

# ЛЕКЦІЇ

УДК 504.03

Т.П. Гармаш

## БІОАКУМУЛЯЦІЯ ЯК ПРОЦЕС НАКОПИЧЕННЯ ТОКСИКАНТІВ В ОРГАНІЗМІ

Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка (м. Полтава)

Із позицій токсиколога, абіотичні та біотичні елементи того, що ми називаємо навколишнім середовищем, – усе це складні, часом особливо організовані агрегати, суміші незліченної кількості молекул. Для екоотоксикології інтерес становлять молекули, що характеризуються біодоступністю, тобто здатні взаємодіяти немеханічним шляхом із живими організмами. Як правило це сполуки, що перебувають у газоподібному або рідкому стані, у формі водних розчинів, адсорбовані на ґрунті й різних поверхнях, тверді речовини, але у вигляді дрібного дисперсного пилу (розмір часток менше 50 мкм), також речовини, що надходять в організм із їжею. Частина біодоступних сполук утилізується організмами, беручи участь у процесах їх пластичного й енергетичного обміну з навколишнім середовищем, тобто виступають як ресурси середовища існування. Інші ж, надходячи в організм тварин і рослин, не використовуються як джерела енергії чи пластичний матеріал, але, діючи у певних дозах і концентраціях, здатні істотно модифікувати плин нормальних фізіологічних процесів. Тут маємо справу із ксенобіотиками [3, 5].

*Сукупність чужорідних речовин*, які містяться у навколишньому середовищі (воді, ґрунті, повітрі й живих організмах) у формі (агрегатному стані), що дозволяє їм вступати у хімічні й фізико-хімічні взаємодії з біологічними об'єктами екосистеми, *складає ксенобіотичний профіль біогеоценозу* [3, 4]. Ксенобіотичний профіль розглядають як один із найважливіших факторів зовнішнього середовища (поряд із температурою, освітленістю, вологістю, трофічними умовами і т.д.), що може бути визначений якісними й кількісними характеристиками. Хімічні речовини, фіксовані у твердих об'єктах (скельні породи, тверді промислові вироби, скло, пластмаса та ін.), не характеризуються біодоступністю. Їх

розглядають як можливі джерела формування ксенобіотичного профілю.

Ксенобіотичні профілі середовища, що сформувалися у ході еволюційних процесів, які мільйони років відбувалися на планеті, називають природними ксенобіотичними профілями. Вони різні у різних регіонах Землі. Біоценози, що існують у цих регіонах (біотопах), певною мірою адаптовані до відповідних природних ксенобіотичних профілів. Різні природні колізії, а також господарська діяльність людини часом істотно змінюють природний ксенобіотичний профіль багатьох регіонів (особливо урбанізованих). *Хімічні речовини*, що накопичуються в середовищі у невластивих кількостях і є причиною змін природного ксенобіотичного профілю, *виступають у якості екополютантів*. Екополютант, який накопичився в середовищі у кількості, достатній для ініціації токсичного процесу у біоценозі (на будь-якому рівні організації живої матерії), може бути визначений як *екотоксикант*.

Врахуємо й те, що зміна ксенобіотичного профілю може бути наслідком надлишкового накопичення у середовищі одного або кількох екополютантів.

Одним із найскладніших практичних завдань екоотоксикології є визначення кількісних параметрів, за яких екополютант трансформується в екотоксикант. При вирішенні цього завдання необхідно враховувати, що в реальних умовах на біоценоз діє весь ксенобіотичний профіль середовища, модифікуючи при цьому біологічну активність окремого полютанта. Тому в різних регіонах у зв'язку з різними ксенобіотичними профілями, різними біоценозами кількісні параметри трансформації полютанта в екотоксикант різні [3, 4].

*Розділ екоотоксикології*, який вивчає поведінку ксенобіотиків (екополютантів) у навколишньому середовищі: джерела їх появи,

розподіл в абіотичних та біотичних елементах навколишнього середовища, перетворення ксенобіотика у середовищі існування, елімінацію з навколишнього середовища, *називається екотоксикокінетикою*.

Виверження попелу і газів вулканами, лісові і степові пожежі, насичені солями морські бризки і тумани, пил з еродованих ґрунтів і тонкий пісок пустель, рослинний пилок, мікроорганізми, виділення тварин, а також космічний пил *відносяться до природних джерел забруднення атмосфери*. У зонах інтенсивних пилових забруднень виникає ряд специфічних захворювань. Серед інших до них відносять силікоз і асбестоз, що пов'язане зі зміною тканин легенів. Найдрібніші частинки металів або іони металів можуть стати причиною утворення в крові токсичних продуктів біохімічних реакцій. Отже, до числа природних джерел біодоступних ксенобіотиків відносять: перенесені вітром частки пилу, аерозоль морської солі, вулканічну діяльність, лісові пожежі, біогенні частки, біогенні леткі речовини. *Інше джерело ксенобіотиків, значення якого неухильно зростає, – діяльність людини*.

Найважливішим елементом екотоксичної характеристики поллютантів є *ідентифікація джерел* [3, 5]. Вирішити це завдання не просто, тому що часом речовина надходить у середовище у незначних кількостях, іноді у вигляді домішок до цілком безпечних субстанцій. Утворення екополютанту у навколишньому середовищі можливе внаслідок абіотичних або біотичних трансформацій інших речовин.

Багато ксенобіотиків, потрапивши у повітря, ґрунт, воду, завдають мінімальної шкоди екосистемам, оскільки час їх впливу може бути незначним. *Речовини, які виявляються резистентними до процесів руйнування і внаслідок цього тривало перебувають у навколишньому середовищі, як правило, є потенційно небезпечними екотоксикантами*. Абсолютно зрозуміло, що постійний викид у навколишнє середовище небезпечних речовин веде до їх накопичення, перетворення в екотоксиканти для найбільш уразливої (чутливої) ланки біосистеми. Для них характерною є здатність зберігатися ще тривалий час навіть після припинення викиду. До таких речовин відносять важкі метали (свинець, мідь, цинк, нікель, кадмій, кобальт, сурма, ртуть, миш'як, хром), поліциклічні полігалогеновані вуглеводні (поліхлоровані дібензодіоксини та дібензофурані, поліхлоровані біфеніли і т.д.), деякі хлорорганічні пестициди (ДДТ, гексахлоран, алдрин, ліндан тощо) та багато інших речовин [1, 2].

Якщо забруднювальна навколишнє середовище речовина не може потрапити в ор-

ганізм, то як правило вона не становить для нього істотної небезпеки. Однак, потрапивши у внутрішнє середовище, ксенобіотики здатні накопичуватися у тканинах.

*Процес накопичення організмами токсикантів*, що надходять з абіотичної фази (води, ґрунту, повітря) та їжі (трофічна передача), носить назву *біоаккумуляція* [3, 4]. Наслідком біоаккумуляції можуть бути згубні явища як для самого організму (*накопичення до високої концентрації у критичних тканинах*), так і для організмів, що використовують даний біологічний вид як продукт харчування. Найкращі умови для біоаккумуляції забезпечує водне середовище. Тут живуть міриади водних організмів, що фільтрують, пропускають через себе величезну кількість води, екстрагуючи при цьому токсиканти, здатні до кумуляції. Гідробіоти накопичують речовини у концентраціях, часом у тисячі разів більших, ніж у воді [3].

Здатність екотоксикантів до біоаккумуляції залежить від низки факторів. Ступінь накопичення речовини в організмі, у кінцевому результаті, визначається його вмістом у середовищі. Отже, перш за все виокремимо *персистування* – перебування ксенобіотика у середовищі. Речовини, котрі швидко елімінують, у цілому слабо накопичуються в організмі. Винятком є умови, за яких полютант постійно надходить у навколишнє середовище (райони біля виробництв). Так, синільна кислота, хоча й токсична сполука, внаслідок високої леткості не є, на думку багатьох фахівців, потенційно небезпечним екополютантом. Щоправда, дотепер не вдалося повністю виключити, що деякі види захворювань не пов'язані з хронічною дією даної речовини [3].

Найбільшою здатністю до біоаккумуляції характеризуються жиророзчинні (*ліпофільні*) речовини, що повільно метаболізують в організмі. Жирова тканина, як правило, – основне місце тривалого депонування ксенобіотиків. Так, через багато років після застосування високий вміст ТХДД виявляли у жировій тканині й плазмі крові ветеранів армії США, учасників в'єтнамської війни. Однак велика кількість ліпофільних речовин здатна до сорбції на поверхнях різних часток, що осідають із води й повітря, саме це знижує їхню біодоступність. Біоаккумуляція може покладатися в основу не лише хронічних, але й віддалених гострих токсичних ефектів. Швидка втрата жиру, у якому накопичений великий об'єм речовини, спричиняє вихід токсиканта у кров. Стійкі полютанти можуть також передаватися нащадкам; у птахів і риб – із вмістом жовтого мішка (*жовточний мішок є тимчасовим ембріональним органом і виконує функцію живлення ембріо-*

на), у ссавців – із молоком матері. При цьому можливий розвиток у нащадків таких ефектів, котрі не виявляються у батьків.

Хімічні речовини можуть пересуватися харчовими ланцюгами від організмів-жертв до організмів-консументів. Для високоліпofільних речовин це пересування може супроводжуватися збільшенням концентрації токсиканта у тканинах кожного наступного організму із ланки харчового ланцюга. Процес носить назву *біомагніфікація* [3]. Серед багатьох прикладів візьмемо такий: для знищення комарів на одному з каліфорнійських озер використали ДДТ. Після обробки вміст пестициду у воді склав 0,02 частини на мільйон (ppm). Через деякий час у планктоні ДДТ визначався у концентрації 10 ppm, у тканинах планктоноїдних риб – 900 ppm, риб-хижаків – 2700 ppm, птахів, що поїдали рибу, – 21000 ppm. Тобто, вміст ДДТ у тканинах птахів, які не піддавалися прямій дії пестициду, був у 1 000 000 разів вищим, ніж у воді, і у 20 разів вищим, ніж в організмі риби – першій ланці у харчовому ланцюгу.

Загалом зазначимо: після надходження речовин в організм їх *доля визначається токсикокінетичними процесами. Токсикокінетика* – розділ токсикології, у рамках якого вивчаються закономірності, а також якісні й кількісні характеристики резорбції, розподілу, біотрансформації ксенобіотиків в організмі та їх елімінації [3]. Із позицій токсикокінетики, організм являє собою складну гетерогенну систему, яка складається із великої кількості відділів: кров, тканини,

позаклітинна рідина, внутрішньоклітинний вміст, гістогематичні бар'єри, покривні тканини. Кінетика речовин в організмі – це, за своєю сутністю, подолання речовинами біологічних бар'єрів і розподіл між компарамен-тами – відділами. Під час надходження, розподілу, видалення речовини відбуваються процеси перемішування, розчину в біосередовищах, дифузії, осмосу, фільтрації через біологічні бар'єри. Конкретні характеристики токсикокінетики визначаються як властивостями самої речовини, так і структурно-функціональними особливостями організму.

Дії екотоксикантів на людину можуть бути найрізноманітнішими і за певних рівнів інтенсивності – досить специфічними для діючого фактора. У більшості випадків екотоксиколог стикається із випадками саме хронічної екотоксичності. По суті, хронічний вплив екополютантів – основна проблема екології [3, 4].

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Білявський Г.О. Основи загальної екології: Підручник / Г.О. Білявський, М.М. Падун, Р.С. Фурдуй. – К.: Либідь, 1993. – 304 с.
2. Білявський Г.О. Основи екології: Підручник / Г.О. Білявський, Р.С. Фурдуй, І.Ю. Костіков. – 2-ге вид. – К.: Либідь, 2005. – 408 с.
3. Куценко С.А. Основы токсикологии: Научно-методическое издание / С.А. Куценко. – СПб.: ООО «Издательство Фолиант», 2004. – 720 с.: ил.
4. Экоотоксикология / [Головко А.И., Куценко С.А., Ивницкий Ю.Ю. и др.]. – СПб.: НИИХВ СПбГУ, 1999. – 124 с.
5. Экологическая токсикология: Учебное пособие / [Туряница И.М., Пашенко А.Е., Фабри З.И., Самойленко А.А. и др.]. – Ужгород: Издание Ужгородского университета, 1997. – 223 с.

#### УДК 504.03

##### БИОАККУМУЛЯЦИЯ КАК ПРОЦЕСС НАКОПЛЕНИЯ ТОКСИКАНТОВ В ОРГАНИЗМЕ Гармаш Т.П.

**Резюме.** Рассмотрены вопросы формирования ксенобиотического профиля биогеноценоза и накопления токсикантов в живых организмах.

Действия экотоксикантов на человека могут быть самыми разнообразными и при определенных уровнях интенсивности - достаточно специфическими для действующего фактора. В большинстве случаев экотоксиколог сталкивается со случаями именно хронической экотоксичности. В сущности, хроническое влияние экополлютантов - основная проблема экологии.

**Ключевые слова:** ксенобиотический профиль, экополлютант, экология.

#### UDC 504.03

##### BIOACCUMULATION as PROCESS of ACCUMULATION TOXYCANT'S in the ORGANISM Garmash T.P.

**Summary.** Questions of formation xenobyothic structure byogeocenosis and accumulation toxycant's in alive organisms are considered.

Actions ecotoxycant's on the person can be the diversified and at the certain levels of intensity - specific enough to the operating factor.

In most cases ecotoxycologist collides with cases chronic ecotoxycological. In effect, chronic influence ecopolutant's - the basic problem of ecology.

**Key words:** xenobyothic structure, ecopolutant, ecology.

*Стаття надійшла 19.04.2010 р.*