

ВИДИ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ ТОКСИЧНИХ ХІМІКАТІВ

Види токсичних хімічних речовин

Під час життєдіяльності між організмом людини і навколишнім середовищем, а також всередині самого організму відбувається обмін речовинами. Найбільш важливу роль в цьому процесі відіграють ферменти – біологічні каталізатори, які спроможні в найменшій кількості керувати хімічними та біологічними процесами в живому організмі. Деякі хімічні речовини спроможні вибірково взаємодіяти саме з ферментами, що призводить до гальмування або взагалі припиненню низки життєво важливих функцій організму. Пригнічення тих або інших ферментних систем зумовлює загальне ураження організму, або навіть його загибель. Саме такі речовини можна віднести до токсичних речовин або отрут.

Токсичний хімікат – будь-яка речовина, яка за рахунок свого хімічного впливу на життєві процеси може мати смертельний наслідок, призводити до тимчасової непрацездатності або заподіяти довготривалу шкоду людям чи тваринам.

Токсичними можуть бути будь-які хімічні речовини незалежно від їх походження або способу виробництва.

Протягом свого життя людина постійно стикається з великою кількістю шкідливих речовин, які можуть викликати різні види захворювань, розлади здоров'я, а також травми як у момент контакту, так і через певний проміжок часу.

Небезпека токсичних хімікатів зумовлена:

- хімічною небезпекою (корозійна активність, реакційна здатність);
- фізичною небезпекою (займистість, вибухонебезпека);
- медико-біологічними небезпеками (канцерогенний та мутагенний вплив, репродуктивні небезпеки, вплив на легені або кров).

Токсичні хімічні речовини залежно від їх практичного використання можна поділити на:

- **промислові токсичні речовини**, які використовуються у виробництві (розчинники, барвники, ртуть, свинець, ароматичні сполуки тощо);
- **отрутохімікати**, що використовуються у сільському господарстві для боротьби з бур'янами та гризунами (гербіциди, пестициди);
- **лікарські препарати**;
- хімічні **речовини побуту**, які використовують як харчові добавки, засоби санітарії, особистої гігієни, косметичні засоби;
- **бойові отруйні речовини**, що є основою хімічної зброї.

Токсичні промислові речовини (ТПР) – хімічні небезпечні речовини з легальним промисловим застосуванням, що можуть внаслідок порушення правил техніки безпеки, аварій на об'єктах чи руйнування транспортних ємностей викликати гостре або хронічне токсичне ураження людей (масове ураження населення).

До найбільш поширених промислових токсичних хімікатів, що наявні у великій кількості у промисловості, сільському господарстві та на транспорті, відносять такі речовини як хлор, аміак, фосген, мінеральні кислоти (синильна, соляна, нітратна чи сульфатна кислоти), пестициди, розчинники, оксиди азоту, сірчаний ангідрид тощо.

Аварійні витoki таких речовин являють серйозну небезпеку для населення, адже забруднене повітря вражає органи дихання, а також очі, шкіру та інші органи.

Бойові отруйні речовини (БОР) – токсичні хімічні сполуки, які можуть бути застосовані як основні компоненти хімічної зброї для масового ураження людей (живої сили), забруднення території, озброєння, військової техніки та обмундирування.

Потрібно звернути увагу, що одні й ті самі речовини можуть бути використані і як бойові отруйні агенти і як промислові матеріали. Це так звані *речовини подвійного використання*.

Аміак є одним з найбільш часто використовуваних агентів у сучасній хімічній промисловості, його можна використовувати для виробництва добрив, його можна знайти на підприємствах, де необхідно зберігати значну кількість охолоджених продуктів. У разі аварійного витoku ця речовина становить значну загрозу здоров'ю та життю людей.

Сучасна промисловість і комунальне господарство широко використовують хлор, зокрема як дезінфікуючий засіб, а також у виробництві фарб та фармацевтичних препаратів. У разі розливу це становить значну загрозу здоров'ю та життю людей.

Азотна кислота є одним з найважливіших продуктів хімічної промисловості. Виробляється у дуже великих кількостях і широко використовується як у кольоровій металургії, так і для виробництва азотних добрив, пластмас, органічних барвників та лікарських речовин. У разі неконтрольованого викиду речовина становить велику загрозу здоров'ю та життю людей.

Ртуть широко використовується в медицині, електротехніці та металургії. Однак пари ртуті надзвичайно шкідливі для всіх форм життя.

Товари та *технології подвійного використання* стосуються тих, що придатні або були розроблені для використання в мирних і законних цивільних чи комерційних цілях, але також потенційно можуть бути застосовані у розробці або вдосконаленні програм зброї, включаючи ЗМУ.

Подвійне використання стосується не лише певних хімічних речовин (наприклад, диметилфосфонату, тіодигліколю або трихлориду миш'яку), а й певних біологічних агентів, які мають біотерористичний потенціал.

Конвенція про заборону хімічної зброї вимагає декларацій та інспекцій промислових об'єктів, які виробляють, переробляють або споживають певні хімічні речовини подвійного використання та інші хімічні речовини в кількості, що перевищує встановлені пороги. Конкретні вимоги та процедури відрізняються залежно від ризику, який представляє хімічна речовина. Залежно від ступеня цього ризику та

масштабів їх комерційного застосування хімічні речовини поділяються на три так звані Списки, які є невід'ємною частиною Конвенції.

Кожен із трьох Списків містить перелік токсичних хімікатів і прекурсорів із відповідними Реєстраційними номерами списку Chemical Abstracts Service (CAS). Організація із заборони хімічної зброї (ОЗХЗ) підтримує на своєму веб-сайті базу даних із приблизно 32 000 зазначених хімічних речовин, що є невеликою частиною всіх можливих зазначених хімічних речовин.

Хімікати Списку 1 – це хімікати, які розроблялися, вироблялися, накопичувалися або застосовувалися як хімічна зброя і являють собою високий ризик. Такі речовини не використовуються у промисловості. Цей Список включає люїзит, сірчистий і азотистий іприт, а також всі ОР нервово-паралітичної дії. У Список 1 включені також рицин та сакситоксин. Після набуття чинності КХО хімікати Списку 1 більше не будуть вироблятися.

Хімікати Списку 2 – це хімікати, деякі з яких є прекурсорами хімікатів Списку 1 і які розглядаються як такі, що становлять значний ризик для предмета та цілей Конвенції. Такі речовини мають деяке промислове використання.

Хімікати Списку 3 вважаються такими, що представляють певний ризик через свою токсичність. Вони знаходять широке застосування в хімічній промисловості і можуть вироблятися у великих кількостях у комерційних цілях для незаборонених Конвенцією цілей.

Відповідно, хімічна зброя поділяється на Категорії 1, 2 і 3. Категорія 1 включає хімічну зброю на основі хімікатів Списку 1. Категорія 2 включає хімічну зброю на основі всіх інших хімікатів, крім хімікатів Списку 1, і його частини і компоненти. До Категорії 3 належать неспоряджені боєприпаси та підричники.

Велике значення мають **фізичні, хімічні та токсикологічні властивості** токсичних речовин, бо це визначає шляхи і методи поширення НХР, їх поведінку у перші хвилини надходження у навколишнє середовище, стійкість токсикантів до дії різних зовнішніх чинників, механізм впливу на організм людини, можливість індикації, деконтамінації та утилізації.

Такі **фізичні характеристики** як агрегатний стан, летючість, густина пари, теплоємність, температури кипіння і плавлення, розчинність небезпечних хімічних речовин зумовлюють швидкість їх випаровування, поширення і розміри зони хімічного забруднення, час зберігання вражаючих концентрацій у навколишньому середовищі.

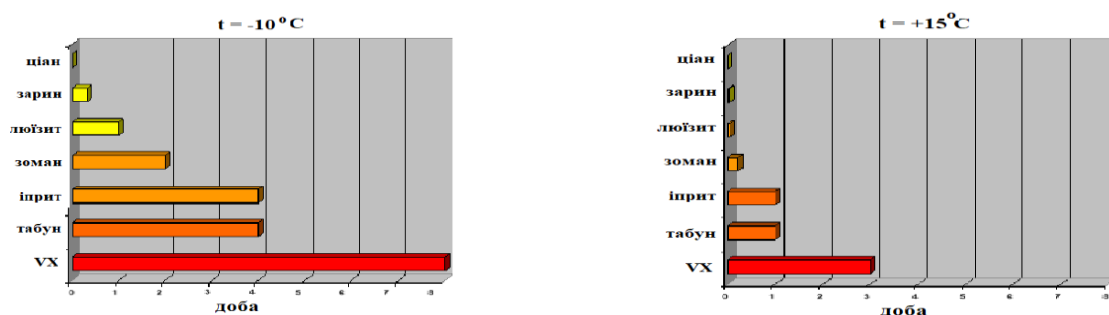
Саме фізичні властивості визначають можливість і спосіб застосування речовини як засобів масового ураження, діапазон дії, способи зберігання, транспортування, виявлення, знезараження, захисту. Токсичні речовини за звичайних умов можуть перебувати в різних агрегатних станах залежно від їх температури плавлення і температури кипіння. Низька температура плавлення означає, що токсична речовина як засіб масового ураження може використовуватися за різних метеорологічних умов. Якщо

температура плавлення достатньо висока, то речовина буде небезпечною за умови використання її у вигляді аерозолю.

За певних умов рідини можуть перетворюватися у пару і створювати концентрації у повітрі, що є небезпечними для людей. Летючість визначає швидкість випаровування речовин у навколишньому середовищі і залежить від пружності пари та температури кипіння речовини. Чим більша летючість речовини, тим вища її концентрація у повітрі.

Чим вища температура кипіння речовини, тим повільніше вона випаровується, а небезпеку така речовина представляє у стані аерозолю (за умови розпилення).

На процес випаровування впливають також зовнішні фактори, такі як температура навколишнього середовища і наявність вітру. За умови збільшення температури речовини на 20-30 С її летючість збільшується приблизно у 2 рази.



Стійкість речовини можна охарактеризувати відношенням швидкості випаровування води до швидкості випаровування речовини. Отже стійкість прямо пропорційно залежить від температури кипіння і зворотно пропорційна летючості речовини.

Більшість бойових отруйних речовин є нелетючими і стійкими рідинами, отже для їх поширення і застосування як засобу масового ураження використовують процес диспергування.

Внаслідок поширення токсиканту у навколишньому середовищі виникає зона хімічного забруднення.

Зона хімічного забруднення – територія, акваторія та повітряний простір, у межі якої потрапили небезпечні хімічні речовини у концентраціях чи кількостях, що протягом певного часу створюють небезпеку для життя та здоров'я людей і завдають шкоди навколишньому середовищу.

Зону хімічного забруднення умовно можна поділити на осередок забруднення і зону поширення токсичної речовини у навколишньому середовищі у небезпечних концентраціях.

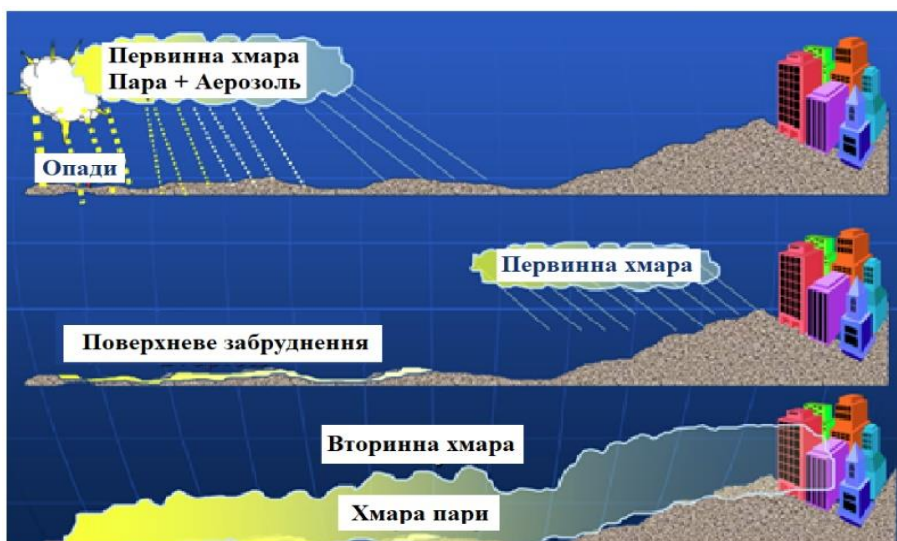
Осередок хімічного забруднення – територія, що забруднюється безпосередньо під час аварійного витоку чи розливу небезпечної хімічної речовини і у межах якої в результаті впливу НХР відбулися масові ураження людей, тварин і рослин, розміщена бойова техніка, транспорт, джерела водопостачання, продукти харчування й інші об'єкти.

Залежно від кількості викинутої отруйної речовини в зоні хімічного зараження може бути один або декілька осередків хімічного враження.

Зона поширення токсичної речовини – територія зони хімічного забруднення, в межах якої поширилися отруйні речовини у вражаючих концентраціях за рахунок поширення первинної і вторинної хмари.

Первинна хмара утворюється в результаті миттєвого (1-3 хвилини) переходу в атмосферу стиснутих і зріджених газів, що витікають із пошкодженого технологічного обладнання, або у момент використання хімічних боеприпасів.

Вторинна хмара утворюється внаслідок випаровування з підстильної поверхні летких розлитих зріджених газів чи токсичних рідин та розповсюдження пари за вітром на інші ділянки території.

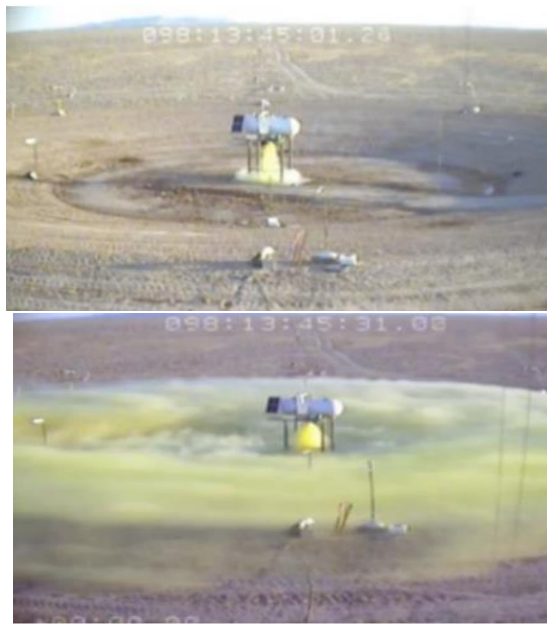


Розмір зони забруднення токсичним речовинами залежить від *агрегатного стану* НХР, так зона хімічного ураження газоподібними НХР може становити від 1-го до 35-ти км, парою рідких токсичних речовин – 5-10 км, а твердими дисперсними частинками – не перевищує 1-3 км. Концентрації небезпечної речовини у забрудненому повітрі весь час змінюється, а отже і межі зон також можуть змінюватися.

Ураження особового складу військ та населення може відбуватися від дії газів чи парів первинної і вторинної хмари забрудненого повітря, які виникають внаслідок аварійного витоку хімічно небезпечних речовин, а також аерозолем стійких отруйних речовин.

Густина пари НХР буде визначати поведінку первинної хмари, що утворюється внаслідок аварійної ситуації. Якщо густина пари менша, ніж густина повітря, то речовина буде створювати небезпечні концентрації у верхній частині зони загазованості, наприклад, аміак. Верхні поверхні будівлі, в якій є аварійний виток аміаку, є більш небезпечними.

Речовини, які мають густина пари значно більшу, ніж густина повітря, (наприклад, хлор, сірковуглець, сірчистий ангідрид) утворюють первинну хмару, що буде поширюватися понад землею і накопичуватися у низинах або підвалах будівель.



а)



б)

**Утворення первинної хмари під час витoku і випаровування зрідженого газу
а) хлору; б) аміаку**

Якщо густина пари не значно відрізняється від густини повітря (за стандартних умов $1,29 \text{ кг/м}^3$), то НХР рівномірно розподіляється в об'ємі первинної хмари.

Розчинність – можливість однієї речовини рівномірно розповсюджуватися в середовищі іншої речовин, створюючи розчин. Розчинність НХР у воді та органічних розчинниках має суттєве значення. Добра розчинність токсиканту може призвести до сильного забруднення водосховищ, внаслідок чого вони тривалий час будуть складати серйозну небезпеку для людини. У той самий час добра розчинність у воді й органічних розчинниках зумовлює використання таких розчинників у процесі дегазації та нейтралізації НХР.

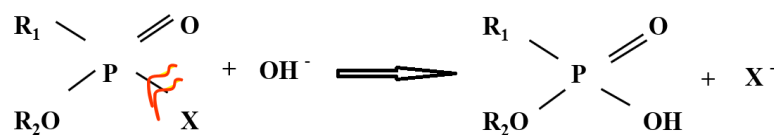
Під *хімічними властивостями* розуміють здатність токсичної речовини взаємодіяти з різними хімічними сполуками та біосубстратами як у навколишньому середовищі, так і в організмі людини.

Хімічні властивості речовини визначаються її складом та хімічною структурою і зумовлюють термостійкість, стабільність під час виробництва та зберігання, гідролітичну стійкість та хімічну реакційну здатність речовини. Хімічні властивості речовини є важливими для визначення умов застосування, зберігання, дії в атмосфері, виявлення, ідентифікації, знезараження, механізму отруєння, медичних заходів протидії.

Більшість токсичних речовин є органічними сполуками, належать до різних гомологічних груп. Їх реакційна здатність визначається специфічними властивостями функціональних груп і заступників в молекулі.

Із хімічних властивостей практичне значення, головним чином, мають реакції, які використовують для їх дегазації та індикації, пояснюють механізм токсичної дії та механізм дії протиотруту (антидотів).

Велике значення має здатність НХР до *гідролізу* – процесу взаємодії складної хімічної речовини з водою, внаслідок чого молекула розкладається і утворюються переважно малотоксичні продукти. Наприклад, під час гідролізу високотоксичних фосфорорганічних сполук розривається зв'язок Р-Х нуклеофільними реагентами (вода або гідроксильні іони), у результаті чого утворюється нетоксична фосфорна кислота, відбувається знешкодження токсиканту.



Дану реакцію використовують для знешкодження НХР під час дегазації.

Гідроліз можна прискорити підвищенням температури, зміною кислотності розчину та застосуванням реагентів, які нейтралізують кінцеві продукти реакції. Таким чином можна дегазувати обмундирування, медичні інструменти та інше. Речовини, які швидко гідролізуються, короткий час зберігаються у навколишньому середовищі. В окремих випадках під час гідролізу продукти реакції зберігають початкову токсичність. Отже вода, забруднена такими отрутами, тривалий час не придатна для використання.

Стійкість токсичної речовини до дії лугів, кислот, оксидів, відновників різна. Більшість токсичних речовин має меншу стійкість до дії лугів, ніж до дії кислот або оксидами хлору, марганцю. Такі властивості лугів та оксидів застосовують для дегазації токсичної речовини та надання медичної допомоги (оброблення ран, промивання шлунку, очей, антидотна терапія).

Фізіологічну активність НХР характеризують токсичністю.

Токсичність – властивість хімічних елементів, сполук і біогенних речовин згубно впливати на живі організми.

Токсикологічні властивості речовини визначають основну її впливу на людину та ті патологічні реакції, що при цьому виникають в організмі.

Що саме робить речовини токсичними? Треба згадати знаменитий вислів Парацельса, який ще в 16 сторіччі казав, що *все є отрута, і ніщо не позбавлено отруйності; тільки кількість робить речовину не отруйною*.

Отже, шкідливі речовини, що потрапили в організм людини, спричиняють порушення здоров'я лише у тому випадку, коли їхня кількість перевищує граничну для кожної речовини величину.

Основні показники токсичності хімічних речовин

Внаслідок впливу токсиканта на організм людини можуть виникати гострі чи хронічні отруєння.

Гострі отруєння виникають в результаті одноразової дії великих доз шкідливих речовин (чадний газ, метан, сірководень).

Хронічні отруєння розвиваються внаслідок тривалої дії на людину невеликих концентрацій шкідливих речовин (свинець, ртуть, марганець).

Ступінь отруєння залежить від токсичності речовини, її кількості, часу дії, шляху проникнення в організм, метеорологічних умов, індивідуальних особливостей організму. Важливим є встановлення залежності між кількістю токсичної речовини, що міститься в певному середовищі або поступила до організму, і реакцією самого організму у вигляді хронічного, гострого або смертельного отруєння, а також того чи іншого віддаленого ефекту.

Токсичність речовини характеризують:



токсичною дозою LD – кількість речовини, що спричиняє загибель живого організму (людей, тварин, рослин) за певної аплікації (за умови потрапляння всередину організму) токсичної речовини, або



токсичною концентрацією LC – кількість речовини, що спричиняє загибель живого організму (людей, тварин, рослин) за аерогенного введення токсиканта (за умови інгаляційного впливу).

Розрізняють порогові, смертельні та гранично-допустимі дози/концентрації, зони гострого та хронічного впливу хімічно-небезпечних речовин.

Порогові дози / концентрації

Поріг гострого (одноразового) впливу Lim_{ac} – мінімальна концентрація/доза шкідливої речовини, що за одноразового впливу змінює показники життєдіяльності організму.

Аналогом порогу гострого впливу є **миттєво-небезпечна концентрація шкідливої речовини для життя чи здоров'я МНК** (Immediately Dangerous of Life or Health Concentration **IDLH**) – мінімальна концентрація шкідливої речовини у повітрі, короткочасне вдихання якого загрожує життю або може призвести до незворотного погіршення здоров'я.

Поріг хронічного впливу Lim_{cr} – це мінімальна концентрація шкідливої речовини, що спричиняє шкідливий вплив у хронічному експерименті по 4 години експозиції 5 разів на тиждень протягом не менше 4-х місяців.

Смертельні дози/концентрації

Смертельні дози та концентрації можуть бути мінімальними, тобто спричиняють поодинокі випадки загибелі (LD_{min} , LC_{min}), або максимальними, що зумовлюють загибель усіх тварин, які випробують, (LD_{max} , LC_{max} або LD_{100} , LC_{100}).

Найчастіше у літературних джерелах для порівняльної характеристики токсичності НХР вказують **середньо-смертельні** дози (концентрації).

Середня смертельна концентрація LC_{50} – це така кількість речовини, що призводить до загибелі 50 % незахищених живих істот, які піддалися однократній, двох (миші) чи чотирьох (щури) годинній інгаляційній дії. Загибель тварин реєструється, як правило, впродовж 14-ти

діб, якщо не обумовлена інша тривалість спостереження. Виражається в мг/м^3 повітря.

Середня смертельна доза LD_{50} – це доза речовини, яка спричиняє до загибелі 50 % незахищених людей, тварин за одноразового введення в шлунок або за одноразового нанесення на шкіру. Тривалість спостереження впродовж 14-ти діб. Виражається в мг/кг маси тіла тварин.

Під час вибору відповідних засобів індивідуального захисту будуть важливими такі показники токсичності НХР як миттєво-небезпечна концентрація МНК і гранично-допустима концентрація ГДК.

Гранично-допустима концентрація ГДК (Threshold Limit Value TLV) – така максимальна концентрація забруднюючої речовини в атмосфері (або ґрунті чи вододжерелах), що за періодичного впливу чи протягом усього життя людини не робить ні на неї шкідливого впливу, включаючи віддалені наслідки, ні на навколишнє середовище загалом.

Якщо фактична концентрація небезпечної речовини менша, ніж ГДК, то засоби захисту органів дихання не потрібні, якщо більша, ніж МНК, то необхідні ізолювальні засоби захисту органів дихання. У межах фактичної концентрації від ГДК до МНК можна застосовувати фільтрувальні засоби індивідуального захисту.

Вплив шкідливої речовини на рівні ГДК не виключає порушення стану здоров'я в осіб із підвищеною чутливістю.

Розрізняють: ГДК максимально разова в повітрі *робочої зони* ($\text{ГДК}_{\text{рз}}$), ГДК максимально разова на *території підприємства* ($\text{ГДК}_{\text{тп}}$), ГДК в атмосферному повітрі *населеного пункту* ($\text{ГДК}_{\text{нп}}$).

Гранично-допустима концентрація у повітрі робочої зони ($\text{ГДК}_{\text{рз}}$) – це концентрація забруднюючої речовини, що за щоденної роботи протягом 8 годин, однак не більше 41 годин упродовж тижня протягом усього робочого стажу, не може спричинити захворювань чи відхилень у стані здоров'я в процесі роботи у віддалений термін сьогоденного і майбутнього поколінь.

Коефіцієнт можливості інгаляційного отруєння (КМІО) – характеризує небезпечність гострого смертельного отруєння парами речовини і чисельно дорівнює відношенню максимально досяжної концентрації парів шкідливої речовини у повітрі (у такій кількості приймається концентрація, що насичує повітря при $20\text{ }^\circ\text{C}$ – $C_{\text{нас}}$) до середньої смертельної концентрації LC_{50} для мишей.

Необхідно враховувати, що у виробничих умовах працівники, як правило, зазнають одночасного впливу кількох шкідливих речовин в тому числі й пилу. Їхня спільна дія може бути взаємо підсиленою, взаємо послабленою або незалежною.



На дію шкідливих речовин впливають також інші шкідливі і небезпечні фактори. Наприклад, підвищена температура, вологість повітря, значне м'язове напруження підсилюють дію шкідливих речовин.

Класифікація токсичних хімічних агентів

Найважливішою характеристикою НХР, що характеризує їх загрозу для життя та здоров'я людини, є *токсичність*.

За *ступенем токсичності* речовини поділяють на 6 класів залежно від їх середньо-смертельних показників. Середньо-смертельні токсичні дози кожного наступного класу відрізняються між собою на порядок.

Клас токсичності	ГДК _{рз} , мг/м ³	Середні смертельні	
		Концентрація, LC ₅₀ , мг/л	Доза при внутрішньому надходженні, LD ₅₀ , мг/кг
надзвичайно токсичні	< 0,1	< 1	< 1
високо токсичні	0,1-1	1-5	1-50
сильно токсичні	1,1-10	6-20	51-500
помірно токсичні	1,1-10	21-80	501-5000
мало токсичні	> 10	81-160	5001-15000
практично не токсичні	-	>160	>15000

Тільки поєднання токсичних і певних фізико-хімічних властивостей (можливість легко переходити за аварійних ситуацій у пар або тонко дисперсний аерозоль), велика тоннажність виробництва і використання, можливість потрапляння в організм людини через органи дихання або шкіряні покриви, може призвести до ураження людей, а, отже, зумовлювати *небезпеку* таких речовин.

Токсичність БОР значно вища, ніж у промислових токсичних речовин, вони більш активно взаємодіють з ферментами, що призводить до гальмування або припинення життєво важливих функцій організму. Порушуються енергетичний обмін (пригнічення дихальних ферментних систем, транспортування кисню, біологічне окиснення), метаболічні процеси (цитотоксичність), генерація, проведення та передавання нервових імпульсів, що зумовлює загальне ураження організму, або навіть загибель.

За *способом впливу на організм людини* токсичні хімікати поділяють на речовини:

<p>– <i>інгаляційної дії</i> (через органи дихання)</p> 	<p>– <i>пероральної дії</i> (через шлунково-кишковий тракт)</p> 	<p>– <i>шкірно-резорбтивної дії</i> (через незахищені шкіру, слизові оболонки)</p> 
---	---	--

Основним і найбільш небезпечним шляхом надходження шкідливих речовин в організм людини є дихальні шляхи. Через дихальні шляхи потрапляють гази, пара та аерозолі. Завдяки величезній всмоктувальній поверхні легень (понад 90 м²) утворюються сприятливі умови для

потрапляння шкідливих речовин у кров, що розносить НХР по всьому організму. Крім того, інгаляційний вплив діє як на місці аварії, так і на великих відстанях від джерела викиду, бо небезпечні концентрації шкідливих речовин можуть поширюватися з повітрям зі швидкістю вітра.

Шкідливі речовини можуть потрапляти в організм людини через шкірний покрив. Розчиняючись у шкірному жирі та потових залозах, речовини можуть надходити у кров. Ураження шкіри безумовно прискорює проникнення отруйних речовин в організм.

Через шлунково-кишковий тракт потрапляють речовини під час ковтання разом із забрудненими продуктами харчування чи водою або при внесенні їх у рот забрудненими руками.

За ступенем впливу на організм людини токсичні хімікати поділяють на чотири класи безпеки:

- I – речовини надзвичайно небезпечні;
- II – речовини високо небезпечні;
- III – речовини помірно небезпечні;
- IV – речовини мало небезпечні.

Клас небезпечності шкідливих речовин – умовна величина, призначена для спрощеної класифікації потенційно небезпечних речовин. Класи і групи безпеки речовин встановлюють залежно від рівня їх впливу і ступеня захисту, що запобігає такому впливу.

Найменування показника	Норма для класу небезпечності			
	I	II	III	IV
Середня смертельна доза (LD ₅₀) при введенні в шлунок, мг/кг	< 15	15-150	151-5000	>5000
Середня смертельна концентрація у повітрі (LC ₅₀), мг/м ³	< 500	500-5000	5001-50 000	> 50 000
КМІО	300	30-300	3-30	< 3

За *санітарно-гігієнічним впливом на організм людини* хімічні речовини прийнято поділяти на:

- *загально токсичні*, що викликають отруєння всього організму;
- *подразнювальні*, що викликають подразнення дихальних шляхів та слизових оболонок;
- *сенсibiliзуючі* речовини, що підвищують чутливість організму до хімічних речовин, та можуть призводити до алергічних захворювань;
- *канцерогенні* речовини, що викликають розвиток усіх видів ракових захворювань;
- *тератогенні* хімічні речовини, що впливають на репродуктивну функцію людини (впливають на відтворення потомства, викликають виникнення вроджених вад розвитку у потомства);
- *мутагенні* речовини, які викликають зміни (мутації) спадкової інформації у генотипі людини, яка контактує з цими речовинами,

впливають на статеві та нестатеві соматичні клітини. Генетичні ефекти від мутагенних факторів мають відстрочений та тривалий характер;

- речовини *наркотичної дії* впливають на центральну нервову систему;
- речовини *психотропної (психохімічної) дії* специфічно впливають на центральну нервову систему людини, викликають порушення психічної активності (галюцинації, страх, депресію) чи тимчасові фізичні розлади (сліпоту, глухоту, параліч).

За характером впливу на організм людину:

- *смертельно діючі* речовини, що призводять або можуть призвести до смерті (у 5% випадків) у термін до 10 діб. У цю групу входять, головним чином, БОР, що призначені для знищення живої сили;
- *тимчасової дії*, що призводять до нудоти, блювоти, набряку легень, болю у грудях на термін від 2 до 5 діб. У цю групу входять БОР, що призначені для дезорганізації військ;
- *подразнювальні* речовини, вплив яких триває декілька годин. Призводять до подразнення слизової оболонки у носі, ротовій порожнині, головного болю, задухи, загальної слабкості, зниження температури. Сюди входять лакриматори і стернити, що призначені для ослаблення боєздатності військ і їх знесилення.

Цей поділ доволі умовний, тому що можливість летальних наслідків залежить від властивостей речовини й отриманої дози. Наприклад, деякі ОР, що тимчасово виводять організм із ладу, у великих дозах можуть проявляти смертельну дію.

Хімічні речовини, які здатні викликати масові ураження, за ознакою ***переважного синдрому, який спостерігається під час гострої інтоксикації***, розділені на групи:

1 – речовини з *переважно задушливою дією*.

До речовин з переважно задушливою дією належать токсичні сполуки, для яких головним об'єктом впливу на організм є дихальні шляхи.

2 – речовини *переважно загальноотруйної дії*.

До речовин переважно загальноотруйної дії належать сполуки, здатні викликати гостре порушення енергетичного обміну, що і є у важких випадках причиною загибелі ураженого. Ці речовини можна розділити на отрути крові та тканинні отрути.

3 – *нейротропні отрути* – речовини, що порушують генерацію, проведення і передачу нервового імпульсу.

Речовини, що порушують механізми периферичної нервової регуляції, а також модулюють стан самої нервової системи. Основою їхньої дії є здатність втручатися в процеси синтезу, зберігання, викиду, інактивації в синаптичній щілині нейромедіаторів; взаємодіяти з рецепторами нейромедіаторів; змінювати проникність іонних каналів збудливих мембран.

4 – *метаболичні отрути*, що втручаються в процеси метаболізму речовин в організмі. За своєю будовою ці речовини належать до різних

класів сполук, однак всі вони мають загальну властивість: в організмі людини вони руйнуються з утворенням високо реакційноздатних вуглеводних радикалів. Отруєння цими речовинами характеризується відсутністю миттєвої реакції на отруту. Ураження організму розвивається, як правило, поступово і у важких випадках закінчується смертельним результатом протягом декількох діб.

Деякі речовини мають комбіновану дію. Наприклад, речовини, що мають *задушливу і загально отруйну дію*, здатні через інгаляційний вплив викликати токсичний набряк легень, а під час резорбції порушувати енергетичний обмін. Багато сполук цієї групи мають найсильнішу припікальну дію, що значно ускладнює надання допомоги потерпілим.

Токсичні сполуки, що мають *задушливу і нейротропну дію*, викликають під час інгаляційного ураження токсичний набряк легень, на фоні якого формується важке ураження нервової системи, виникає порушення генерації, проведення або передачі нервового імпульсу, що збільшується станом важкої гіпоксії, викликаного порушенням зовнішнього дихання. До таких речовин належить аміак.

За швидкістю виникнення клінічних ознак інтоксикації, які розвиваються після впливу токсичного хімікату на організм людини, розрізняють речовини:

- *сповільненої дії*: клінічні ознаки інтоксикації виявляються пізніше однієї години з моменту контакту з НХР; характерна наявність прихованого (латентного) періоду дії від однієї години до доби, протягом якого патологічний процес в організмі перебігає без клінічних проявів (ознак).
- *швидкої дії*: клінічні прояви (ознаки) інтоксикації виявляються одразу ж після контакту з НХР або через незначний проміжок часу (від декількох хвилини до однієї години); не мають періоду прихованої дії. До них належать майже всі ОР інгаляційного ураження.
- *короткочасної дії*: уражаюча дія цієї групи ОР виявляється протягом часу контакту з ними та може зберігатись декілька годин після виходу за межі забрудненої атмосфери. До них належать подразнювальні ОР, що призначені для послаблення боєздатності та виснаження військ.

Залежно від **тривалості зараження місцевості** різними типами отруйних речовин, їх поділяють на два типи:

- *нестійкі*: гази та рідини, що швидко випаровуються (мають температури кипіння менше 140 °С). Ці речовини заражають атмосферу випарами та уражають людину, головним чином, через органи дихання, при цьому уражаюча дія забрудненого повітря зберігається до однієї години після витоку таких речовин, а об'єкти зовнішнього середовища практично не забруднюються;
- *стійкі*: речовини з температурою кипіння понад 140 °С, а також тверді кристалічні речовини. Речовини зберігають свою уражаючу дію у зовнішньому середовищі (за умови утворення небезпечних концентрацій токсичних хімікатів в атмосфері) від кількох годин до

кількох діб, а забруднення місцевості та води триває ще більший час. Такі речовини не схильні до розкладання, їх важко змити й вони можуть протягом тривалого часу залишатися на одязі та інших поверхнях, що, в свою чергу, служить джерелом тривалого забруднення повітря, місцевості і всіх об'єктів, які там розташовані.

З тактичної точки зору стійкі БОР призначені для ураження живої сили, забруднення місцевості, водоймищ, бойової техніки тощо, а нестійкі – для знищення живої сили. Для створення стійких осередків забруднення застосовують аерозоль стійких отруйних речовин. Використання нестійких БОР передбачає ураження особового складу в осередку лише у момент їх застосування. За таких умов особовому складу необхідно використовувати індивідуальні засоби захисту і антидоти. Часткова та повна санітарна обробка особового складу виконується лише за необхідності, а дегазацію об'єктів не проводять.

Стійкість і швидкість вражаючої дії БОР визначають характеристику зони ураження і особливості надання медичної допомоги.

Суттєве значення під час хімічної атаки має погода. Від температури залежить кількість речовини, що випаровується. Чим тепліша погода, тим швидше випаровується речовина і стає небезпечнішою, адже її концентрація в повітрі збільшується.

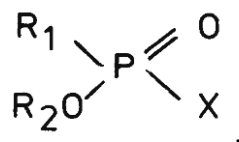
Характер і ступінь ураження людей залежить від виду токсичної речовини і отриманої дози. Критеріями **бойової** ефективності ОР є, насамперед, їх токсичність, швидкість дії, стійкість.

Розглянемо основні групи бойових отруйних агентів.

Бойові отруйні речовини

Нервово-паралітичні агенти

Отруйні речовини (ОР), які порушують функціонування нервової системи та спричиняють судоми, які переходять у параліч. До нервово-паралітичних отруйних речовин відносяться фосфор-органічні речовини (ФОР) – похідні фосфорної та алкілфосфонових кислот загальної формули:



де R – алкіл або алкоксигрупа;

R₁ – алкоксигрупа, алкільна група, меркапто- група або заміщена при атомі азоту аміногрупа;

X – заступник, зв'язок якого з атомом фосфору менш стійкий порівняно з R та R₁. Це можуть бути –F, –CN, ацилоксигрупа, діалкіламіноетилмеркапто- група, нітрофенокси- група, залишок заміщених фосфорної або алкілфосфонових кислот.

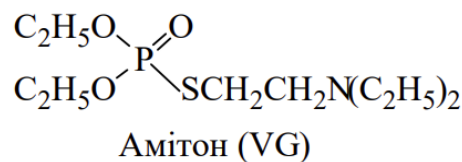
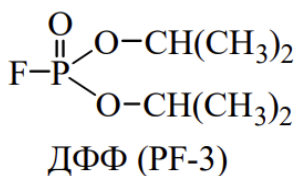
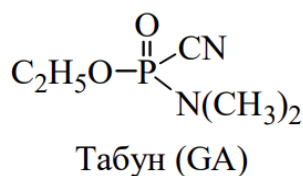
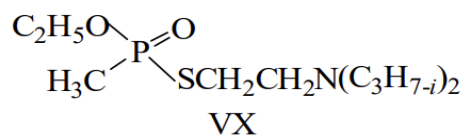
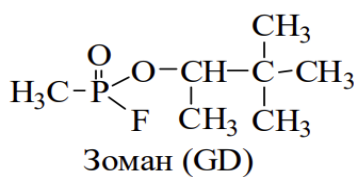
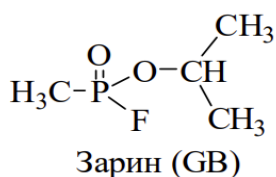
Серія G (табун GA, зарин GB, зоман GD, циклозарин GF) була названа так, тому що вперше всі сполуки у цьому класі були відкриті і синтезовані у Німеччині (англ.

Germany) доктором Герхардом Шрадером. Ця серія є першою і найстарішою у сім'ї нервово-паралітичних ОР.

Серія V – це друга сім'я нервово-паралітичних ОР що містить п'ять відомих членів: VE, VG, VM, VR та VX. Найбільш вивчений член VX був синтезований у 1950-х роках у Великобританії. V-серія приблизно в 10 разів більш токсична, ніж зарин. Вся V-серія відноситься до стійких, ці речовини не схильні до розкладання, їх важко змити й вони можуть залишатися на одязі та інших поверхнях протягом тривалого часу. Можуть бути використанні для розпилення на досить великій території, щоб обмежити пересування сил противника. Консистенція всіх членів V-серії схожа на масло, як наслідок, головний шлях до організму для них пролягає через шкіру.

Серія A – новий клас фосфорорганічних отруйних речовин (A-230, A-232, A-234), які отримали назву «Новачок». Роботи над їх створенням розпочалась у Радянському Союзі в 1960-ті роки та тривали аж до 1990-тих років. Відомо про виготовлення декількох тисяч тон речовини для випробувань, однак інформації про їхнє накопичення на складах у Радянському Союзі відсутня. Нові ОР у 5-8 разів більш токсичні, ніж агент VX через їх здатність впливати на інші ферменти, крім ацетилхолінестерази. На базі A-232 була запущена програма створення бінарної зброї «Новачок-5».

Важливою особливістю цього класу речовин є те, що ОР класу Новачок прямо не потрапили до списку сполук, які підпадають під контроль Організації із заборони хімічної зброї. Отже, вони були ідеальними речовинами, щоб приховати їх від уваги інспекторів ОЗХЗ, проте через надзвичайно високу токсичність та відсутність іншого практичного використання підпадають під загальні розділи Конвенції із заборони хімічної зброї.



Особливостями впливу вказаних отруйних речовин є висока токсичність, здатність уражати організм людини інгаляційно, шкірно-резобтивно та перорально.

Органофосфати трохи важчі і щільніші води, розчинні у жирах, ліпідах та органічних розчинниках. VX і VR практично нерозчинні у воді, зоман – обмежено, зарин – повністю розчинний.

Незважаючи на те, що нервово-паралітичні отруйні речовини часто називають газами, проте це все рідини за стандартних умов. Температура кипіння змінюється в межах від +150 °C у зарину до майже +300 °C у речовин V-серії. Застосовують нервово-паралітичні речовини у вигляді аерозолі. Тонко дисперсний аерозоль найбільш ефективний за умови дії через органи дихання, грубо дисперсний – через шкірний покрив і одяг, а також під час потрапляння в шлунково-кишковий тракт разом із їжею та водою. Для бойового застосування можуть використовуватися усі засоби доставки. Нервово-паралітичні отруйні речовини можуть доставлятися

засобами артилерії, авіації та ракетами в касетному спорядженні хімічних бойових частин.

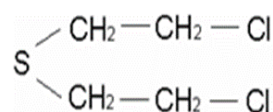
Висока стійкість нервово-паралітичних агентів під час знаходження на місцевості як влітку, так і взимку та швидкість вражаючої дії зумовлюють можливість їх застосування за різних кліматичних умов. На теперішній час такі ОР найчастіше застосовують під час збройних конфліктів (у 90 % випадків протягом останніх десятиліть), а також за умови здійснення терористичних актів. Особливо важливо, що ураження живої сили здійснюється до моменту усвідомлення нею необхідності використання засобів захисту. Отже, особовий склад зобов'язаний мати та правильно використовувати засоби індивідуального та колективного захисту, технічні засоби виявлення і знешкодження, щоб протистояти цим БОР.

У таблиці представлено фізико-хімічні властивості деяких представників нервово-паралітичних агентів.

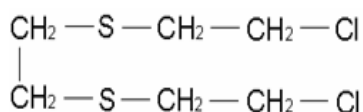
Загальна назва, позначення	Табун, GA	Зарін, GB	Зоман, GD
Летучість/ стійкість	відносно стійкі		стійкий
Запах	без запаху або слабо фруктовий	без запаху або слабо камфорний	без запаху або слабо м'ятний
Шлях надходження в організм людини	легені, очі, шкіра		
Швидкість впливу	дуже швидка дія		
Симптоми ураження	звуження зіниць, слинотеча, блювота/діарея, посмикування, утруднене дихання		
Швидкість гідролізу, продукти гідролізу	швидкість залежить від кислотності		
	повільно з водою; швидко з кислотами та лугами, HCN + інші	кислотний гідроліз: HF і фосфорорганічні кислоти; лужний гідроліз: ізопропіловий спирт і полімери	кислотний гідроліз: HF і фосфорорганічні кислоти
Захист	потрібний захист органів дихання, шкіри		
Невідкладна допомога	деконтамінація, антидотна терапія		
Декон	миттєво видалити, змити водою		

Шкірно-наривні або блістерні речовини (везиканти):

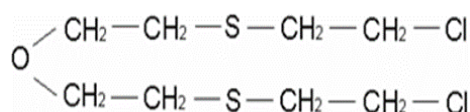
Найбільш поширені бойові отруйні речовини шкіро-наривної дії: іприти (сірчаний HD, азотисті іприти (HN-1 HN-2, HN-3), кисневий іприт HT, полуторний іприт HQ), люїзити (L-1, L-2, L-3), алканпохідні дихлорарсину (метилдихлорарсин MD, етилдихлорарсин ED, фенілдихлорарсин PD), фосгеноксим CX).



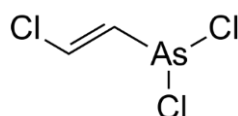
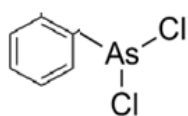
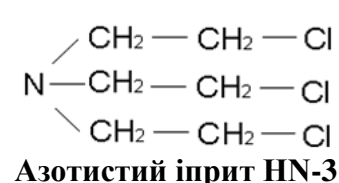
Сірчаний іприт (HD)



Полуторний іприт (HQ)



Кисневий іприт (HT)



Такі хімічні речовини мають цитотоксичну дію, тобто є універсальними клітинними отрутами, що зумовлює їх багатосторонню вражаючу дію, але домінуючий вплив – викликають сильні хімічні опіки. У краплино-рідкому та пароподібному станах уражають шкіру та очі, за умови вдихання парів – дихальні шляхи та легені, за умови потрапляння в організм із їжею та водою – органи травлення. Речовини внаслідок контакту зі шкірою спричиняють сильний біль і запалення шкіряних покривів (еритеми, тобто сильне почервоніння шкіри, яке зумовлено розширенням капілярів, нариви), в результаті чого на тілі постраждалих утворюються великі, хворобливі водяні пухирі (blister (англ.) – міхур, пухир).

Характерна особливість таких БОР – наявність періоду прихованої дії.

Без належної медичної допомоги наслідки впливу шкірно-наривних агентів на людину драматичні, але за умови надання вчасної медичної допомоги – не загрозливі для життя.

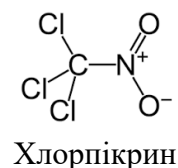
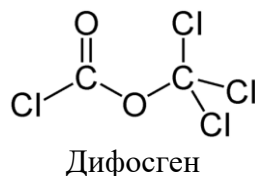
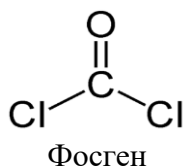
У таблиці представлено деякі основні фізико-хімічні властивості найбільш поширених представників шкірно-наривних агентів.

Загальна назва, позначення	Іприт Н, HD	Люїзит L	Фосгеноксим, CX
Летучість, стійкість	стійкі		
Запах	часник, касторове масло	герань	дратівливий
Шлях надходження в організм людини	резорбтивно – шкіра, очі, інгаляційно – легені		
Швидкість впливу	затриманий вплив (6-24 год.)	швидка дія	
Симптоми ураження	очі: печіння, при вдиханні: кашель, шкіра: утворення пухирів через 4-24 години, біль		
Швидкість гідролізу, продукти гідролізу	повільно, HCl + тіодигліколь	швидко, HCl + хлорвінілові сполуки миш'яку	повільно, HCl + CO ₂ , гідроксиамін
Захист	потрібний захист органів дихання, шкіри		
Невідкладна допомога	деконтамінація		
Декон	миттєво видалити, змити водою або розчином хлорки		

Ці речовини утворюють стійкій осередок ураження на місцевості, через велику густину пари накопичуються в низинах та приземних шарах атмосфери.

Задущливі речовини

До бойових отруйних речовин задущливої дії відносять хлор Cl , фосген CG , дифосген DP , хлорпікрин PS .



Перш за все вражають дихальну систему та спричиняють токсичний набряк легень, також вражають очі, шкіру і слизові оболонки.

Токсичні агенти хімічної зброї, що вражають дихальні шляхи, поділяють на 2 типи залежно від того, яку частину дихальних шляхів вони переважно вражають. Агенти 1-го типу уражають великі дихальні шляхи, а 2-го типу уражають термінальні та респіраторні бронхіоли, альвеолярні мішечки та альвеоли. Агенти змішаної дії можуть уражати як великі дихальні шляхи, так і дрібні дихальні шляхи та альвеоли.

Вплив на очі та шкіру, як правило, є їдким, що спричиняє затуманення зору та серйозні глибокі опіки. Вдихання цих засобів викликає печіння горла, кашель, блювоту, головний біль, біль у грудях, стискання в грудях, а також порушення дихання та кровообігу. Результати рентгенографічних досліджень вказують на пневмонію та набряк легень внаслідок накопичення рідини в легенях, що потім призводить до задухи.

У таблиці представлено деякі основні фізико-хімічні властивості найбільш поширених задущливих агентів.

Загальна назва, позначення	Фосген CG	Хлор Cl
Летучість/ стійкість	летючі, не стійкі	
Запах	щойно скошеного сіна	відбілювача
Шлях надходження в організм людини	респіраторний	
Швидкість впливу	швидкий вплив	миттєва дія високих концентрацій, в інших випадках – відстрочена
Симптоми	ураження клітин легень: кашель, задуха, стиснення в грудях	
Швидкість гідролізу, продукти гідролізу	швидкий гідроліз $\text{HCl} + \text{CO}_2$	повільний гідроліз $\text{HCl} + \text{HClO}_3$
Захист	потрібний захист органів дихання, шкіри	
Невідкладна допомога	вийти/вивезти з району впливу	
Декон	аерація	

Загально-отруйні засоби

До речовин переважно загальної отруйної дії відносяться сполуки, що можуть викликати пригнічення тканинного дихання (обмін киснем та вуглекислим газом між кров'ю та тканинами) і гостре порушення енергетичного обміну, яке у важких випадках є причиною смерті ураженого.

Це швидкодіючі отруйні речовини, що можна розділити на отрути крові (гематотоксичні ОР) і тканинні отрути.

У таблиці представлено деякі основні фізико-хімічні властивості гематотоксичних ОР.

Загальна назва, позначення	Синильна кислота, $\text{H} - \text{C} \equiv \text{N}$ АС	Ціанід хлорид, $\text{Cl} - \text{C} \equiv \text{N}$ СК
Летучість/ стійкість	летючі, не стійкі	
Запах	ядра гіркою мигдалю або персика	
Шлях надходження в організм людини	респіраторний	
Швидкість дії	миттєвий вплив	
Симптоми ураження	ковтання або хапання ротом повітря, червона шкіра та губи, втрата свідомості, смерть	
Швидкість гідролізу, продукти гідролізу	швидкий гідроліз у 5% NaOH , $\text{NH}_3 + \text{HCO}_2$	повільний гідроліз, $\text{HCl} + \text{CNOH}$
Захист	потрібний захист органів дихання, шкіри	
Невідкладна допомога	киснева маска, антидотна терапія	
Декон	вийти/вивезти з району впливу	

Подразнювальні речовини (іританти)

Це не смертельні отруйні речовини (мають мінімальну токсичність) з вираженою подразнюючою і припікаючою дією на покривні тканини, що можуть у незначних концентраціях вибірково впливати на нервові закінчення слизових оболонок очей, верхніх дихальних шляхів, шкірних покривів.

Іританти застосовувалися ще під час Першої світової війни – адасит (DM) і хлорацетофенон (CN). Під час війни у В'єтнамі у великій кількості використовували речовину 2-хлоробензальмалонодинітрил (CS), яка за дратівливим впливом значно перевищувала іританти часів Першої світової війни.



Проте такі речовини не втратили свою актуальність і сьогодні. Вони широко використовуються правоохоронними структурами для «боротьби з заворушеннями» та у цивільних засобах самооборони. У 1962 році в Швейцарії було отримано дратівливу речовину дибензоксазепін (CR), яка у 10 разів ефективніша за CS. Вона була прийнята на озброєння армії та поліції Великої Британії та США як засоби, що призначені для втрати боєздатності противника, а не для заподіяння серйозних ушкоджень. Іританти також використовують для навчання захисту від хімічної зброї, хоча їх використання у бойових діях само по собі є порушенням Конвенції з хімічної зброї.

Іританти є переважно твердими речовинами, які можуть бути дисперговані в рідині (шляхом розчинення твердої речовини з утворенням розчину, а потім розпилення даного розчину), або у вигляді аерозолів (дрібні частинки, що вивільнюються під час вибуху або задимлення).



У воді практично нерозчинні. Розчиняються в органічних розчинниках, що можна використовувати для видалення цих ОР із забруднених поверхонь. Добре розчиняються в жирах, ліпідах, що пояснює їх спорідненість до нервової системи. Гідроліз подразнювальних речовин у воді йде повільно, прискорюється в розчинах лугів та при нагріванні.

Виділяють дві групи отруйних речовин подразнювальної дії:

- *лакриматори* – *сльозогінні* отруйні речовини, які подразнюють переважно органи зору, викликають інтенсивну сльозотечу (красний код).

Представниками цієї групи є хлороацетофенон (CN), хлорпикрин (PS);

- *стернити* – *кашлеві* отруйні речовини, які переважно впливають на слизову оболонку дихальних шляхів, що викликає інтенсивне чхання та кашель (синій код).

Представниками цієї групи є фентаніл, адамсит (DM), поліцейський газ (CS);

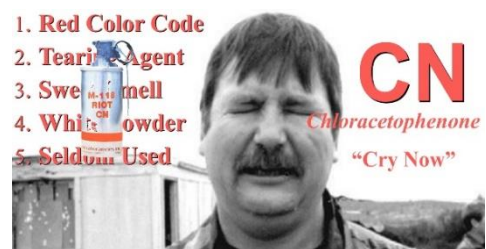
- *іританти* *комбінованої дії* (помаранчевий код).

Основними представниками цієї групи є дибензоксазепін (CR), та перцевий газ (OC).

Відносно стійкі у навколишньому середовищі, наприклад, тверді частинки рецептур CS зберігаються на місцевості від двох тижнів до 1 місяця і здатні створювати вторинну хмару. Токсичні концентрації подразнювальних речовин значно перевищують концентрації, які викликають втрату боєздатності.

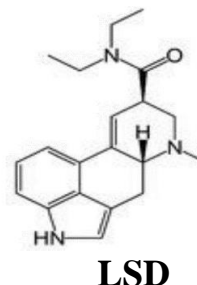
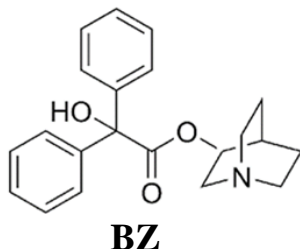
Психотропні або психохімічні речовини (інкапаситанти)

Несмертельні психохімічні отруйні речовини, які впливають на центральну нервову систему людини і можуть тимчасово робити її неідеальною. Викликають тимчасові психологічні розлади у здорових людей (галюцинації та ілюзорні картини, страх, пригнічення, порушують орієнтацію та сприйняття реальності) або фізичні розлади (сліпота,



глухота). Подібні гострі токсичні психози ще називають модельними, тому що вони імітують відомі психічні хвороби, зокрема шизофренію.

Таких речовин відомо більше 20 тисяч (хінуклідилбензилат, сполуки індольного ряду, похідні триптаміну: буфотенін, псилоцин, псилоцибін, феналкіламіни (мескалін), похідні піперидину), проте до бойових отруйних речовин (інкапаситантів) відносять **BZ** і **LSD**.



Це тверді кристалічні речовини, що погано розчиняються у воді, добре – в органічних розчинниках. Бойова форма застосування – аерозоль, поширюються за допомогою теплогенеруючих артилерійських пострілів без інактивації. Це стійкі речовини, що можуть зберігатися у навколишньому середовищі від 3 до 4 тижнів.

Не є шкідливими для здоров'я людини (не подразнюють очі, шкіру, дихальні шляхи), окрім випадків із багаторазовим перевищенням дози отруйної речовини, а усі симптоми є тимчасовими.

Значною перевагою у використанні психохімічних речовин є їхня висока ефективність за низьких концентрацій, які важко визначити за допомогою звичайних систем детекції. Зокрема, дієва концентрація інкапаситантів у 100 разів менша від зарину та в 1000 разів – від синильної кислоти. Інкапаситанти не мають смаку, кольору та запаху та ідеально підходять для диверсійних дій на кшталт зараження води, харчів.

На теперішній час використання BZ стало забороненим, його було включено до списку № 2 заборонених речовин та прекурсорів хімічної зброї.

Токсини

Токсинами називають хімічні речовини переважно білкової природи мікробного, рослинного або тваринного походження, що здатні при потраплянні в організм людини або тварини викликати їхнє захворювання та загибель внаслідок їх взаємодії з біологічними макромолекулами, наприклад, ферментами або рецепторами, і порушення процесу синтезу білків.

Оскільки токсини, що використовуються як зброя масового ураження, не містять інфекційні агенти, з яких їх одержують, вони не відтворюються в організмі і не передаються від людини до людини. Таким чином, токсини належать більше до хімічних речовин, ніж до біологічних агентів; *вони викликають отруєння, а не інфекції.*



Токсин риби фуґу - тетродотоксин



Рослина Рицина та її плоди – джерело токсину рицин



Ботулотоксин є одним із найскладніших білків, що синтезуються живим організмом. Його маса становить близько 150 тисяч атомних одиниць мас, що втричі перевищує типовий розмір білкового ланцюга.

Також токсичний вплив мають деякі метали, насамперед свинець, алюміній, ртуть, миш'як.

У порівнянні з іншими бойовими отруйними хімічними речовинами токсини мають найбільшу вражаючу дію. Токсична доза для деяких токсинів на 4-6 порядків менша, ніж для традиційних БОР. У 1971 році Генеральна асамблея ООН схвалила конвенцію про заборону розробки, виробництва та накопичення запасів токсичної зброї та їх знищення. На теперішній час її учасниками є 163 держави, які зобов'язалися не розробляти, не виробляти і не накопичувати біологічну зброю. Однак відсутність механізму перевірок обмежила ефективність виконання положень даної Конвенції.

Порівняльні токсичні властивості

Agents	LD50 ($\mu\text{g kg}^{-1}$)
Botulinum Toxin	0.001
Tetanus Toxin	0.01
Ricin	0.10
Crotalus Toxin	0.20
Saxitoxin	5.0
Aphantoxin	10
Vx	20
Soman	80
Sarin	200
Cyanide	8000
Sulphur mustard	10000



Незважаючи на високу вражаючу дію токсинів, більшість їх не придатна для масового ураження населення через труднощі з виділенням достатньої кількості та проблеми з розповсюдженням або вразливістю навколишнього середовища. Вважають, що тільки 4 токсини є речовинами, що несуть велику загрозу: Ботулотоксин, Стафілококовий ентеротоксин В, Епсилон токсин, Токсин рицину. З них тільки нейротоксин Ботулотоксин класифікується як той, що вимагає найбільш пріоритетних дій. Наприклад, військовими відомствами різних країн вивчалися можливості застосування рицину як зброї масового ураження, проте через низку недоліків ця речовина так і не була прийнята на озброєння. Проте рицин знайшов застосування для терористичних цілей (здійснення точкових вбивств з політичних мотивів) через простоту отримання цього токсину.