	-
2,6-дихлорфенол	10	1	10	1	-	-
2,4,5 –трихлорфенол	1	1	100	1	2600	-
2,4,6-трихлорфенол	1	1	100	1	-	12
2,3,4,5-тетрахлорфенол	0,1	0,1	1000	100	-	-
пентахлорфенол	10	1	1000	100	21	-

Високі концентрації хлорфенолів впливають на здоров'я людини: викликають загальну токсичну дію; ураження печінки і нирок; в поодиноких випадках – утворення пухлин; порушення репродуктивного здоров'я людей; поліхлоровані феноли накопичуються в жирових тканинах, ліпідах крові і печінці.



Інший вплив фенолів та їх похідних на біосистеми: у тварин та гідрофауни страждають ендокринна система, репродуктивна система; у рослин – зниження фотосинтетичної активності.

### **Контрольні запитання**

1. Які можна виділити фізико-хімічні особливості фенолів та їх похідних, що впливають на токсичність певних ксенобіотиків?
2. Охарактеризуйте вплив зазначених сполук на довкілля і здоров'я людей.
3. Охарактеризуйте основні санітарно-гігієнічні параметри фенолів та їх похідних.

## *Лекція 7*

### **Суперекотоксиканти: хлорбензоли, хлорпарафіни, бромбіфеніли**

Хлорпохідні бензола мають такі властивості: інсектицидні, фунгіцидні, гербіцидні, що обумовило їх широке застосування. Біологічна активність цих сполук зростає зі збільшенням числа атомів хлора в молекулі. Найбільш токсичними та біологічно активними є три- і тетрахлорбензоли. Вони термічно і хімічно стабільні і тому довгий час зберігаються в ґрунтах. Надходячи в трофічні ланцюги, хлорпохідні бензола негативно впливають на екологічний стан природних систем. Так, гексахлорбензол (ГХБ) за стійкістю знаходження в екосистемах та біосистемах переважає ДДТ. Токсичність ГХБ підвищується із збільшенням числа атомів хлору у бензольному кільці, а пара-ізомери більш токсичні, ніж меза-ізомери.

Вплив на організм людини такий: ураження центральної нервової системи, зміни у кровоносній системі, порушення функцій печінки. Тетра- і гексахлорбензоли характеризуються кумулятивним ефектом. В організмі людини відбувається їх дехлорування з утворенням три-одихлорбензолів, які окислюються до хлорфенолів [5]

Санітарно-гігієнічна характеристика хлорбензолів наведена у табл. 9.

*Таблиця 9*

Сполука	ГДКвод.,	ОБРВ	Сполука	ГДКвод.,	ОБРВ

	мг/дм <sup>3</sup>	повітря, мг/м <sup>3</sup>		мг/дм <sup>3</sup>	повітря, мг/м <sup>3</sup>
Хлорбензол	0,20	-	1,3,5-трихлорбензол	* 0,03	0,08
1,2-дихлорбензол	0,002	0,030	1,2,3,4-тетрахлорбензол	0,01	-
1,3-дихлорбензол	-	0,035	1,2,3,5-тетрахлорбензол	* -	-
1,4-дихлорбензол	0,002	0,035	1,2,4,5-тетрахлорбензол	* -	0,013
1,2,3-трихлорбензол	0,03	0,008	гексахлорбензол	* 0,05	0,013
1,2,4-трихлорбензол	0,03	0,008			

*Хлорпарафіни (ХП)* – складна суміш хлорованих алканів C<sub>10</sub>-C<sub>35</sub> загальною формулою C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>-mCl<sub>m</sub> (n=10–35, m=1–24) з прямим ланцюгом, що мають різну ступінь хлорування (від 5 до 70%).

У довкілля хлорпарафіни надходять з викидами і скидами хімічних виробництв та із полімерів, фарб, різних мастил в промисловості і в побуті. В осадах господарсько-побутових стічних вод (після біологічної очистки) концентрація ХП – 30 мг/кг. ХП адсорбуються на твердих частинках та накопичуються в ґрунтах, донних осадах.

Токсичність для ссавців, птахів, риб незначна, але ХП викликають онкозахворювання у пацюків, мишей. Нейростатична дія ХП зафіксована у риб. Для ссавців CZ50 = 40г/мг<sup>3</sup>.

В організм людини ХП надходять із харчовими продуктами: накопичуються в жирових тканинах, в печінці, кістковому мозку. У печінці ХП під впливом мікросомальних ферментів дехлоруються та розкладаються до вуглецевих фрагментів, які у подальшому за рахунок біотрансформації знезаражуються. Зниження швидкості реакцій метаболізму відбувається із зменшенням довжини вуглецевого ланцюга та ступеня хлорування.

*Бромбіфеніли(БФ)* – суміш різних конгенерів (найчастіше гекса- і октаконгенери). Хімічні властивості і токсичність БФ аналогічні хлорованим біфенілам. Найвища токсичність фіксується для орто-замінених бромфенілів. При надходженні в організм людини і тварин вони викликають дистрофію, ушкодження печінки, нирок, лімфатичної системи.

БФ занесені до списків СОР, виробництво яких повинно бути заборонено, а запаси знищені (США, більшість країн Європи, Росія). БФ

утворюються при спалюванні бромовмісних сполук (відходи виробництв, медичні препарати тощо) і знаходяться на фоновому рівні у всіх середовищах. Відомості щодо забруднення довкілля у доступній літературі відсутні.

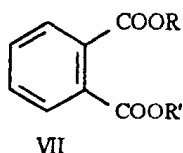
### **Контрольні запитання**

1. Дайте загальну характеристику хлорпохідних бензола.
2. Наведіть санітарно-гігієнічні характеристики деяких хлорбензолів.
3. Який вплив ці сполуки справляють на довкілля і здоров'я людини?
4. Які існують думки щодо виробництва і застосування хлорованих бензолів і чому?

## **Лекція 8**

### **Суперекотоксиканти: фталати**

Фталати (ФТ) – складні ефіри фталевої кислоти. Фізико-хімічні властивості: малолеткі при кімнатній температурі; тверді речовини або розчини; термо- і фото стабільні; хімічно інертні фталати (VII) мають таку формулу:



Фізико-хімічні і санітарно-гігієнічні характеристики наведені в табл. 10.

*Таблиця 10*

#### **Фізико-хімічні і санітарно-гігієнічні характеристики фталатів**

Сполука	$t_k, ^\circ\text{C}$	Щільність, г/см <sup>3</sup>	Розчинність у воді, г/л	ГДКвод., мг/дм <sup>3</sup>	ГДК*пов., мг/м <sup>3</sup>
Диметилфталат	282	1,191	4,5	0,5	0,007
Диетилфталат	296	1,118	1,5	-	0,010
Дибутилфталат	340	1,050	0,4	0,001	0,100
Бис(2-етилгексил)фталат	231**	0,986	0,05	-	0,100
Бутил-бензилфталат	370	1,111	0,003	-	0,010
Диоктилфталат	340	0,978	-	0,01	0,020

Дидодецилфталат	260**	0,998	-	-	0,100
-----------------	-------	-------	---	---	-------

\*- середньодобова або ОБРВ (орієнтовно безпечний рівень впливу);

\*\* - 5 мм. рт. ст.

ФТ не утворюють стійких зв'язків із молекулами полімера і при нагріванні легко виділяються із готових виробів. Саме здатність до міграції із полімерів і довкілля – особливість ФТ, що призвело до включення їх у список пріоритетних органічних забруднювачів.

Джерела надходження ФТ в навколишнє середовище: виробництва пластифікаторів, полімерних матеріалів (промислового, побутового, харчового призначення), синтетичних і натуральних каучуків тощо. ФТ надходять у довкілля у процесі виробництва, споживання, під час спалювання промислових, побутових відходів на звалищах і на сміттєспалювальних заводах. В природні системи надходить до 15% від загального об'єму отриманих тим чи іншим способом фталатів. А у країнах Західної Європи щорічне надходження в навколишнє середовище складає 500 тис. т. Поведінка фталатів у довкіллі характеризується міграцією, здатністю накопичуватися в різних елементах біосфери, стійкістю до зовнішніх факторів. ФТ визначають у воді і донних відкладеннях річок і озер за сотні кілометрів від промислових об'єктів. Наприклад, у воді озера Байкал вміст біс(2-етилгексил)фталата дорівнює 0,09-0,29 мкг/дм<sup>3</sup>, а в донних відкладеннях – 30-40 мкг/кг сухої маси. Із ґрунтів фталати надходять в рослини: картопля накопичує до 0,5% фталатів, які знаходяться в ґрунтах.

Токсичність фталатів для здоров'я людини залежить від їх структури і фізико-хімічних властивостей. Із збільшенням довжини алкільних радикалів токсичність фталатів зменшується. Зниження леткості зменшує небезпеку впливу фталатів на організм людини. При гострому впливі фталати малотоксичні, але в умовах постійного надходження в організм людини вони накопичуються в клітинах, тканинах, органах, що призводить до виникнення хронічних захворювань. Встановлено мутагенні та ембріотоксичні ефекти, впливи на ферментальну активність. Гостра токсичність фталатів виявляється при надходженні в організм людини порядку 500 г цих речовин. Забруднення довкілля і надходження в організм людини ФТ приймає загрозливі розміри. Вони присутні в різних плівках, штучній шкірі, лінолеумі, шпалерах, що миються, іграшках, в медичних виробах, косметичних виробах тощо. Встановлено, що ФТ до організму людини надходять через шкіру або із їжею (зберігання у пластиковій тарі), інгаляційним шляхом.

З метою зменшення надходження фталатів у довкілля і організм людини в кінці ХХ ст. було прийнято на міжнародному рівні рішення щодо скорочення виробництва фталатів, які особливо небезпечні. Так, об'єм світового виробництва зменшився з 4 млн т/рік у 1985 р. до 1,35 млн т/рік у 1995 р.

### **Контрольні запитання**

1. Чому фталати віднесено до стійких органічних сполук у довкіллі?
2. Які властивості ФТ створюють небезпеку для людини?
3. Назвіть джерела надходження фталатів в природне середовище.
4. Який вплив оказують ФТ на здоров'я людини?
5. Від чого залежить токсичність фталатів?
6. З чим пов'язане забруднення довкілля фталатами?

### **Лекція 9**

#### **Суперекотоксиканти: органічні сполуки олова, свинцю і ртуті**

У літературі практично відсутні відомості щодо забруднення навколишнього природного середовища згаданими суперекотоксикантами [4,9,10,91-94].

*Органічні сполуки олова* різноманітні – від сполук  $R_4Sn$  до похідних типу  $R_3SnX$ ,  $R_2SnX_2$ ,  $R_2SnX_2$ , де R – радикал; X – галоген,  $OH^-$ ;  $RCOO^-$  та інші [3; 5]. Сполуки олова застосовують як стабілізатори полівінілхлориду, у виробництві поліуретанів, пестицидів, фарб. Так, високі концентрації солей трибутилолова визначені у вінілових шпалерах, підлогових покриттях, рукавицях – від 0,5 до 47 мг/кг, а в шторах для душа і сумках із штучної шкіри ще містяться й інші хлорорганічні сполуки. Хоча ці вироби є лише джерелами забруднення навколишнього середовища, а небезпеки прямої для здоров'я людини не представляють. Про роль олова в живих організмах відомо мало. В тілі людини його вміст не перевищує  $2 \cdot 10^{-4}\%$ . Щодобове надходження із продуктами харчування – 0,2-3,5 мг, значення ГДК для м'ясних і молочних продуктів, соків – 200 мг/кг. Токсична доза олова для людини дорівнює 2 г.

Санітарно-гігієнічні характеристики металоорганічних сполук наведені у табл. 11.

*Таблиця 11*

#### **Санітарно-гігієнічні характеристики металоорганічних сполук олова [5; 12]**

Сполука	ГДК <sub>вод.,</sub>	ГДК* <sub>пов.,</sub>	Сполука	ГДК <sub>вод.,</sub>	ГДК* <sub>пов.,</sub>
---------	----------------------	-----------------------	---------	----------------------	-----------------------

	мг/дм <sup>3</sup>	мг/дм <sup>3</sup>		мг/дм <sup>3</sup>	мг/м <sup>3</sup>
Триетилолово	0,0002	0,1	Трибутил-оловохлорид	0,02	0,1
Тетрабутилолово	0,002	0,1	Біс (трибутил-олово)оксид	0,0002	0,1
Дихлоретилолово	0,002	0,1	Трифеніл-оловоацетат	-	0,1
Дихлорбутилолово	0,002	0,1	Трифеніл-оловохлорид	н/д	0,1
Дибутилолово-оксид	0,004	0,1	Трифенілолово-гідроксид	-	0,1
Дибутилолово-сульфід	0,02	0,1	Трициклогексил-оловогідроксид	-	0,1
Трибутилоловоацетат	0,02	0,1	-	-	-

Виробництво оловоорганічних сполук (ООС) постійно зростає: 1965 р. – 5000 т; 1980 р. – 35000 т. Особливо значне виробництво найменш токсичних ООС, які застосовують як стабілізатори полівінілхлориду (використовують карбоксилати олова –  $R_2Sn(OOCR')_2$  та сполуки типу  $R_2SnX_2$ ), за рахунок чого вдається (1-5% добавки) попередити його деструкцію навіть при  $t=180-200^\circ C$ . Застосовують ООС також для боротьби із хворобами і шкідниками рослин; для захисту рибацьких сіток від впливу водних мікроорганізмів; для боротьби із гельмінтами у птахів і тварин.

Сполуки типу  $R_4Sn$  із-за високої токсичності не застосовують, але вони слугують вихідною сировиною для отримання інших менш токсичних оловоорганічних сполук. Серед ООС найбільш токсичними є триметил- і тетраетилпохідні, які в організмі людини перетворюються в тріалкільні сполуки, що порушують проникливість біомембран; порушують обмін фосфору (із-за подібності з фосфоліпідами) та відбувається розвиток хвороб центральної нервової системи. Тетрабутилолово та його похідні викликають деструкцію мієлінових оболонок у головному мозку та негативно впливає на периферичну нервову систему; при хронічному впливі вони негативно діють на кровоносну систему [5]; чинять тератогенну дію. Позитивними властивостями ООС є їх здатність розкладатися за рахунок дії ґрунтових мікроорганізмів, а на світлі під впливом кисню – до неорганічних речовин, які практично нетоксичні. При високих температурах розкладання протікає із утворенням відповідних вуглеводнів і неорганічних сполук олова. У водних середовищах вони гідролізуються з утворенням відповідних солей.

*Органічні сполуки свинцю (ОСС)*. Використання: як антидетонатори у двигунах внутрішнього згоряння; як фунгіциди та бактеріоциди у складі фарб для фарбування нижньої частини пароплавів. Диалкілпохідні ацетата свинця використовують як антигельмінтні препарати. У тетраалкіл- і тетраарілпохідних свинця відсутні бактеріостатичні і фунгіцидні властивості, тоді як триалкіл- і триарілпохідні за токсичністю наближаються до ОСС. Високу біологічну активність проявляють також солі диалкіл- і диарілсвинця. Дуже мало відомостей щодо забруднення природних об'єктів тетраетилсвинцем, що пов'язано із швидким розкладанням до відповідних вуглеводнів і неорганічних сполук. В етильованому бензині для автомобілів його вміст сягає 1,5 мл/кг, у паливі до повітряного транспорту – до 4 мг/кг. ГДК тетраетилсвинцю (ТЕС) у повітрі – 0,0001 мг/м<sup>3</sup>, у воді ГДК для ТЕС не встановлено.

Токсичність тетраетилсвинцю (ТЕС) в організмі людини обумовлена утворенням під дією печінкових ферментів триетилсвинцю, що довгий час циркулює в організмі та гальмує обмінні процеси, накопичується у центральній нервовій системі. Зміни в основному відбуваються у корі головного мозку та характеризуються судинними розладами, різким зниженням кровопостачання, зниженням активності холинестерази у дітей. Надходження ТЕС в організм людини відбувається інгаляційним шляхом та всмоктуванням із кишково-травневого тракту та шкіри.

За даними [5], вміст свинцю в атмосферному повітрі знаходиться на рівні 0,1-250 нг/м<sup>3</sup>, а для урбанізованих територій Європи, Півн. Америки – 120-2700 нг/м<sup>3</sup>. Вміст свинцю у водних екосистемах: його концентрація в незабруднених водах не перевищує 3 мкг/дм<sup>3</sup>; для більшості річок та озер – 0,2-8,7 мкг/дм<sup>3</sup>; у промислових регіонах та поблизу автомобільних доріг – 3,5-89 мкг/дм<sup>3</sup>. Для ґрунтів характерні менш розчинені та рухомі форми свинцю. Концентрація свинцю у ґрунтах – 1-8 мг/кг при середньому вмісті 16 мг/кг. Вміст свинцю у водорозчинній формі складає 1,4%, в обмінній – 10% від валового, 8% свинцю пов'язано з органічною речовиною (більша частина приходить на фульвокислоти).

*Органічні сполуки ртуті (ОСР)* – у довкіллі класифікують на леткі, до яких відносять Hg і (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>Hg, водорозчинні або реакційноздатні – CH<sub>3</sub>Hg<sup>+</sup>, CH<sub>3</sub>HgOH, HgS [16].

У природі постійно відбуваються процеси адсорбції ртуті та її сполук наземними екосистемами та десорбція із них в атмосферу її летких форм, що обумовлює існування динамічної рівноваги різних форм ртуті у довкіллі (рис. 3).

Процеси адсорбції-десорбції забезпечують і підтримують фонові рівні вмісту ртуті та її сполук в об'єктах навколишнього середовища, а також в біологічних об'єктах рослинного і тваринного походження.

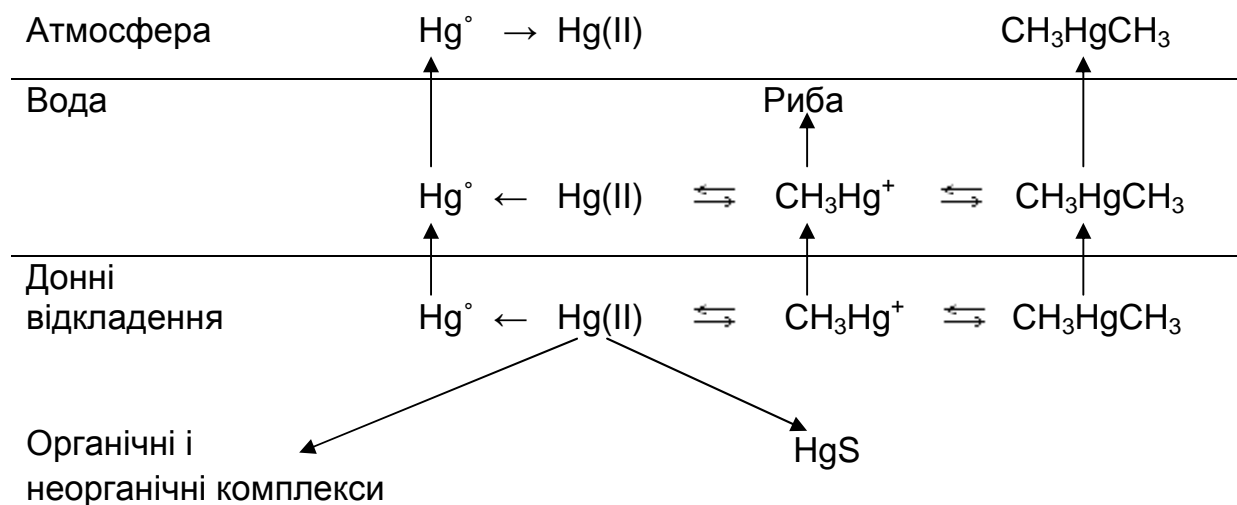


Рис. 3. Біохімічний цикл ртуті у водоймах (м-5)

ОСР застосовують: в ролі ядохімікатів, бактеріоцидних емалів, для захисту деревини, паперу і текстилю від пліснявих грибків; в сільському господарстві – для протравлення насіння різних культур. Фунгіцидна і бактеріостатична активність більшості ОСР настільки висока, що перевищує активність хімічних сполук практично всіх класів. Незважаючи на такий факт, застосування ОСР поступово скорочується, що пов'язано з небезпекою накопичення ртуті в об'єктах навколишнього середовища. До списку заборонених до застосування увійшли: гранозан, меркуран, меркургексан, церезин та інші.

За масштабами застосування на першому місці серед ОСР знаходяться алкілпохідні аліфатичного ряду [5], серед яких найбільшою фунгіцидною активністю характеризуються солі метил- і етилртуті (етилмеркурхлорид  $\text{C}_2\text{H}_5\text{HgCl}$ ), які використовуються для протравлення насіння. Всі ці сполуки характеризуються високою леткістю. Ароматичні сполуки ртуті, що відносяться до гербіцидів, заборонені до застосування тому, що є високотійкими у довкіллі (усупун, гермізан, семезан, церезол тощо).

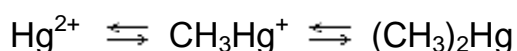
ОСР високотоксичні для всього живого. Вони відносяться до тіолових ядів, тобто є блокаторами HS-груп. Внаслідок наявності вуглеводного радикалу ртуть, що потрапила до живого організму, швидко надходить у багаті ліпідами органи і тканини, в тому числі і мозок. Внаслідок виникають зміни в центральній нервовій системі (ЦНС), серцево-судинній системі (ССС), печінці, нирках. А алкілртутні сполуки ще



викликають ембріотоксичний ефект. В крові ОСР знаходять дуже рідко, значно частіше їх знаходять у материнському грудному молоці [5].

Серед ОСР, які беруть участь у глобальному кругообігу речовин, особливе місце із-за високої токсичності посідають метилпохідні ртуті, що утворюються в природних умовах при метиліруванні неорганічної ртуті у водному середовищі. Похідні метилртуті, в основному, утворюються у товщі води та в осадах прісних і морських вод внаслідок біохімічних, хімічних і фотохімічних процесів. У звичайних умовах вміст ртуті незначний (поверхневі води –  $9,1 \cdot 10^{-4}$  мг/дм<sup>3</sup>, в океані -  $3 \cdot 10^{-3}$  мг/дм<sup>3</sup>) [17]. Мала концентрація пояснюється низьким кларком ртуті в літосфері та високою стійкістю кіноварі до окислення.

У воді ртуть зустрічається у формах Hg<sup>0</sup>, Hg(I), Hg(II). Якщо вода добре насичена киснем, то переважають Hg(II), у відновних умовах - Hg<sup>0</sup>. Концентрація іонних форм ртуті залежить від постійного протікання процесів гідроліза і комплексоутворення. Джерелом метильних груп є речовини, які присутні у воді та донних осадах, які під дією метаноутворюючих бактерій утворюють метилртуть:



У подальшому метилртуть включається у харчовий ланцюг за допомогою дифузій і стійкого зв'язування із білками гідрофауни, що сприяє кумуляції в тканинах хижих риб, які знаходяться на вершині водного харчового ланцюга. Висока ефективність засвоєння метилртуті живими організмами, а також низька швидкість її виведення є причиною накопичення цієї сполуки в рибах. Вищезазначена властивість відрізняє ртуть від інших важких металів, для яких типово зменшення концентрації в біоті у ряду: фітопланктон > мікрозоопланктон > макрзоопланктон > планктоїдні риби > хижі риби > ссавці. Для ртуті ця послідовність зворотня. Так, вміст у гідробіонтах Півн. Атлантики змінюється наступним чином (мг/кг): фітопланктон – 0,005; зоопланктон – 0,01; мальки риб – 0,01; дорослі планктоїдні риби – 0,1; кальмари – 0,24; акула – 0,17-0,7; тунець – 0,1-1,26; синій марлін – 0,35-4,0. Період полувидалення ртуті із риб оцінюється місяцями, а іноді – роками.

Ступінь токсичності метилртуті та її сполук у воді залежить від концентрації, часу дії, температури, вмісту розчиненого кисню, рН середовища, жорсткості води, комплексоутворювачів. Так, із підвищенням температури збільшується розчинність ОСР та токсичність; зменшення розчиненого кисню у воді також збільшує токсичність ОСР. Типовим

токсичним ефектом впливу метилртуті на фітопланктон є пригнічення фотосинтезу, росту тканини та старіння живих організмів. При вмісті у воді 10 мг/дм<sup>3</sup> ртуті вже через добу відбувається загибель гідрофлори. У зоопланктона виявлена пряма залежність концентрації ртуті в тілі водних безхребетних від її вмісту в донних відкладах. Метилртуть характеризується високим ембріотоксичним і тератогенним ефектом при дії на риб. Основні джерела надходження в організм людини: з харчовими продуктами, питною водою, лікарськими і косметичними препаратами; атмосферне повітря.

Безпечні дози Hg при їх надходженні в організм людини орієнтовно такі: в крові – 8 мкг/дм<sup>3</sup>, у сечі – 4 мкг/дм<sup>3</sup>, в плаценті – 10 мкг/г сирової маси.

### ***Контрольні запитання***

1. Назвіть основні фізико-хімічні особливості структури ОСО.
2. Джерела надходження ОСО у довкілля.
3. Охарактеризуйте токсичний ефект дії ОСО на природне середовище і здоров'я людини.
4. Як ви можете охарактеризувати органічні сполуки свинцю?
5. Де застосовують ОСР і як це впливає на забруднення довкілля?
6. З чим пов'язаний сильний негативний вплив ОСР на природне середовище?
7. Зробіть порівняння впливу на довкілля органічних сполук олова, свинцю, ртуті.

## *Лекція 10*

### **Функції природно-господарських екосистем (ПГЕ) різних типів та вимоги щодо нормалізації їх екологічних умов розвитку**

Невід'ємною умовою сталого розвитку природи і суспільства є безпека людини і навколишнього середовища, їх захищеність від впливу високотоксичних забруднювачів, які довгий час зберігаються у довкіллі. Саме пріоритетні екотоксиканти створюють потенційну можливість негативного впливу на людину, навколишнє середовище, соціально-економічні системи.

Важливість вимог природно-техногенної безпеки обумовлена не стільки необхідністю ліквідації наслідків техногенного впливу господарської діяльності людини, скільки потребою перспективного здійснення дієвих природоохоронних заходів і доцільністю економічних та

природних ресурсів (18). При розробці заходів стосовно попередження забруднення природних систем та їх самовідновлення в разі негативної дії екотоксикантів необхідно враховувати такі фактори:

- тип природно-антропогенних екосистем, де формується певний взаємозв'язок між біотичними, абіотичними та антропогенними чинниками;
- специфіку господарської діяльності, що обумовлює хід здійснення екологічної оцінки стану суб'єкта та об'єктів;
- просторово-часовий рівень впливу на ПАЕ, що призводить у кожному випадку до зміни екологічних показників природно-антропогенного ландшафту;
- ступінь стійкості ландшафтних систем, що є основою оцінки екологічної ситуації (стосовно ГДК, стану ландшафту тощо).

Тому методологічні принципи еколого-економічного підходу щодо природоохоронної діяльності ґрунтуються на критеріях сталого розвитку [19].

На рис. 4 представлені методологічні принципи оцінки екологічних ситуацій в ПАЕ.

Природоохоронні засоби забезпечення екологічно безпечного розвитку ПАЕ поділяються на дві категорії:

- 1) першочергові, які забезпечують нормалізацію екологічного стану довкілля за умов господарської діяльності на цей час (в більшості випадків – «боротьба» з негативними наслідками для навколишнього середовища виробничої діяльності тощо);
- 2) перспективні, які включають науково-технічну перебудову промислово-аграрного комплексу з метою виключення джерел забруднення біосфери або мінімізацію впливу полютантів (викиди, скиди, тверді відходи тощо) на довкілля.

І тому до першої категорії заходів відносять такі основні завдання:

- впровадження сучасних ресурсо- та енергозберігаючих технологій у виробництво, віддаючи пріоритет екологічній складовій проектів;
- утилізацію, вивезення та захоронення побутових та промислових відходів;
- виконання вимог промислової безпеки та екологічної культури на виробництві;
- посилення еколого-гігієнічного контролю.

Орієнтиром для розробки заходів можуть бути дані, які наведено у табл. 12.

Проведення робіт у такому напрямку буде сприяти збереженню екологічно безпечного розвитку природно-антропогенних екосистем.

Необхідність змін у природоохоронній діяльності можна показати на таких прикладах стану ПАЕ в Україні:

- 1) антропогенна перевантаженість території, зростання ризиків виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру (три випадки – за перший квартал 2011 р.);
- 2) високий рівень концентрацій небезпечних виробництв;
- 3) перевага у розвитку сировинно-видобувних екологічно небезпечних галузей;
- 4) використання застарілих технологій та зношеність основних фондів виробництв;
- 5) накопичення протягом десятиліть відходів, обсяги яких перевищують всі допустимі норми, неконтрольоване зростання санкціонованих і несанкціонованих звалищ навколо всіх населених пунктів тощо.

Так, наприклад, в Україні у 2010 році в промисловому комплексі зберігалися або використовувалися небезпечні хімічні речовини обсягом понад 358 тис. т. Усього в зонах потенційно можливого хімічного забруднення проживає 26% населення України. Найбільш небезпечними для довкілля та здоров'я людей є хвостові і шламосховища Криворіжжя, Дніпропетровщини, Донеччини, Стебника, Калуша [9].

Таким чином, негативні екологічні ситуації є наслідком техногенних впливів на суб'єкти та об'єкти довкілля, які постійно змінюються за умов ПАЕ.

Для збереження природних екосистем та життєвого середовища людини при розробці перспективних заходів слід взяти до уваги:

- розробку та впровадження біосфероощадних технологій з урахуванням асиміляційного потенціалу ПАЕ;
- узгодженість господарської діяльності людини із основними законами і принципами загальної екології;
- раціональне використання природних ресурсів, виключаючи їх виснаження;
- збереження ландшафтного і біологічного різноманіття;
- підтримання еколого-стабілізуючої ролі лісових насаджень для відновлення ПАЕ;
- підвищення адаптаційної здатності живих організмів, що забезпечують динамічну рівновагу у природних системах (за рахунок створення екологічних мереж тощо);

- проведення природоохоронних заходів на різних базових рівнях ПАЕ з урахуванням принципів стійкого розвитку природних і соціально-економічних систем.



Рис. 4. Методологічні підходи екологічної оцінки стану ПАЕ, на які діють суперекотоксиканти

**Функції природно-господарських екосистем (ПГЕ) різних типів  
та вимоги щодо нормалізації їх екологічних умов розвитку  
(Данилишин, 2001)**

Типи ПГЕ	Характерні об'єкти	Функції ПГЕ	Вимоги щодо екологічних умов
Селітебні (міста, селища)	Людина, міська інфраструктура (комунальні системи, транспорт та ін.)	Забезпечення безпечного екологічного і соціально-економічного середовища	Відповідність санітарно-гігієнічним, медико-біологічним, екологічним та естетичним нормам селітебних зон
Промислові зони	Промислові об'єкти	Забезпечення промисловими і продовольчими товарами, спорудами	Відповідність еколого-гігієнічним, санітарно-гігієнічним нормам промислових об'єктів
Рекреаційні зони	Людина (рекреант, турист), рекреаційна інфраструктура	Забезпечення відпочинку	Підвищення вимог щодо санітарно-гігієнічних, екологічних, медико-біологічних та естетичних норм
Агроландшафти	Сільськогосподарські культури	Забезпечення продуктами харчування, сировиною	Збереження такої якості середовища, яка забезпечує виробництво екологічно чистих продуктів харчування
Середовище-охоронні ліси	Ландшафт (еталонний)	Середовище-охоронні, ресурсо-охоронні	Збереження ландшафту у стані, близькому до природного
Заповідні території	Ландшафт (еталонний)	Збереження природного генофонду	Збереження природного екологічного фонду

## Список літератури

1. *Гончарук Е.И.* Общая гигиена / Е.И. Гончарук, Ю.И. Кундиев, А.П. Яворовский. – К.: Вища шк., 1999. – 652 с.
2. *Удод В.М.* Техноекологія / В.М. Удод, В.В. Трофімович, О.С. Волошкіна, О.М. Трофімчук. – К.: КНУБА МОНМС України ІТГІП НАН України, 2007. – 195 с.
3. *Трахтенберг И.М.* Очерки возрастной токсикологии / И.М. Трахтенберг. – К.: изд. дом «Авиценна», 2006. – 316 с.
4. *Химическая безопасность в Украине* (ежегодные чтения, посвященные памяти Е.И. Гончарука). – К.: изд. дом «Авиценна», 2007. – 71 с.
5. *Майстренко В.Н.* Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей / В.Н. Майстренко, Н.А. Клюев. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. – 323 с.
6. *Удод В.М.* Основы екотоксикології / В.М. Удод, В.В. Трофімович, О.С. Волошкіна. – К.: КНУБА, 2008. – 87 с.
7. *Васюков А.Е.* Химические аспекты экологической безопасности поверхностных водных объектов / А.Е. Васюков, А.Б. Бланк. – Харьков: Ин-т монокристаллов, 2007. – 255 с.
8. *Майстренко В.Н.* Эколого-аналитический контроль стойких органических загрязнений в окружающей среде / В.Н. Майстренко, Р.З. Хамитов, Г.К. Будников. – М.: Химия, 1998. – 319 с.
9. *Бандман А.Л.* Вредные химические вещества. Углеводороды, галогенпроизводные углеводородов / А.Л. Бандман, Г.А. Войтенко, Н.В. Волкова. – Л.: Химия, 1990. – 732 с.
10. *Ошин Л.А.* Промышленные хлорорганические продукты / Л.А. Ошин. – М.: Химия, 1978. – 654 с.
11. *Мельников Н.Н.* Пестициды. Химия, технология и применение / Н.Н. Мельников. – М.: Химия, 1978. – 712 с.
12. *Ровинский Ф.Я.* Фоновый мониторинг загрязнения экосистем суши хлорорганическими соединениями / Ф.Я. Ровинский. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 270 с.
13. *Ровинский Ф.Я.* Фоновый мониторинг полициклических ароматических углеводородов / Ф.Я. Ровинский. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 224 с.
14. *Клюев Н.А.* Диоксины в России / Н.А. Клюев. – М.: ЮНЕП, 2001. – 212 с.



15. *Амирова З.К.* Техногенное загрязнение экосистем промышленного региона дибензо-п-диоксинами и дибензофуранами. Автореф. диссерт. – Уфа, 1999. – 48 с.
16. *Ртуть: экологические аспекты применения (гигиенические критерии состояния окружающей среды).* – Женева: ВОЗ, 1993. – 124 с.
17. *Кузубова Л.И.* Метилртуть в окружающей среде / Л.И. Кузубова. – Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, 2000. – 82 с.
18. *Данилишин Б.М.* Природно-техногенні катастрофи: проблеми економічного аналізу та управління / Б.М. Данилишим. – К.: ЗАТ «Нічлава», 2001. – 260 с.
19. *Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2010 р.* – К.: тов. «Центр екологічної освіти та інформації», 2011. – 251 с.

Навчальне видання

**УДОД Віра Михайлівна  
ЯЦІВ Марина Юріївна**

**ПРІОРИТЕТНІ ЕКОТОКСИКАНТИ ТА ЇХ ВПЛИВ  
НА НАВКОЛИШНЄ ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ  
І ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ**

Конспект лекцій  
для студентів напряму підготовки  
6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища  
та збалансоване природокористування»

Редагування і коректура *Г.Є. Голіциної*  
Комп'ютерне верстання *Т.І. Кукарєвої*

Підписано до друку 2013. Формат 60 × 84 <sup>1/16</sup>  
Ум. друк. арк. 2,32. Обл.-вид. арк. 2,5.  
Тираж 50 прим. Вид. № 23/І-12. Зам. №

КНУБА, Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03680

E-mail: red-isdat@knuba.edu.ua

Надруковано в редакційно-видавничому відділі  
Київського національного університету будівництва і архітектури

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів  
Видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р.

