

Небезпечні хімічні речовини та їх характеристики

В даний час відомо понад 54 тис. хімічних сполук, які можуть бути віднесені до небезпечних хімічних речовин (НХР) для живих організмів внаслідок їх здатності викликати інтоксикації або отруєння.

Хімічні речовини надходять в живі організми в процесі дихання (інгаляційно), через шлунково-кишковий тракт (перорально), через шкіру і слизові оболонки (перкутанно).

Під впливом хімічних речовин на організм можуть виникати гострі і хронічні отруєння. Гострі отруєння виникають при короткочасному дії відносно великих кількостей шкідливих речовин і характеризуються яскравим типовим проявом або безпосередньо в момент впливу, або через порівняно невеликий (зазвичай в кілька годин) прихований (латентний) період. Такі отруєння найчастіше відбуваються в результаті великих виробничих аварій. Хронічні отруєння розвиваються поступово, при тривалому впливі хімікатів у відносно невеликих кількостях.

Отруєння одним і тим же речовиною при гострому і хронічному впливі на організм проявляється по-різному. Наприклад, бензол C_6H_6 при гострій інтоксикації викликає переважно ураження нервової системи, а при хронічному отруєнні спостерігається в основному зміна кровотворної системи.

Більшість хімічних речовин може викликати як гостре, так і хронічне отруєння, але існують і такі, які викликають переважно або гострі (синильна кислота HCN), або хронічні (свинець, марганець) отруєння. Існують також підгострі інтоксикації, що протікають більш повільно в порівнянні з гострими отруєннями і мають затяжний перебіг.

Живі організми здатні без шкоди для себе переносити присутність певних кількостей забруднюючих речовин. Таке їх зміст, нижче якого хворобливі реакції не спостерігаються, називається пороговим рівнем. У радіоактивних речовин, пороговий рівень нульовий. Це означає, що будь-який, навіть саме короткострокове їх вплив може завдати шкоди організму. Порогові рівні дуже низькі у сполук, здатних до біоаккумуляції, тобто до накопичення в живих організмах.

При великих кількостях забруднюючих речовин наступають наслідки для здоров'я, які залежать як від концентрації речовини, так і від тривалості його впливу (експозиції).

Добуток концентрації речовини (рівня) на експозицію дає величину токсичної дози (токсодози). Під токсичною дозою розуміється кількість речовини, що викликає певний токсичний ефект, відповідний певному ефекту ураження.

При інгаляційних отруєннях токсичну дозу визначають як добуток концентрації парів або аерозолу C (mg/m^3) на час вдихання t (хв). В якості одиниці інгаляційних токсичних доз використовуються величини: $г \cdot хв / м^3$, $г \cdot сек / м^3$, $мг \cdot хв / дм^3$.

При ураженні іншими шляхами (через шлунково-кишковий тракт, шкіру, внутрішньовенно, внутрішньом'язово та ін.) токсична доза оцінюється масою хімічної речовини (мг) на 1 кг живої маси організму або на одиницю поверхні (cm^2 , m^2) тіла організму (при ураженні через шкіру).

Для характеристики шкідливості хімічних речовин при впливі через органи дихання або володіють шкірно-резорбтивну дію застосовуються такі токсодози: Середня смертельна, Середня виводить з ладу і середня порогова.

Під середньою смертельною токсодозой розуміється доза, що викликає смертельний результат у 50 % уражених, не оснащених засобами захисту. Середня виводить з ладу токсодоза викликає ураження 50 % уражених, не оснащених засобами захисту, з втратою працездатності. Середня порогова токсодоза викликає початкові симптоми ураження у 50 % уражених, не оснащених засобами захисту.

Прийнято позначати токсодози наступним чином:

- середньосмертельні (летальні дози):
 - а) LCt_{50} – при інгаляційному отруєнні;
 - б) LD_{50} , (LD_{50}) – при отруєнні іншими шляхами;
- середні виводять з ладу дози:
 - а) ICt_{50} – при інгаляційному отруєнні;
 - б) ID_{50} , (ID_{50}) – при отруєнні іншими шляхами;
- порогові дози:
 - а) PCt_{50} – при інгаляційному отруєнні;
 - б) PD_{50} (PD_{50}) – при отруєнні іншими шляхами.

Цифра в індексі показує ймовірність ураження організмів: – 50 %.

Небезпечні хімічні речовини діляться на:

а) токсичні речовини – речовини, здатні при впливі на живі організми приводити до їх загибелі і мають такі характеристики:

- середня смертельна доза при введенні в шлунок від 15 мг/кг до 200 мг/кг включно;
- середня смертельна доза при нанесенні на шкіру від 50 мг/кг до 400 мг/кг включно;
- середня смертельна концентрація в повітрі від 0,5 мг/дм³ до 2 мг/дм³ включно;

б) високотоксичні речовини-речовини, здатні при впливі на організми приводити до їх загибелі і мають такі характеристики:

- середня смертельна доза при введенні в шлунок не більше 15 мг/кг;
- середня смертельна доза при нанесенні на шкіру не більше 50 мг/кг;
- середня смертельна концентрація в повітрі не більше 0,5 мг/дм³;

в) речовини, що становлять небезпеку для природного середовища – речовини, що характеризуються у водному середовищі наступними показниками гострої токсичності:

- середня смертельна доза при інгаляційному впливі на рибу протягом 96 годин не більше 10 мг/дм³;
- середня концентрація отрути, що викликає певний ефект при впливі на дафнії протягом 48 годин, не більше 10 мг/дм³;

- середня інгібуєча концентрація при впливі на водорості протягом 72 годин, не більше 10 мг/дм³.

Всі шкідливі речовини за ступенем їх впливу на організм людини розділені на чотири класи небезпеки. В основу класифікації покладені показники, що характеризують ступінь небезпеки речовин в залежності від їх токсичності, кумулятивності, здатності викликати віддалені побічні явища.

I клас – надзвичайно небезпечні, II клас – високонебезпечні, III клас – помірно небезпечні і IV клас – малонебезпечні. Класифікація хімічно небезпечних речовин по ГОСТ 12.1.007-76 (99) представлена в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7.

Класифікація небезпеки речовин за ступенем впливу на організм

Речовина	Клас небезпеки речовин			
	I	II	III	IV
ГДК в повітрі робочої зони, мг/м ³	< 0,1	0,1 – 1,0	1,0 – 10,0	> 10,1
Середня смертельна доза при введенні в шлунок, мг/кг	< 15	15 – 150	151 – 5000	> 5000
Середня смертельна доза при нанесенні на шкіру, мг/кг	< 100	100 – 500	501 – 2500	> 2500
Середня смертельна концентрація в повітрі, мг /м ³	< 500	500 – 5000	5001 – 50000	> 50000
Коефіцієнт можливості інгаляційного отруєння (КМІО)	> 300	300 – 30	29 – 3	< 3
Зона гострої дії. Відношення середньої смертельної концентрації шкідливої речовини до мінімальної (порогової) концентрації, що викликає зміну біологічних показників на рівні цілісного організму, що виходять за межі пристосувальних фізіологічних реакцій	< 6	6 – 18	18,1 – 54	> 54
Зона хронічної дії. Відношення мінімальної (порогової) концентрації, що викликає зміну біологічних показників на рівні цілісного організму, що виходять за межі пристосувальних фізіологічних реакцій, до мінімальної (порогової) концентрації, що викликає шкідливу дію в хронічному експерименті по 4год., п'ять разів на тиждень протягом не менше чотирьох місяців	> 10	10 – 5	4,9 – 2,5	< 2,5

До надзвичайно небезпечних хімічних речовин відносяться:

- деякі сполуки металів (органічні та неорганічні похідні миш'яку, ртуті, свинцю, кадмію, цинку, берилію та ін.);
- карбоніли металів (тетракарбоніл нікелю, пентакарбоніл заліза та ін.);
- речовини, що містять ціангрупу (водень ціаністий, синильна кислота та її солі, нітрили, ціангідрини, ізоціанати та ін.);
- сполуки фосфору (фосфорорганічні сполуки, хлориди фосфору, оксихлорид фосфору, фосфін та ін.);
- галогени (хлор, бром, фтор);
- галогеноводороди (водень хлористий, водень фтористий, водень бромистий);
- хлоргідрини (етиленхлоргідрин, епіхлоргідрин та ін.);
- фторорганічні сполуки (фтороцтова кислота і її ефіри, фторетанол та ін.);
- деякі інші сполуки: (бенз)апірен, фосген, оксид етилену, аміни, аліловий спирт, тетраетилсвинець, діетилртуть, пентахлорбіфеніл та ін.).

До високонебезпечних хімічних речовин відносяться:

- мінеральні та органічні кислоти (сірчана, азотна, соляна, оцтова та ін.);
- луги (аміак, їдкий натр, їдкий калій та ін.);
- сірковмісні сполуки (сульфіди, сірковуглець, тіокислоти, тіоціанати та ін.);
- галогензаміщені вуглеводні (хлористий метил, бромистий метил та ін.);
- деякі спирти і альдегіди кислот (формальдегід, метиловий спирт та ін.);
- органічні і неорганічні нітро- і аміносполуки (гідразин, анілін, нітробензол, толуїдин і ін.);
- феноли, крезоли та їх похідні;
- кадмій, миш'як, свинець, барій, бром, алюміній, бор, ціаніди, роданіди, нітрити; ди- феніл (фенілбензол), алкіланілін, ампіцилін, бензилпеніцилін, вінілхлорид, формальдегід, анілін, циклогексан, піридин, бензол, метанол та ін.

До помірно небезпечних відносяться хром, ванадій, залізо, мідь, цинк, сульфіді, аміак, нітрати; дифеніламін, білкововітамінний концентрат (БВК), бензин, стирол, бутилен, етилен, ацетон та ін.

До малонебезпечних речовин відноситься фосфат кальцію, хлориди, сульфати; метилмеркаптан, фенол, гексахлоретан, гас, нафталін, толуол, олефісульфонати, карбонові кислоти, алкілсульфанати, нафта та ін.

Аварійно хімічно небезпечні речовини

Аварійно хімічно небезпечні речовини (АХНР), більш відомі як сильнодіючі отруйні речовини (СДОР) відносяться до класу надзвичайно і високонебезпечних, так як внаслідок поєднання токсичних і фізико-хімічних властивостей вони можуть викликати масове ураження людей, що знаходяться в контакті з ними, в разі аварійних викидів, звідси і назва «аварійно хімічно небезпечні речовини».

Критеріями для віднесення тієї чи іншої речовини до АХНР є:

1. Належність речовини до I-II класів небезпеки за величиною коефіцієнта можливості інгаляційного отруєння (КМІО).

Розрахунок КМІО проводиться за формулою:

$$\text{КМІО} = \frac{C_{\max}^{(20)}}{LC_{50}},$$

де $C_{\max}^{(20)}$ – максимальна концентрація парів речовини при 20 °С, мг/дм³; LC_{50} – середньосмертельна концентрація речовин при 2-х годинній експозиції, мг/дм³ (згідно ГОСТ 12.1.007-76 визначається по білих мишах).

Величини LC_{50} наводяться в довідниках. Наприклад, для хлориду міді $LC_{50} = 140$ мг/кг ваги при попаданні в шлунок.

Максимальна концентрація парів речовини визначається за формулою:

$$C_{\max}^{(20)} = \frac{16M \cdot p^{(20)}}{T},$$

де M – молекулярна маса речовини, г/моль; $p^{(20)}$ – пружність насиченої пари речовини при 20 °С, мм рт. ст. (для речовин з температурою кипіння нижче 20 °С $p^{(20)} = 760$ мм рт. ст.); T – температура кипіння речовини за абсолютною шкалою, К.

2. Наявність речовини на хімічно небезпечних об'єктах або його перевезення в кількостях, викид яких в навколишнє середовище може становити небезпеку масового ураження людей.

З огляду на те, що оцінка небезпеки речовини в залежності від його кількості проводиться стосовно конкретних умов, під масовим ураженням розуміється така ситуація, при якій в разі аварійного викиду АХНР утворюється вогнище ураження становить небезпеку: на хімічно небезпечному об'єкті – для робітників і службовців виробничої ділянки; в місті – для населення, що проживає в житловому кварталі, в замиській зоні – для населення, що проживає в робочому селищі або сільському населеному пункті.

Наявність другого критерію обумовлено тим, що з досить великого числа відомих і синтезованих нових хімічних сполук, що відносяться за величиною КМІО до I і II класів небезпеки, реальну небезпеку становить лише та їх частина, яка характеризується великотоннажністю виробництва, споживання, зберігання і перевезень.

Небезпека АХНР для людей визначається їх здатністю, проникаючи в порівняно невеликих кількостях через органи дихання в організм, порушувати його нормальну життєдіяльність, викликати різні хворобливі стани, а при певних умовах – летальний результат. У ряді випадків, в першу

чергу при знаходженні в безпосередній близькості від джерела зараження, можливе ураження людей через шкірні покриви. Ступінь і характер порушення нормальної життєдіяльності організму (ураження) залежать від особливостей механізму токсичної дії АХНР, його агрегатного стану, концентрації парів в повітрі і тривалості їх впливу, шляхів впливу на організм.

Значення токсодоз деяких аварійно хімічно небезпечних речовин наведені в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8.

Значення токсодоз деяких АХНР (СДОР)

Найменування продуктів	Середня токсодоза мг·хв/дм ³	
	порогова	смертельна
Акролеїн C_3H_4O	0,2	–
Ацетонітрил CH_3CN	21,6	–
Ацетонциангідрин C_4H_7NO	0,54	–
Гідроген флуорид HF	4	7,5
Миш'яковистий водень (арсин) AsH_3	7,5	–
Хлористий водень (хлоридна кислота) HCl	2,0	200
Ціаністий водень (синильна кислота) HCN	0,2	1,5
Диметиламін $(CH_3)_2NH$	4,8	–
Метиламін CH_3NH	4,8	–
Метил бромистий CH_3Br	3,5	900
Метил хлористий CH_3Cl	30,0	–
Метилмеркаптан CH_3SH	1,7	–
Метилакрилат $C_4H_6O_2$	6,0	–
Нітрил акрилової кислоти C_3H_3N	0,75	7,0
Азоту оксиди N_xO_y	1,5	7,8
Оксид етилену C_2H_4O	41,0	–
Сірчистий ангідрид SO_2	1,8	70,0
Сірководень H_2S	16,0	30,0
Сірковуглець CS_2	45,0	900,0
Хлороводень (концентрований) HCl	2	200
Триметиламін C_3H_9N	6	–
Формальдегід CH_2O	0,6	–
Фосген $COCl_2$	0,6	6,0
Фтор F_2	0,39	–
Фосфор Трихлористий PCl_3	3,0	30,0
Фосфору хлорокис $POCl_3$	0,6	–
Хлор Cl_2	0,6	6,0
Хлорпікрин CCl_3NO_2	0,02	24,0
Хлорціан $CNCl$	0,75	–
Етиленімін C_2H_5N	4,8	48
Етиленсульфід C_2H_4S	0,1	–
Етилмеркапкан C_2H_6S	6,0	–

При користуванні наведеними даними необхідно мати на увазі, що значення токсодоз є постійною величиною лише для порівняно короткочасних експозицій, що не перевищують 40-60 хвилин.

При більш тривалих впливах або при малих концентраціях АХНР значення токсодоз можуть бути значно вище, особливо для АХНР, які швидко виводяться з організму. У разі, коли АХНР практично не виводяться або слабо виводяться з організму, вражаюча дія посилюється в міру їх вдихання (кумулятивна дія) і отруєння посилюються.

Контрольні питання і завдання

1. Що розуміють під забрудненням навколишнього природного середовища?
2. Які масштаби антропогенного впливу на біосферу?
3. Як відбувається перетворення відходів рослинного і тваринного походження?
4. Як відбувається перетворення відходів синтетичного і мінерального походження?
5. В чому полягає ефект сенсibiliзації?
6. Як поділяються забруднення за походженням?
7. Чим первинне забруднення відрізняється від вторинного?
8. Дайте визначення локальним, регіональним та глобальним забрудненням.
9. Охарактеризуйте види забруднень, пов'язані з діяльністю людини?
10. Який вплив надає людина на навколоземний космічний простір?
11. Як називаються хімічні речовини, що забруднюють середовище проживання організмів?
12. Наведіть приклад міграції хімічних забруднюючих речовин в біосфері.
13. Що розуміють під хемосферой?
14. Які речовини називаються ксенобіотиками? Навести приклад.
15. На які чотири групи поділяють всі речовини хемосфери?
16. Які речовини називають токсикантами або екотоксикантами?
17. На які п'ять типів поділяють хімічні речовини в залежності від впливу на живі організми?
18. Як може проявлятися спільна дія декількох хімічних забруднювачів?
19. На які три типи поділяють вплив забруднювачів на живі організми?
20. Що таке мутація?
21. Які речовини по впливу на людину вважаються найбільш небезпечними?
22. Що таке ГДК?
23. Перерахуйте всі види ГДК, дайте їх визначення.
24. В яких одиницях вимірюється ГДК?
25. Які нормативи розробляються на основі ГДК?
26. Що таке ГДР?
27. Для яких об'єктів використовують лімітуючий показник шкідливості (ЛПШ)?
28. На які види поділяють водні об'єкти згідно з їх призначенням?
29. Які показники використовують для оцінки шкідливого впливу на ґрунти?
30. Що означає абревіатура «НХВ»?

31. Перерахуйте шляхи надходження хімічних речовин в живі організми.
32. У чому відмінність гострого отруєння від хронічного?
33. Що розуміють під пороговим рівнем вмісту шкідливих забруднюючих речовин у навколишньому середовищі?
34. Що таке токсична доза (токсодоза)?
35. Як розраховується токсодоза для різних шляхів потрапляння шкідливих речовин в організм?
36. В яких одиницях вимірюється токсодоза в різних випадках?
37. На які види поділяють токсодози для характеристики шкідливості хімічних речовин при впливі через органи дихання або володіють шкірно-резорбтивною дією?
38. Як прийнято позначати токсодози?
39. На які категорії ділять небезпечні хімічно речовини?
40. На скільки і на які класи небезпеки розділені шкідливі речовини за ступенем їх впливу на організм людини?
41. Наведіть приклади речовин, що входять в різні класи небезпеки.
42. Що означають аббревіатури «АХНР» і «СДОР»?
43. Що є критерієм віднесення речовини до АХНР?
44. Що означає аббревіатура «КМІО»? Як розраховується цей показник?
45. Чим визначається небезпека АХНР для людини?
46. Від чого залежить ступінь ураження людини при дії АХНР?
47. Наведіть приклади АХНР.