

*Тема 6: «Криміналістична  
експертиза токсичних шкідливих  
речовин»*

курс «Криміналістична експертиза»  
Кафедра хімії

- **Токсикологія** (від гр. toxikon - отрута і logos - вчення) - це наука, яка вивчає властивості отруйних речовин та патологічні зміни в організмі, спричинені ними.
- **Токсикологія** також вивчає ефективні методи та засоби виявлення токсикантів, а також методи профілактики отруєнь.

- Історично підґрунтям сучасної токсикології була судова хімія.
- На початку ХХ ст. І. Гадамар розглядав токсикологію як науку, яка складається з двох частин, а саме - медико-фізіологічну частину та власне хімічну токсикологію.
- З іншого боку, інколи ототожнюють поняття “Токсикологічна хімія” і поняття “Хіміко-токсикологічний аналіз”.
- Хіміко-токсикологічний аналіз є сукупністю науково обґрунтованих методів, які застосовуються на практиці для виділення, ідентифікації та кількісного визначення токсичних речовин. Безумовно, він є одною з основних складових сучасної токсикології.

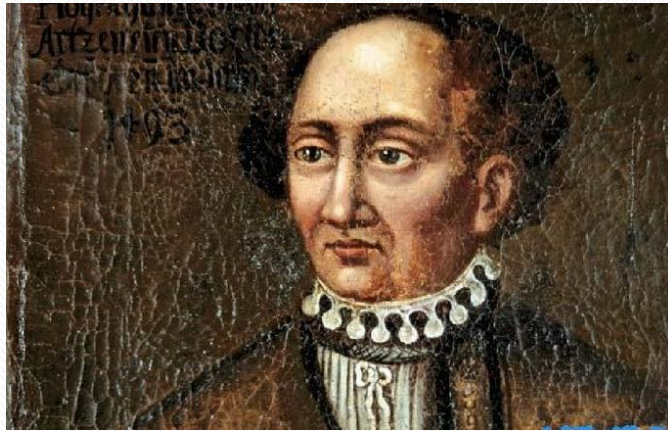
Отруєння токсичними речовинами вивчаються з погляду *токсикодинаміки* та *токсикокінетики*. Під терміном “токсикодинаміка” розуміють механізм дії токсичних речовин на організм. Токсикокінетика вивчає процеси, які відбуваються з отруйними речовинами в організмі (їх всмоктування, розподіл, перетворення отруйних речовин в організмі, виділення з організму тощо).

- **Отрута (токсикант)** - це сполука, яка спричиняє випадковий або навмисний, шкідливий вплив на живий організм.
- ***Отрута - це кількісне поняття.***
- Практично кожна речовина є шкідливою в певній дозі, водночас вона може не шкодити організму за дещо нижчого дозування. Між цими двома межами є діапазон можливих ефектів отруєння від довготривалого хронічного отруєння до безпосереднього летального отруєння.
- Токсичність речовини (токсиканту) визначається її хімічними властивостями, контрольованим дозуванням та біологічними особливостями живих організмів.

## ***Класифікація токсикантів за механізмами дії:***

- ***Канцерогени*** - це сполуки, що призводять до трансформації (перетворення) клітин із звичайних у ракові.
- ***Тератогени*** - це сполуки, що шкідливо впливають на ріст плоду та розвиток його клітин.
- ***Мутагени*** - це сполуки, які впливають на генетичний матеріал клітин і зумовлюють спадковість цих впливів.
- ***Токсиканти*** органів - це сполуки, що найбільше впливають на функції окремих органів та систем організму (нефротоксиканти, гепатотоксиканти, нейротоксиканти тощо).

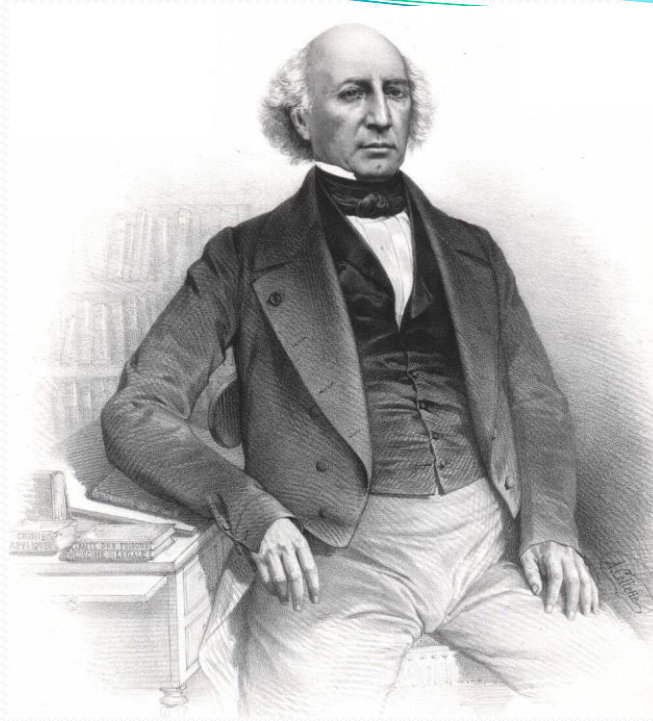
# Основні етапи історії токсикології



*Парацельс* (1493-1541) перший сформулював основи розвитку сучасної токсикології. Саме він встановив важливість дозування речовин як ліків і створив концепцію дозування.

Йому належить відоме твердження: “Всі речовини є отрутами. Немає нічого, що не є отрутою”. Саме правильним (оптимальним) дозуванням ліки відрізняються від отрути. Парацельс також першим вказав на обов’язковість експериментування при визначенні доз речовин як ліків.





*Метью Джозеф Бонавентура Орфіла –  
видатний судовий медик та хірург (1787-1853).  
Його вважають батьком сучасної токсикології.  
Саме він ідентифікував токсикологію як окрему  
науку.*





Епохальним відкриттям у токсикології стало відкриття англійського хіміка Джеймса Марша в 1836 році методу кількісного визначення арсену в організмі.

# Поняття про основні небезпеки отруєння харчового походження

Небезпека отруєння харчового походження, за Г.Робертсом, класифікується на декілька основних груп:

- Небезпека отруєнь, яка пов'язана з забрудненням навколишнього середовища.
- Небезпека отруєнь сполуками природного походження.
- Небезпека отруєнь токсикантами мікробного походження.
- Небезпека отруєнь, яка пов'язана з дисбалансом харчових речовин.
- Небезпека отруєнь харчовими добавками.

## ***Небезпека отруєнь, пов'язана із забрудненням навколишнього середовища***

Небезпека, пов'язана із забрудненням навколишнього середовища, зумовлена тим, що воно накопичує різноманітні шкідливі забруднювачі, а саме метали та їхні металоорганічні сполуки: арсен, меркурій, кадмій, плюмбум, станум тощо, а також шкідливі органічні сполуки: поліхлородифеніли, пестициди тощо. Токсиканти, які знаходяться у навколишньому середовищі, є достатньо стабільними. Вони мігрують у навколишньому середовищі та мають тенденцію до біоаккумуляції в природному харчовому ланцюзі та можуть біотрансформуватися у більш токсичні речовини.

## **Небезпека отруєнь сполуками природного походження**

Багато сполук природного походження, які містяться в харчових продуктах, можуть бути віднесені до груп сполук мікробного походження, зокрема до груп токсикантів - “звичайних” метаболітів рослинної сировини.

Серед них є сполуки, які можуть викликати гострі та хронічні отруєння. Ці сполуки доволі часто зустрічаються в продуктах рослинного походження, а саме, від оксалатів у шпинаті до глікоалкалоїдів у картоплі.

Іншими важливими забруднювачами природного походження є піролізидинові алкалоїди та паралітичні отрути панцирних.

## ***Небезпека отруєнь токсикантами мікробного походження***

Дія збудників хвороб зумовлена токсичними метаболітами, які утворюються при розвитку мікроорганізмів у харчовому продукті до його використання (наприклад, стафілококове харчове отруєння та ботулізм). Шкідлива дія токсичних метаболітів може бути обумовлена споживанням продуктів, які містять живі мікроорганізми (наприклад, сальмонели). У багатьох випадках такі живі мікроорганізми утворюють спори в травному тракті та виділяють токсини (наприклад, інтоксикація через *Clostridium perfringens*).

Ботулічний токсин є дуже сильним токсикантом для людини, особливо при оральному прийманні; смертельна доза дорівнює 0,1-1,0 мкг.

## ***Небезпека отруєнь, пов'язана з дисбалансом харчових речовин***

Небезпеку отруєнь, пов'язану з дисбалансом харчових речовин, можна розглядати з погляду нестачі або надлишку поживних речовин. Дефіцит поживних речовин викликає такі захворювання, як цинга, рахіт, “базедова хвороба” тощо. Відомо, що надлишок деяких харчових речовин, насамперед жиророзчинних вітамінів, а також деяких мікроелементів, є токсичним. Сучасними дослідженнями встановлено, що надлишок в організмі людини вітамінів, мікроелементів та інших речовин є, безумовно, токсичним.

## *Небезпека отруєнь харчовими добавками*

Цей клас речовин складається з понад 2000 прямих та близько 1000 непрямих добавок. Деякі вчені до цієї категорії вводять декілька сот лікарських препаратів, які входять до раціону сільськогосподарських тварин. Слід зазначити, що більшість прямих харчових добавок належить до так званих GRAS-речовин (generally recognized as safe). GRAS-речовини - це загальновизнані безпечні речовини, наприклад, сіль та деякі спеції, які використовують протягом тисячоліть.

Аналіз списку GRAS-речовин підтверджує, що 90 % з них не мають небезпеки отруєння при використанні людиною.



## Криміналістична токсикологія

- Судова (криміналістична) токсикологія фокусується на медико-правових аспектах хімічного впливу та токсичної травми.
- Судовий токсиколог повинен враховувати контекст розслідування, зокрема, будь-які фізичні симптоми, що реєструються, та будь-які зібрані докази на місці злочину, що може звузити обшук, наприклад, пляшки з таблетками, порошки, залишки слідів та будь-які доступні хімічні речовини.
- Основною проблемою судової токсикології є не юридичний результат токсикологічного дослідження, а скоріше технологія та методи для отримання та інтерпретації результатів.

## Важливі чинники:

- Доза робить отруту.
- Концентрація хімічної речовини.
- Поріг, необхідний для здійснення певного ефекту.
- Як відбувається взаємодія.
- Які фактори є важливими у кожному сценарії впливу.

## **Зразки для аналізу в криміналістичній токсикології:**

- Сеча.
- Кров.
- Зразок волосся.
- Оральна рідина (слина).
- Інші рідини в організмі.
- Інші зразки.

## Сеча

- Поширене серед тестування на лікарські препарати для працівників та спортсменів.
- Зразок сечі є швидким та простим для живого суб'єкта.
- Прикладом цього є ТНС – основна психоактивна речовина, що міститься в рослинах конопель з канабіноїду. Наприклад: вживання марихуани, яке можна виявити в сечі протягом 14 днів після використання.

## Кров

- Зразок крові: 10 см<sup>3</sup> зазвичай достатньо для скринінгу та підтвердження більшості поширених токсичних речовин.
- Зразок крові надає токсикологу профіль речовини, на яку суб'єкт впливав під час збору; з цієї причини цей зразок обирають для вимірювання вмісту алкоголю в крові.
- Аналіз крові найчастіше використовується як метрика пияцтва для юридичних або медичних цілей у справах водіння у нетверезому стані.

## Зразок волосся

- Волосся здатне реєструвати середні або довгострокові або високі дози зловживання шкідливими лікарськими речовинами.
- Хімічні речовини, що потрапляють у кров, можуть переноситися на зростаюче волосся і зберігатися у фолікулі, забезпечуючи приблизну хронологію події прийому шкідливих речовин.
- Волосся на голові росте зі швидкістю приблизно від 1 до 1,5 см на місяць, тому перерізи різних ділянок фолікула можуть дати оцінку щодо того, коли речовина потрапила всередину.

## Оральна рідина (слина)

- Застосування оральної рідини набуває важливого значення в судовій токсикології для демонстрування недавнього вживання лікарських препаратів, наприклад, в клінічних умовах або при дослідженні водіння під впливом речовин.
- Оральна рідина є правильним терміном, однак слина використовується часто.
- Оральна рідина складається з багатьох компонентів і концентрацій шкідливих речовин, як правило, паралельні тим, що містяться в крові. Іноді згадується як ультрафільтрат крові, коли ліки переходять у ротову рідину переважно через процес, відомий як пасивна дифузія.
- Наркотики та фармацевтичні препарати, які зв'язуються з кров'ю з високим вмістом білка мають нижчу концентрацію в ротовій рідині.



## Інші рідини в організмі

- Інші тілесні рідини та органи можуть надавати зразки, особливо зразки, відібрані під час розтину.
- Загальним зразком розтину є шлунковий вміст померлого, що може бути корисним для виявлення неперетравлених таблеток або рідин, які потрапили в організм перед смертю.
- У сильно розкладених тілах традиційні зразки вже можуть бути більше не доступні.
- Склоподібне тіло з ока може використовуватися як волокнистий шар очного яблука та очниці черепа, що захищає зразок від травми та фальсифікації.
- Іншими загальними органами, що використовуються для токсикології, є мозок, печінка, селезінка і вміст шлунку.

## Інші зразки

- Личинки та інші організми, які могли потрапити в організм з предметами, можна також проковтнути будь-яку токсичну речовину.
- Ентомотоксикологія – це аналіз токсинів членистоногих (переважно мухи і жуки), які харчуються падаллю. Використовуючи членистоногих у трупі або на місці злочину, слідчі можуть визначити, чи були токсини в тілі на момент смерті. Ця техніка є значним прогресом у криміналістичній експертизі; раніше такі визначення були неможливі у випадку сильно розкладеного тіла.

Наявність отрути повинна бути доведена в крові та органах, перш ніж це може бути причиною смерті.

Існує чотири стадії будь-якого токсикологічного обстеження:

- Виявлення будь-яких лікарських препаратів або отрут у зразках, поданих за допомогою процедури скринінгу.
- Ідентифікація: визначити остаточно будь-які наявні наркотики, метаболіти або отрути за допомогою конкретних відповідних фізико-хімічних випробувань.
- Кількісна оцінка: точна кількісна оцінка ліків, метаболітів або отрут.
- Інтерпретація.

## **Виявлення ліків та фармацевтичних препаратів у біологічних зразках:**

- Первинний скринінг, а потім підтвердження сполуки.
- Включення кількісного визначення сполук.
- Скринінг.
- Підтвердження зазвичай, але не обов'язково, здійснюється за допомогою різних аналітичних методів.

## Час тестування

- Вибір методу тестування сильно залежить від того, якого типу речовина, яку передбачається знайти, і матеріал, на якому проводиться тестування.
- Біологічні зразки складніше аналізувати через такі фактори як ефект матриці та метаболізм, кон'югація цільової сполуки.

## Застосування приладів

- Газова хроматографія особливо корисна при дослідженні летких органічних речовин.
- Виявлення металів: тест Рейнша, емісійна спектроскопія або рентгенодифракція.
- Сполуки, у яких міститься метал, традиційно аналізуються руйнуванням органічного матриксу хімічним або термічним окисненням. Це залишає метал для ідентифікації та кількісної оцінки в неорганічному залишку.

## Методи скринінгу

- Тонкошарова хроматографія, газорідинна хроматографія та імуноаналіз.
- Для повної юридичної ідентифікації зазвичай проводиться другий підтверджуючий тест.
- Сьогодні тенденцією є використання тандему рідинної хроматографії та спектрометрії, якій передувала обробка зразків у вигляді рідина-рідинна екстракція або твердофазна екстракція.





**Дякую за увагу!**