

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. Бекетова**

Г. В. Фесенко, В. І. Д'яконов

КУРС ЛЕКЦІЙ

з дисципліни

“БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ”

*(для студентів напряму підготовки 6.060101 «Будівництво» спеціалізації
«Охорона праці в будівництві»)*

**Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2015**

Фесенко Г. В. Курс лекцій з дисципліни «Безпека в надзвичайних ситуаціях» (для студентів напряму підготовки 6.060101 «Будівництво» спеціалізації «Охорона праці в будівництві») / Г. В. Фесенко, В. І. Д'яконов; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 54 с.

Автори: к.т.н., доц. Г. В. Фесенко, к.т.н., доц. В. І. Д'яконов

Рецензент: к.т.н., доц., В. І. Заіченко

Рекомендовано кафедрою «Охорона праці та безпека життєдіяльності», протокол № 13 від 12.03.2014 р.

ЗМІСТ

	Стор.
ЛЕКЦІЯ 1. Небезпеки радіаційного походження.....	4
ЛЕКЦІЯ 2. Ліквідація наслідків радіаційних аварій.....	14
ЛЕКЦІЯ 3. Небезпеки хімічного походження.....	33
ЛЕКЦІЯ 4. Ліквідація наслідків хімічних аварій.....	44
Список джерел.....	54

ЛЕКЦІЯ №1. НЕБЕЗПЕКИ РАДІАЦІЙНОГО ПОХОДЖЕННЯ

Питання для розгляду на лекції:

1.1 Види випромінювання.

1.2 Основні показники радіоактивності.

1.3 Вплив іонізуючого випромінювання на живі організми.

1.1 Види випромінювання

Усі речовини, які існують у природі або виготовлені штучно, поділяють на прості та складні. *Прості речовини* складаються з атомів одного і того ж самого елемента (водень, залізо, уран тощо), *складні речовини* – з молекул. Молекули, у свою чергу, складаються також з атомів. Так, до складу молекули води входять два атоми водню та один атом кисню (H_2O), а до складу молекули тротилу – 7 атомів вуглецю, 6 атомів кисню, 5 атомів водню і 3 атома азоту ($C_6H_2(NO_2)_3CH_3$).

Сукупність атомів одного виду називають хімічним елементом. На сьогодні відкрито 104 хімічних елементи. Для позначення елемента прийнято спеціальну символіку. Наприклад, для урану – $^{238}_{92}U$ цифра внизу позначає атомний номер, а цифра вгорі – атомну масу.

Атом – найдрібніша частинка хімічного елемента, яка зберігає всі його властивості. Він складається з позитивно зарядженого ядра, що знаходиться у центрі атома, і негативно заряджених електронів, які обертаються навколо ядра на різних орбітах. Якщо негативний заряд електронів дорівнює позитивному заряду ядра, атом стає електрично нейтральним.

Атомне ядро складається з протонів і нейтронів, які називають нуклонами. Кількість протонів (електронів) визначає хімічні властивості елементів, а кількість нейтронів впливає тільки на масу атома. У ядрі $^{238}_{92}U$ їх 92 та 146 відповідно ($238 - 92 = 146$).

Атоми, що мають ядра з однаковою кількістю протонів, але розрізняються за кількістю нейтронів, є різновидами одного і того самого хімічного елемента і називаються його ізотопами (нуклідами). Такі елементи мають однаковий номер у таблиці Менделєєва, але різне масове число ($^{39}_{19}K$, $^{40}_{19}K$, $^{41}_{19}K$). За фізичними властивостями всі нукліди поділяються на дві групи – стійкі (стабільні) і нестійкі (радіоактивні).

У важких елементів, ядра яких складаються з великої кількості частинок, ядерні сили притягання вже не спроможні компенсувати кулонівські сили відштовхування. У цьому разі починається внутрішня перебудова ядер. Явище спонтанної перебудови ядер від менш стійкого стану до більш стійкого одержало назву *радіоактивності*.

Радіоактивність – це здатність ядер деяких хімічних елементів спонтанно перетворюватися в ядра інших хімічних елементів з виділенням енергії у вигляді іонізуючого випромінювання.

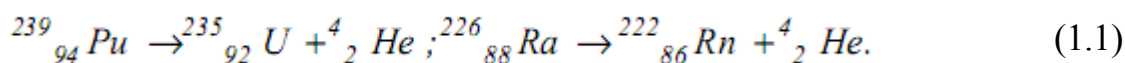
Основними видами іонізуючого випромінювання, що виникають при

розпаді різних нуклідів, є:

- альфа-випромінювання;
- бета-випромінювання;
- нейтронне випромінювання;
- гамма-випромінювання.

Альфа-випромінювання являє собою потік позитивно заряджених частинок, що мають масове число 4 і заряд, який дорівнює 2 (це ядро атома гелію – ${}^4_2\text{He}$). Нині відомо близько 40 природних і понад 200 штучних альфа-активних ядер, тобто ядер, здатних до альфа-розпаду.

Унаслідок альфа-розпаду початкове ядро перетворюється у нове ядро з атомним номером на 2 одиниці і масовим числом на 4 одиниці менше початкового:



Проникаюча здатність альфа-частинок є невеликою. Довжина їх пробігу в повітрі становить 2,5 см, а у біологічній тканині – 0,003 мм. При зовнішньому опроміненні значної небезпеки для людини вони не становлять. Однак ця небезпека стає великою в разі проникнення альфа-частинок всередину організму. Пов'язано це з тим, що частки мають високу густину іонізації.

Бета-випромінювання являє собою потік негативно (β^-) або позитивно (β^+) заряджених частинок (потік електронів або позитронів). Вони є легшими за альфа-частинки і мають проникаючу здатність значно вищу. Довжина пробігу в повітрі становить 17,8 м, у біологічній тканині – до 2 см. Однак густина іонізації є значно меншою.

При *електронному бета-розпаді* відбувається перетворення нейтрона у протон, яке супроводжується утворенням і викиданням з ядра електрона; заряд ядра і його порядковий номер збільшуються на одиницю:



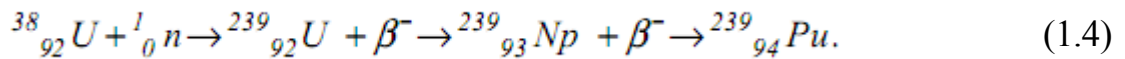
При *позитронному бета-розпаді* відбувається перетворення протона у нейтрон, яке супроводжується утворенням і викиданням з ядра позитрона; заряд ядра і його порядковий номер зменшуються на одиницю:



Нейтронне випромінювання – потік нейтральних частинок, що не несуть електричних зарядів, проникаюча здатність яких є дуже високою: вони можуть вільно проникати крізь тіло людини і більш щільне середовище. У повітрі довжина пробігу досягає декількох сотень метрів.

Нейтрони самі по собі не викликають іонізації, але, вибиваючи атоми з їх стабільних станів, створюють наведену радіоактивність у матеріалах і

тканинах, крізь які проходять:



Гамма і рентгенівське випромінювання – це потоки електромагнітних хвиль. У спектрі електромагнітних коливань вони розташовані за ультрафіолетовими променями (рис. 1.1).

Чим меншою є довжина хвилі, тим вищою – енергія випромінювання і більша його проникаюча здатність. Рентгенівські промені можна розглядати як гамма-промені низьких енергій, які не виходять з радіоактивного атома, – їх одержують штучно.

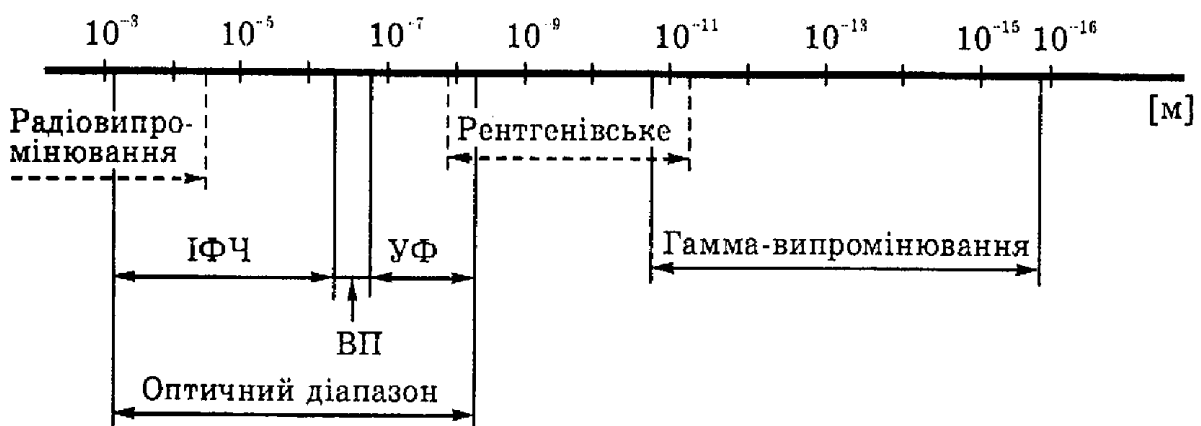


Рисунок 1.1 – Спектр електромагнітних коливань:

ІФЧ – інфрачервоне випромінювання; УФ – ультрафіолетове випромінювання; ВП – видимі промені

Джерелами гамма-випромінювання є ядерні реакції і розпад багатьох радіоактивних речовин.

Джерелами рентгенівського випромінювання є різні апарати і прилади, що використовуються в медицині та для інших цілей (апаратура зв'язку, яка потребує великої напруги), а також Сонце.

Рентгенівське і гамма-випромінювання з однаковою довжиною хвилі, крім способу одержання, за характером впливу на живий організм нічим одне від одного не відрізняються.

Отже, основну небезпеку для людей при зовнішньому опроміненні являє собою гамма-промені і нейтрони, а при внутрішньому опроміненні (при попаданні радіоактивних речовин (РР) усередину організму) – альфа- і бета-частинки.

Процес поділу ядра описується точковою моделлю ядра. На рис. 1.2 показані основні стадії процесу поділу ядра ${}^{235}\text{U}$: нейтрон наближається до ядра ${}^{235}\text{U}$, поглинається ядром ${}^{235}\text{U}$ з утворенням збудженого складеного ядра ${}^{236}\text{U}$. Далі через час порядку 10^{-14} с настає розпад складеного ядра, що може йти двома шляхами: або надлишкова енергія виділяється у виді γ -випромінювання і ядро

переходить в основний стан, тобто має місце реакція радіаційного захоплення нейтрона, або (приблизно в 6 разів частіше) надлишкова енергія приводить до деформації ядра з утворенням перетягання. Частини ядра починають рухатися, і в результаті перевищення кулонівських сил відштовхування над силами ядерного притягання ядро розривається по перемичці на два нових ядра – осколки поділу: – важкий і легкий, які являють собою ядра різних нуклідів, що знаходяться в середній частині Періодичної системи елементів. Осколки розлітаються з великою швидкістю, на їхню частку припадає близько 80 % енергії, що виділяється у процесі поділу. Рухаючись в речовині, осколки втрачають свою енергію на іонізацію інших атомів і молекул навколишнього середовища, а їхня кінетична енергія переходить в енергію теплового руху часток середовища, тобто йде на його розігрівання. Частина енергії, що виділяється у процесі поділу, переходить в енергію поділу, руйнування нових ядер. Енергія поділу, руйнування порушення кожного з нових ядер істотно більше енергії зв'язку нейтрона в цих ядрах, тому при переході в основний енергетичний стан вони випускають один або кілька нейтронів, а потім γ -кванти. Нейтрони і γ -кванти, що випускаються збудженими ядрами, називаються миттєвими.

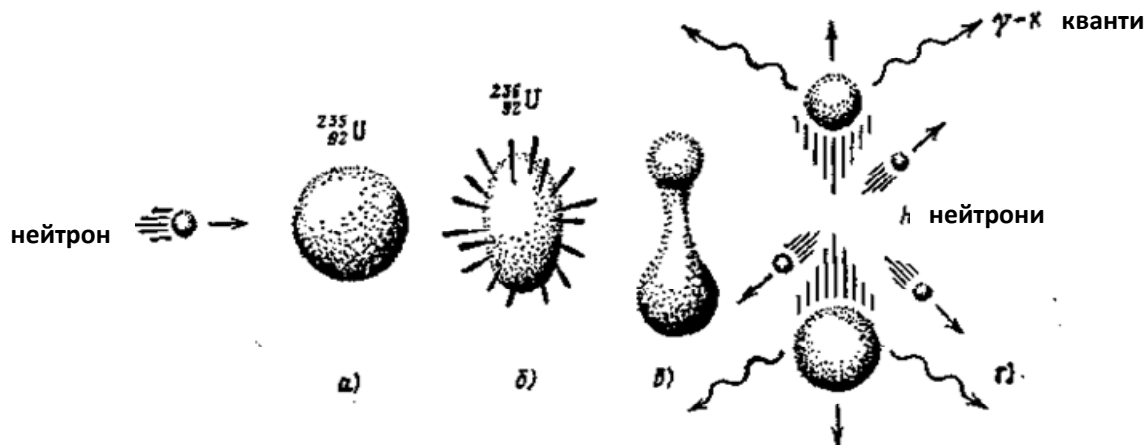


Рисунок 1.2 — Основні стадії процесу поділу ядра ^{235}U

Після гальмування нові ядра перетворюються в нейтральні атоми, що називають *продуктами розподілу*. Таким чином, захоплюючи нейтрон, атомне ядро нукліда, поділяється на дві маси (і на два нукліди) і при цьому випускає 2-3 нейтрони, які викликають ділення інших атомних ядер нукліда, що поділяються знову з випускеним нейтронами, що, у свою чергу, викликають поділ наступних атомних ядер нукліда і т.д. Таке перетворення атомних ядер нукліда називають ланцюговим процесом поділу.

При діленні вивільнюється велика кількість енергії (200 MeV на акт поділу, на одиницю маси в 3 млн. разів більше енергії, ніж вугілля), і атомні ядра, що поділяються, випускають вторинні нейтрони в 2-3 рази більше числа поглинутих при діленні.

Наприклад, енергія, що вивільнюється при поділі всіх ядер, що містяться

в 1 кг ($2,55 \cdot 10^{24}$ ядер) ^{235}U , становить:

$$\varepsilon = 2 \cdot 10^2 \cdot 2,55 \cdot 10^{24} \text{ MeV} = 1,91 \cdot 10^{10} \text{ Ккал} = 2 \cdot 10^{10} \text{ Ккал}, \quad (1.5)$$

що еквівалентно тій енергії, яку можна одержати від згорання приблизно 1800 тонн бензину або 2500 тонн кам'яного вугілля.

Ланцюгова реакція поділу на швидких нейтронах (при $E > 10^5$ еВ) може мати місце тільки у системі, що працює на високозбагаченому паливі, ступінь збагачення якого 20–30 %, що більш ніж на порядок вище ступеня збагачення природного урану (0,712 %). Це пов'язано з тим, що в цій області енергій при взаємодії з ядром ^{238}U нейтрони в 5-10 разів частіше вступають у реакцію непружного розсіювання, ніж у реакцію поділу. Тому для здійснення на практиці ланцюгової реакції необхідно розділити ці ізотопи, що являє собою завдання, яке розв'язується дуже складно. Умови, за яких реалізується ланцюгова реакція поділу на швидких нейтронах, створюються в активних зонах ядерних реакторів на швидких нейтронах.

Для здійснення незатухаючої ланцюгової реакції поділу необхідно природний уран помістити в речовину, яка ефективно сповільнює швидкі нейтрони, що утворюються при поділі ^{235}U , до теплових енергій ($E \sim 0,025$ еВ). Ефективними сповільнювачами нейтронів є легкі речовини, маса ядер яких у незначній мірі відрізняється від маси нейтрона. Такими властивостями володіють вуглець (графіт), важка вода, берилій або окис берилію, що і використовуються як сповільнювачі. Звичайна вода має порівняно великий перетин захоплення теплових нейтронів, і її може бути використано як сповільнювач при здійсненні ланцюгової реакції на збагаченому нукліді ^{235}U урану.

1.2 Основні показники радіоактивності

У кожній радіоактивній речовині (РР) відбувається поступовий розпад ядер її атомів, причому за одиницю часу розпадається певна частина їх загальної кількості, тобто кожна РР має свою швидкість розпаду атомів; при цьому середня швидкість розпаду є постійною.

Відомо, що кількість радіоактивних атомів даного радіонукліда (РН) зменшується з часом за експоненціальним законом, тобто математично закон радіоактивного розпаду виражається рівнянням:

$$N(t) = N(0) \cdot \exp(-\lambda t), \quad (1.6)$$

де $N(t)$ – кількість наявних радіоактивних ядер на певний момент часу t ;

$N(0)$ – кількість радіоактивних атомів у початковий момент часу;

λ – стала радіоактивного розпаду, що показує, яка частина загальної кількості атомів розпадається за одиницю часу, с^{-1} .

На практиці для характеристики швидкості розпаду радіоактивних елементів користуються не сталою розпаду, а періодом напіврозпаду.

$T_{1/2}$ – це час, протягом якого розпадається половина всіх атомів даного РН.

Період $T_{1/2}$ для кожного РН – стала величина і коливається від часток секунди до кількох мільярдів років, наприклад для: РН – ^{238}U – $4,5 \cdot 10^9$ років, для ^{90}Sr – 28 років, для ^{131}I – 8 діб, для ^{27}Mq – 9,46 сек.

Між $T_{1/2}$, і λ існує прямий зв'язок:

$$\lambda = \ln 2 / T_{1/2} = 0,693 / T_{1/2}. \quad (1.7)$$

Отже, закон радіоактивного розпаду може мати такий вигляд:

$$N(t) = N(0) \cdot 2^{-T/2}. \quad (1.8)$$

З даного виразу можна зробити такі практичні висновки: через час $t = 5T_{1/2}$ залишається 3,12 % РН, а через $t = 10 T_{1/2}$ РН повністю розпадається, тобто після закінчення цього часу залишається менше 0,1 % початкової кількості атомів.

Для кількісної оцінки джерел випромінювання РН використовується поняття «активність», яке означає кількість радіоактивних розпадів ядер атомів за одиницю часу:

$$A = dN / dt; dN / dt = \lambda \cdot N; A = \lambda \cdot N = 0.693 \cdot N / T_{1/2}. \quad (1.9)$$

Чим більше радіоактивних перетворень зазнають атоми даного РН за одиницю часу, тим більшою є його активність.

Так, якщо взяти з однаковою масою РН літію-8, фосфору-32, та урану-235, що мають різний $T_{1/2}$ (0,89 сек, 14,3 доби, та $7,1 \cdot 10^8$ років відповідно), то найбільш активними будуть літій і фосфор, а малоактивним – уран, оскільки найбільша кількість розпадів за одиницю часу буде в перших двох ізотопів. Але чим меншою є швидкість розпаду, тим довше «житиме» РН, іонізуючи середовище.

У системі СІ за одиницю активності прийнято одне ядерне перетворення за секунду – бекерель (Бк):

$$1 \text{ Бк} = 1 \text{ розп. / сек.} \quad (1.10)$$

Позасистемною одиницею активності є кюрі (Кі). Це активність такої кількості РН, у якій відбувається 37 млрд. розпадів ядер за секунду:

$$1 \text{ Кі} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк} = 2,2 \cdot 10^{12} \text{ розп. / хв}; 1 \text{ Бк} = 2,7 \cdot 10^{-11} \text{ Кі.} \quad (1.11)$$

Активність в 1 Кі мають: 1 г радію-226; 1 мг кобальту-60; 10^{-7} г натрію-24; 16 г плутонію-239; 570 кг урану-235.

Для характеристики зараженості середовища, об'єктів, продуктів

харчування тощо використовуються величини питомої, об'ємної і поверхневої активності, що являють собою відношення кількості розпадів РН, вираженої в кюрі, бекерелях або їх похідних, до одиниці маси, об'єму або площі поверхні (Ки/кг , Ки/м^3 , Ки/м^2).

Поглинута доза – основна фізична величина, прийнята для оцінки впливу ІВ на об'єкти живої і неживої природи; характеризує енергію будь-якого виду випромінювання, поглинутого одиницею маси опроміненого середовища.

За одиницю поглинутої дози в системі СІ прийнято *грей* (Гр). Це така доза, за якої 1 кг опроміненої речовини поглинає енергію в 1 джоуль, $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$. Позасистемною одиницею є *рад* – така поглинута доза, при якій 1 г речовини поглинає енергію в 100 ергів незалежно від виду енергії випромінювання.

$$1 \text{ рад} = 100 \text{ ерг} / \text{г} ; 1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад}. \quad (1.12)$$

Експозиційна доза характеризує іонізуючу здатність фотонного випромінювання в повітрі (гамма - і рентгенівського випромінювання).

За одиницю експозиційної дози в системі СІ прийнято *кулон на кілограм* (Кл/кг). Це така доза рентгенівського і гамма-випромінювання, при якій в 1 кг сухого атмосферного повітря утворюються іони, що несуть позитивний або негативний електричний заряд, який дорівнює 1 кулону.

Позасистемною одиницею є *рентген* (Р). Це така доза рентгенівського і гамма-випромінювання, яка зумовлює виникнення в 1 см^3 сухого атмосферного повітря за нормальних умов ($t = 0^\circ\text{C}$ і $P = 101,3 \text{ кПа}$) 2,58 мільярда пар іонів:

$$1 \text{ Р} = 2.58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл} / \text{кг} . \quad (1.13)$$

Для порівняння різних видів іонізуючого випромінювання (ІВ) за їх біологічною дією введено поняття відносної біологічної ефективності (ВБЕ). ВБЕ може бути охарактеризована за допомогою коефіцієнта якості випромінювання – Q (для малих рівнів опромінення), який показує, у скільки разів ефективність біологічного впливу даного виду випромінювання є більшою за ефективність біологічного впливу гамма-випромінювання за однакової поглинутої дози.

Щоб урахувати цей ефект, введено поняття *еквівалентної дози*, яке використовується для визначення рівня радіаційної небезпеки за тривалого опромінення людини в малих дозах. Еквівалентну дозу визначають як добуток поглиненої дози даного виду випромінювання на коефіцієнт якості ІВ:

$$D_{\text{екв}} = Q \cdot D_{\text{погл}}. \quad (1.14)$$

У системі СІ за одиницю еквівалентної дози прийнято *зіверт* (Зв). Зіверт дорівнює еквівалентній дозі випромінювання будь-якого виду, яке створює такий же біологічний ефект, як і поглинена доза в 1 Гр рентгенівського або гамма-випромінювання. Отже:

$$1 \text{ Зв} = 1 \text{ Гр} / Q. \quad (1.15)$$

Позасистемною одиницею еквівалентної дози є *бер* – біологічний еквівалент рада. Один бер – це поглинена доза будь-якого виду випромінювання, яка викликає такий саме біологічний ефект, що і один рад гамма-випромінювання, тобто:

$$1 \text{ бер} = 1 \text{ рад} / Q, \text{ а } 1 \text{ Зв} = 100 \text{ бер}. \quad (1.16)$$

Дози опромінення різних ділянок тіла або органів можуть бути неоднаковими, особливо при внутрішньому опроміненні. Це пояснюється тим, що різні органи мають свою чутливість до опромінення. Для оцінки нерівномірного опромінювання тіла користуються поняттям ефективної еквівалентної дози – ЕЕД.

Ефективна еквівалентна доза (ЕЕД) - сума середніх еквівалентних доз $D_{\text{ЕКВТ}}$ у різних органах, порівняно з коефіцієнтом W_T :

$$D_{\text{ЕЕД}} = \sum W_T \cdot D_{\text{ЕКВТ}}. \quad (1.17)$$

Коефіцієнти порівняння W_T дозволяють вирівнювати ризик наслідків опромінення незалежно від того, рівномірно чи нерівномірно опромінюється тіло. Коефіцієнти W_T характеризують відношення ризику опромінення даного органа до сумарного ризику за рівномірного опромінення всього тіла (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Значення коефіцієнта W_T для різних органів і тканин організму людини

Орган дихання	W_T	Орган тканини	W_T
Гонади	0,20	Печінка	0,05
Червоний кістковий мозок	0,12	Стравохід	0,05
Товста кишка	0,12	Щитовидна залоза	0,05
Легені	0,12	Шкіра	0,01
Шлунок	0,12	Кісткова тканина	0,01
Сечовий міхур	0,05	Молочна залоза	0,05

Наприклад, доза опромінення щитовидної залози в 100 бер відповідає ЕЕД = 5 бер, тобто приймається, що за рівномірного опромінення всього тіла дозою 5 бер імовірність ушкодження організму є такою самою, як і при опроміненні дозою 100 бер лише щитовидної залози.

Потужність дози P (поглинутої, експозиційної, еквівалентної) характеризує ступінь забруднення місцевості РР і являє собою приріст дози за одиницю часу:

$$P = \Delta D / \Delta t. \quad (1.18)$$

1.3 Вплив іонізуючого випромінювання на живі організми

Усі види ІВ справляють дуже руйнівну дію на живий організм. При вивченні дії ІВ на організм було виявлено такі особливості:

1. Радіація не має смаку і запаху, її не можна побачити і почути. Тому впливу ІВ на організм людина не відчуває. У людей відсутні органи відчуття, які б сприймали ІВ. Тому людина може проковтнути, вдихнути РР без будь-яких первинних відчуттів.

2. Наявність прихованого (інкубаційного, або латентного) періоду виявлення впливу ІВ. Видиме ураження шкіряного покриву, нездужання, характерне для променевого захворювання, виявляються не відразу, а через деякий час. Тривалість цього періоду скорочується зі збільшенням дози опромінення.

3. При систематичному попаданні в організм людини РР відбувається накопичення малих доз, що призводить до променевої хвороби. Цей ефект називається *кумуляцією*.

4. ІВ на організм людини може впливати як безпосередньо – соматичне ураження (від грец. *some* – «тіло»), так і виявлятися у нащадків, – цей ефект називається *генетичним*.

5. Різні органи живого організму мають свій рівень чутливості до опромінення. Тому нормами радіаційної безпеки встановлено три групи критичних органів тіла людини. При щоденному впливі дози $(0,2-0,5) \cdot 10^{-2}$ Зв можуть статися зміни у крові.

6. РР, потрапляючи до організму людини, відкладаються вибірково в органах і частинах тіла. Залежно від поділу в тканинах організму виділяють такі РН:

– ті, що поділяються рівномірно – тритій, вуглець, залізо, полоній, інертні благородні гази;

– ті, що накопичуються в кістках – стронцій, кальцій, барій, радій, ітрій, цирконій, плутоній, торій, фосфор, вуглець;

– ті, що залишаються у м'язовій тканині – цезій, радій, рубідій, кобальт;

– ті, що відкладаються у шлунково-кишковому тракті – калій, натрій, тритій, полоній;

– ті, що відкладаються в нирках – рутеній, плутоній;

– ті, що відкладаються в селезінці і лімфатичних вузлах – рутеній, ніобій.

РН йоду в щитовидній залозі концентрується в 100–200 разів більше, ніж в інших тканинах і органах.

7. Наслідки опромінення однаковими дозами для різних живих організмів є неоднаковими. Чим більш примітивною є будова організму, тим більшу стійкість до впливу ІВ він має.

Бактерії, знайдені у воді, що омиває ядерний реактор у Лос-Анджелесі, при дозі 10 тис. Зв не тільки не гинуть, а продовжують розмножуватися, живлячись смолою іонообмінних фільтрів.

8. Ефект опромінення залежить не тільки від дози випромінювання, але й від часу, протягом якого одержано цю дозу. Виявлено, що для біологічних

клітин, які містять O_2 , тривале опромінення малими дозами є більш небезпечними, ніж короткочасне великими дозами (до певного рівня).

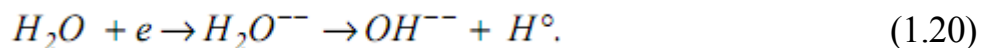
Значення напівлетальної дози LD_{50} , від якої протягом 30 діб гине 50% людей, що зазнали одноразового опромінення, складає близько 3-5 Зв.

Встановлено, що вплив радіації відбувається на атомному або молекулярному рівні незалежно від того, отримуємо ми зовнішнє опромінення або внутрішнє – через воду та їжу.

Основну частину маси живого організму становить вода (у людини – 70-75%). Тому при опроміненні живої тканини значна частина енергії ІВ поглинається, відбувається її радіоліз, при якому молекули розщеплюються на пару іонів: $H_2O \rightarrow H_2O^+ + e$. Позитивний іон води відразу ж розпадається з утворенням вільного радикала OH° :



а вибитий електрон e захоплюється іншою молекулою води, у результаті утворюється негативний іон води, який розпадається з утворенням радикала H° :



Якщо іони H^+ і OH^- , рекомбінуючи утворюють воду, то вільні радикали H° (сильний відновник) і OH° (сильний окислювач) мають високу хімічну активність. За наявності кисню утворюються також вільні радикали гідроперекису OH_2° і перекису водню $H_2O_2^\circ$, які є сильними окислювачами.

Вільні радикали води H° , OH° , HO_2° , $H_2O_2^\circ$, що утворюються в процесі радіолізу води, маючи високу хімічну активність, вступають у хімічні реакції з молекулами білка, ферментів та інших структурних елементів біологічної тканини, що призводить до зміни біохімічних процесів в організмі. У результаті порушуються обмінні процеси, пригнічується активність ферментних систем, сповільнюється і припиняється ріст тканин, виникають нові хімічні сполуки, не властиві організму – токсини. Порушується життєдіяльність окремих функцій або систем і організму в цілому.

Це призводить до незворотних процесів в організмі людини. Змінюється склад найважливіших тканин живого організму (зокрема крові, кісткового і спинного мозку). Починається переродження клітин.

У здорової людини налічується близько 10^{14} червоних кров'яних тілець, при щоденному відтворенні 10^{12} ; у хворого на променеву хворобу таке співвідношення порушується, внаслідок чого організм гине.

Специфіка впливу ІВ на біологічні організми полягає в тому, що ефект, викликаний ними, зумовлений не стільки кількістю поглинутої енергії, скільки формою передавання цієї енергії. Жодний інший вид енергії (теплової, електричної та ін.), поглиненої організмом у тій самій кількості, не призводить до таких змін, як ІВ. Наприклад, смертельна доза ІВ, яка для ссавців дорівнює 5

Гр, відповідає поглинутій енергії випромінювання 5 Дж/кг. Якщо цю енергію перетворити у теплову, то вона нагріла б тіло на 0,001°C. Це тепла енергія склянки гарячого чаю. Саме іонізація і збудження атомів і молекул середовища зумовлює специфіку дії ІВ.

Кожна клітина містить молекулу ДНК, яка несе інформацію, потрібну для правильного утворення нових клітин. Радіаційне опромінення може вбити клітини або змінити інформацію в ДНК так, що з часом в організмі почнуть з'являтися дефектні клітини. Зміна генетичного коду клітини організму називається мутацією. Мутація може призвести до значних змін, у тому числі й розвитку раку. Найбільш небезпечним є те, що дитина з такими клітинами може досягти зрілого віку, а потім передати змінений генетичний код своїм дітям. Тому радіаційні ураження прийнято ділити на *соматичні* та *генетичні*.

До *соматичних уражень* відносяться гостра і хронічна променевої хвороби (ПХ), локальні променевої ураження організму.

Установлено, що при одноразовому рівномірному гамма-опроміненні всього тіла (доза до 0,25 Зв) не можна виявити якихось змін у стані здоров'я людини. При еквівалентній дозі 0,25-0,5 Зв також відсутні зовнішні ознаки променевого ураження. В інтервалі доз 0,5-1,0 Зв виникає відчуття втоми без втрати працездатності. Менше ніж у 10 % опромінених можуть з'явитися блювання, зміни крові. Різні форми променевої хвороби розвиваються при дозах одноразового опромінення вище 1 Зв.

Розрізняють 4 ступені гострої променевої хвороби.

1-й ступінь – легкий (1-2 Зв) – характеризується відсутністю або слабкою вираженістю первинної реакції на опромінення. Прихований період продовжується 3-5 тижнів, після чого з'являються: нездужання, загальна слабкість, нудота, підвищена температура. У першу добу після опромінення в 30-50 % випадків спостерігається блювання. Після видужання працездатність людей, як правило, зберігається. Смертельний кінець відсутній.

2-й ступінь - середньої важкості (2-4 Зв) – протягом перших двох-трьох діб спостерігається бурхлива первинна реакція організму (нудота і блювання, різко знижується вміст лейкоцитів у крові). Далі настає прихований період (симптоми хвороби зникають), який триває від 5 до 20 діб, після чого загальний стан різко погіршується. У 20 % випадків можливий смертельний кінець. Смерть настає через 2-6 діб після опромінення. У кращому випадку при активному лікуванні видужання може початися через 2-6 місяців.

3-й ступінь – важкий (4-6 Зв) – протягом місяця після опромінення смертельний кінець настає в 50 % випадків.

4-й ступінь – дуже важкий (понад 6 Зв). Прихований період хвороби відсутній. У перші години з'являється блювання, сильний розлад шлунково-кишкового тракту (ШКТ) і порушення кровообігу. Наприкінці другого тижня настає смерть. Видужання можливе у 30-50 % за умови невідкладного початку лікування у спеціалізованій клініці.

На цей час є досвід комплексного лікування ПХ, що дозволяє виключити смертельний кінець при дозах до 10 Зв.

Хронічна променева хвороба розвивається поступово, триває довго. У

цьому разі опромінення систематично повторюється дозами, нижчими за ті, що викликають ПХ, але в сумі набагато більшими за гранично допустимі; її ознаками є зміни складу крові (недокрів'я) і ряд симптомів розладу нервової системи.

За встановленими даними, реакція організму на вплив ІВ може проявитись і у віддалений період (через 10-29 років і більше).

Такими реакціями можуть бути лейкози, злоякісні пухлини різних органів і тканин, катаракти, ураження шкіри, скорочення тривалості життя.

При попаданні РР усередину організму людина зазнає постійного опромінення до того часу, поки РР не виведеться з організму в результаті розпаду або фізіологічного обміну. Це опромінення є дуже небезпечним, тому що викликає ураження різних органів, які довго не заживають.

Можливі чотири шляхи проникнення РР в організм: через органи дихання, через ШКТ, через ушкодження й розриви на шкірі і шляхом абсорбції через здорову шкіру.

Найбільш небезпечним є перший шлях, оскільки об'єм споживаного повітря становить 20 м³/добу, а з їжею людина споживає тільки 2,2 л води за добу (800 л/рік).

Якщо РН не закріпилися в тканинах і органах тіла, вони через деякий час проходять через нирки і виходять із сечею.

У літніх людей відновні процеси сповільнені, мають меншу ефективність, що і визначає підвищену уражуваність осіб цього віку. Період напіввиведення цезію-137 у дорослих – близько 140 діб, а в дітей, залежно від віку - від 50 до 20 діб. Чим молодший організм, тим швидше (за інших однакових умов) він очищається від РН.

ЛЕКЦІЯ №2. ЛІКВІДАЦІЯ НАСЛІДКІВ РАДІАЦІЙНИХ АВАРІЙ

Питання для розгляду на лекції:

2.1 Поняття про радіаційні аварії.

2.2 Завдання ліквідації наслідків радіаційних аварій.

2.3 Проведення ліквідації наслідків радіаційних аварій.

2.1 Поняття про радіаційні аварії

Відповідно до НРБУ-97 *радіаційна аварія* – незапланована подія на якому-небудь об'єкті з радіаційною або радіаційно-ядерною технологією, якщо при виникненні цієї події виконуються дві необхідних і достатніх умови:

- втрата регулюючого контролю над джерелом;
- реальне (або потенційне) опромінення людей, пов'язане із втратою регулюючого контролю над джерелом.

Будь-яка незапланована подія, що відповідає зазначеним вище умовам і виникла на енергетичному, транспортно-енергетичному, дослідницькому або промисловому атомному реакторі, кваліфікується як радіаційна аварія незалежно від причин і масштабів цієї аварії.

У випадку, якщо подібна аварія сталася з одночасною втратою контролю над ланцюговою ядерною реакцією і виникненням реальної або потенційної загрози мимовільної ланцюгової реакції, то така подія кваліфікується як *аварія радіаційно-ядерна*.

До класу *промислових* відносяться такі радіаційні аварії, наслідки яких не поширюються за межі території виробничих приміщень і промплощадки об'єкта, а аварійне опромінення одержує тільки персонал.

До класу *комунальних* відносяться радіаційні аварії, наслідки яких не обмежуються приміщеннями об'єкта і його проммайданчиком, а поширюються на навколишні території, де проживає населення. Останнє стає, таким чином, об'єктом реального або потенційного аварійного опромінення.

За масштабами комунальні радіаційні аварії поділяються на:

- *локальні*, якщо в зоні аварії проживає населення загальною чисельністю до десяти тисяч чоловік;

- *регіональні*, при яких в зоні аварії опиняються території декількох населених пунктів, один або кілька адміністративних районів і навіть областей, а загальна чисельність утягненого в аварію населення перевищує десять тисяч чоловік;

- *глобальні* – це комунальні радіаційні аварії, унаслідок яких утягується значна частина (або вся) територія країни та її населення;

- *трансграничні* – це такі глобальні комунальні аварії, коли зона аварії поширюється за межі країни, у якій вона сталася.

Аварійна ситуація – стан АЕС, що характеризується порушенням межі або умов безпечної експлуатації, що не перейшов в аварію.

Експериментально встановлено, що у випадку найважчої з можливих

аварій у механічну енергію вибуху може перейти лише 1 % енергії ядер, що діляться. Таким чином, головна потенційна небезпека АЕС у випадку аварії зумовлена в основному викидом у навколишнє середовище радіоактивних продуктів розподілу, накопичених у реакторі за час його роботи.

2.2 Завдання ліквідації наслідків радіаційних аварій

Аварійно-рятувальні роботи у разі радіаційної аварії здійснюються в два етапи: першочергові аварійно-рятувальні роботи і ліквідація наслідків аварій (зокрема ремонтно-відновлювальні роботи на об'єкті і його території).

Основними завданнями, що вирішуються в ході першочергових аварійно-рятувальних робіт на радіаційно небезпечному об'єкті, є:

- встановлення контролю над аварійною установкою (ядерним реактором);
- оцінка обстановки і ухвалення рішень по зниженню тяжкості аварії і її наслідків;
- проведення аварійно-рятувальних робіт;
- гасіння пожеж;
- придушення викидів радіоактивних речовин і запобігання розповсюдженню радіоактивної хмари;
- дезактивація шляхів підходу людей і техніки до місць проведення робіт;
- заходи щодо радіаційного захисту персоналу і населення.

Ліквідація наслідків аварії спрямована, перш за все, на запобігання розповсюдженню радіоактивних речовин за межі забрудненої території і включає: локалізацію і ліквідацію джерел радіоактивного забруднення; дезактивацію (реабілітацію) забрудненої території і об'єктів; збір і поховання (розміщення) радіоактивних відходів, що утворюються в ході робіт, а також ремонтно-відновлювальні роботи на об'єкті і його території, об'єм і зміст яких визначається ступенем тяжкості аварії і планами їх подальшого використання по прямому призначенню або в інших цілях.

Конкретний перелік робіт і порядок їх планування визначається ступенем радіоактивного забруднення території і технічним станом відновлюваного об'єкту.

Основними завданнями при плануванні робіт по локалізації джерел випромінювань і ліквідації наслідків аварії є:

- об'єктивна оцінка складу і основних форм знаходження джерел випромінювань і забруднення;
- облік властивостей основних поверхонь території і об'єктів;
- оцінка передбачуваного характеру (міцності) фіксації радіоактивного забруднення на різних поверхнях;
- визначення пріоритетів (черговості) проведення робіт по локалізації і ліквідації забруднень на різних об'єктах (ділянках) залежно від їх впливу на формування радіаційної обстановки;
- вибір найбільш ефективних і реально здійснених способів локалізації і ліквідації радіоактивного забруднення об'єктів, виходячи з тих, що є у розпорядженні сил і технічних засобів.

Пріоритетною метою ліквідації наслідків радіаційних аварій (ЛНРА) є забезпечення необхідного рівня заходів захисту населення.

Ухвалення рішень по ліквідації наслідків аварій залежить від цілей і завдань, визначуваних кожною конкретною стадією робіт.

На ранній стадії вирішуються наступні завдання ЛНРА:

- локалізація джерела аварії, тобто припинення викиду радіоактивних речовин в навколишнє середовище;

- виявлення і оцінка радіаційної обстановки, що складається;

- зниження міграції первинного забруднення на менш забруднені або незабруднені ділянки шляхом локалізації або видалення забруднених фрагментів технологічного устаткування, будівель і споруд, проток радіоактивних речовин;

- створення тимчасових майданчиків складування радіоактивних відходів. Характерною особливістю ранньої стадії аварії є висока вірогідність виникнення вторинних забруднень за рахунок перенесення нефіксованих, первинно випавших радіоактивних речовин на менш забруднені або незабруднені поверхні.

На проміжній стадії вирішуються наступні завдання ЛНРА:

- стабілізація радіаційної обстановки і забезпечення переходу до планових робіт по ЛНРА;

- організація постійного контролю радіаційної обстановки;

- ухвалення рішення про методи і технічні засоби ЛНРА;

- проведення планових заходів щодо ЛНРА до досягнення встановлених контрольних рівнів радіоактивного забруднення;

- створення тимчасової або стаціонарної системи безпечного поводження з радіоактивними відходами (локалізація і ліквідація об'єктів первинного і вторинного забруднень, видалення радіоактивних відходів, що утворюються, на тимчасові або стаціонарні майданчики тощо);

- забезпечення необхідного рівня заходів захисту населення, що проживає на забруднених територіях.

На цій стадії проводиться уточнення і деталізація даних інженерної і радіаційної обстановки, зонування територій по видах і рівнях випромінювань і реалізація заходів, необхідних і достатніх для забезпечення заданого рівня заходів захисту населення.

У цей період на поверхнях об'єктів радіонукліди знаходяться в нефіксованих або слабо фіксованих формах. Методи ЛНРА на цій фазі аварії повинні виключити можливість виникнення вторинних забруднень, запобігти процесу фіксації радіоактивних речовин на поверхні і проникнення їх углиб об'єму і, як наслідок, понизити рівень вимог до необхідних заходів захисту населення.

На пізній стадії вирішуються наступні завдання ЛНРА:

- завершення планових робіт по ЛНРА і доведенню радіоактивного забруднення до передбачених Нормами радіаційної безпеки рівнів;

- ліквідація тимчасових майданчиків складування радіоактивних відходів або організація радіаційного контролю безпеки зберігання на весь період

потенційної небезпеки;

– забезпечення мешкання населення без дотримання заходів захисту.

Роботи на пізній стадії ЛНРА найбільш трудомісткі і тривалі.

Радіонукліди, що визначають радіаційну обстановку на забруднених об'єктах, в цей період знаходяться переважно у фіксованих і таких, що важко видаляються, формах. Вибір найбільш ефективних методів дезактивації робиться з урахуванням нуклідного складу і фізико-хімічних форм радіоактивного забруднення.

2.3 Проведення ліквідації наслідків радіаційних аварій

2.3.1 Виявлення радіаційної обстановки

Виявлення радіаційної обстановки при аваріях полягає у визначенні методом прогнозування або за даними розвідки масштабів і ступеня радіоактивного забруднення навколишнього середовища.

Оцінка радіаційної обстановки включає визначення впливу радіоактивного забруднення навколишнього середовища на дії сил Єдиної державної системи цивільного захисту і поведінка населення, а також обґрунтування заходів захисту.

При виявленні радіаційної обстановки вирішуються наступні завдання:

- прогнозування радіаційних наслідків можливих аварій;
- виявлення радіоактивного забруднення;
- радіаційна розвідка і контроль за розповсюдженням радіоактивних речовин;
- встановлення меж і ступеня (щільність) радіоактивного забруднення;
- визначення оптимальних маршрутів руху людей, транспорту та іншої техніки до аварійного об'єкту, евакуації (відселення) населення і сільськогосподарських тварин.

Прогнозування радіаційних наслідків аварій з викидом (скиданням) радіоактивності в навколишнє середовище має на меті:

- визначення радіологічної значущості аварії на основі оцінки потенційних доз опромінювання населення;
- класифікація аварій по радіологічній тяжкості і вибір на цій основі оптимальних заходів радіаційного захисту населення.

При прогнозуванні радіаційних наслідків аварій здійснюється:

- визначення масштабів розповсюдження радіоактивної речовини (визначення меж зони радіаційної аварії) залежно від характеристик викиду (скидання), географічних, погодних і інших природних умов;
- оцінка ступеня радіоактивного забруднення навколишнього середовища на різних фазах аварії залежно від місцеположення щодо джерела викиду;
- оцінка потенційних доз опромінювання населення на різних фазах аварії.

Прогнозування радіаційних наслідків аварій проводиться протягом нормальної діяльності об'єкту при розробці відповідних аварійних планів. Прогноз уточнюється на ранній, проміжній і пізній фазах аварії на основі отримуваних даних про радіаційну обстановку з метою коректування планів і

методів ЛНРА.

Для виявлення радіоактивного забруднення використовуються автоматизовані системи контролю викидів радіоактивних речовин, встановлені на будівлях і спорудах радіаційно небезпечних об'єктів, і автоматизовані системи контролю радіаційної обстановки в санітарно-захисних зонах і зонах спостереження цих об'єктів.

Радіаційна розвідка включає: обстеження (контроль) території (акваторії, повітряного простору), будівель, споруд, техніки в цілях підтвердження факту їх радіоактивного забруднення; визначення руху забрудненої хмари, потужності дози і щільності радіоактивного забруднення, позначення радіаційно небезпечних районів (ділянок) місцевості, окремих об'єктів і маршрутів.

Радіаційна розвідка організовується і здійснюється на основі даних прогнозу про райони можливого радіоактивного забруднення і радіаційної обстановки, що склалася. Специфіка радіаційної розвідки визначається особливостями формування радіаційної обстановки. Дані розвідки використовуються для оцінки можливого рівня зовнішнього і внутрішнього опромінювання персоналу об'єкту і населення, для встановлення необхідності евакуації (відселення) населення, встановлення режимів роботи людей, що повертаються для локалізації і ліквідації наслідків аварії.

Радіаційна розвідка ведеться на повітряних і наземних транспортних засобах, а в деяких випадках – пішим порядком.

2.3.2 Радіаційний контроль

Радіаційний контроль – контроль за дотриманням норм радіаційної безпеки і основних санітарних правил роботи з радіоактивними речовинами і іншими джерелами іонізуючого випромінювання, а також отримання інформації про рівні опромінювання людей і про радіаційну обстановку на об'єкті і в навколишньому середовищі.

Виділяють *дозиметричний* і *радіометричний контроль*.

Дозиметричний контроль – комплекс організаційних і технічних заходів щодо визначення доз опромінювання людей з метою кількісної оцінки ефекту дії на них іонізуючих випромінювань.

Радіометричний контроль – комплекс організаційних і технічних заходів щодо визначення інтенсивності іонізуючого випромінювання радіоактивних речовин, що містяться в навколишньому середовищі, або ступеня радіоактивного забруднення людей, техніки, сільськогосподарських тварин і рослин, а також елементів навколишнього природного середовища.

Дозиметричний контроль ведеться *груповим* і *індивідуальним* способами, для населення допускається проводити розрахунковим шляхом по рівнях випромінювання і часу роботи. За даними контролю визначаються режим роботи формувань і необхідність наряду на обстеження до медичних установ.

Груповий контроль організовується командиром (начальником) з метою отримання даних про середні дози опромінювання особового складу для визначення можливості подальшої роботи. Для цього формування забезпечуються вимірниками дози (дозиметрами) з розрахунку 1-2 дозиметри

на групу людей 14-20 чоловік, що діють в однакових умовах обстановки.

Індивідуальний контроль проводиться з метою отримання даних про дози опромінювання кожної людини, які необхідні для первинної діагностики ступеня тяжкості променевого ураження. У зв'язку з цим особовому складу формувань видаються індивідуальні вимірювачі потужності дози (дозиметри).

Радіометричний контроль (контроль радіоактивного забруднення) здійснюється з метою визначити необхідність спеціальної обробки техніки, використовуваної при ліквідації наслідків радіаційних аварій; санітарної обробки особового складу і населення після виходу із зон радіоактивного забруднення; дезактивації будівель, споруд, дорогий, місцевості, одягу, матеріальних засобів; знезараження продовольства і води.

Контроль радіоактивного забруднення будівель, споруд, устаткування і місцевості до і після дезактивації здійснюється безпосередньо в зонах забруднення за допомогою табельних приладів або шляхом узяття проб ґрунту, мазків з будівель, споруд, устаткування і обробки їх в лабораторіях.

Контроль радіоактивного забруднення води і продовольства проводиться шляхом узяття проб і обробки їх в лабораторіях.

2.3.3 Радіаційний захист населення при ліквідації наслідків аварій

Основою всіх заходів радіаційного захисту населення при аваріях з викидом радіоактивних речовин в навколишнє середовище є наступні три способи зниження потенційних доз опромінювання людини:

– зменшення інтенсивності і дози безпосередньої дії іонізуючих випромінювань на людину за рахунок фізичного екранування джерел α , β , γ випромінювань, збільшення відстані до цих джерел і зменшення тривалості опромінювання людини, що створюється різними джерелами зовнішнього і внутрішнього опромінювання (дезактивація території, укриття у сховищах, евакуація, відселення);

– ліквідація або обмеження шляхів внутрішнього опромінювання людини (використання засобів захисту, евакуація, відселення, модифікація продовольчого забезпечення тощо);

– тимчасова модифікація фізіологічних процесів у опромінюваних осіб за рахунок застосування радіозахисних профілактичних засобів (застосування препаратів стабільного йоду).

Перший і третій способи є переважною основою превентивних заходів і заходів, здійснюваних на ранній і проміжній стадіях, другою – додатковою основою заходів на проміжній і пізній стадіях ліквідації наслідків аварії.

Превентивні (застережливі) заходи радіаційного захисту населення робляться тільки при достатній тривалості початкової фази аварії. До превентивних заходів, що робляться в цей час, належить укриття населення в протирадіаційних укриттях і, по можливості, забезпечення населення радіозахисними профілактичними препаратами і засобами індивідуального захисту. Впродовж цієї фази здійснюються організаційні заходи щодо підготовки до евакуації населення. При загрозі викиду радіоактивного йоду і інших біологічно значущих нуклідів (наприклад, ^{90}Sr , ^{137}Cs тощо) припиняється випас молочної худоби і організовується переклад його на стійловий зміст.

При достатності часу впродовж ранньої і проміжної фаз аварії здійснюється комплекс заходів по обмеженню надходження радіоактивних речовин в організм людей з харчовим раціоном.

Комплекс цих заходів зазвичай застосовується на пізній фазі аварії, проте здійснення його в ранній період аварії дозволяє понизити дози внутрішнього опромінювання при ситуаціях з викидом короткоживучих радіонуклідів.

За своїм змістом ці заходи розділяються на три категорії:

- організація контролю за вмістом радіоактивних речовин в споживаному населенням продовольстві і питній воді і вибраковування продовольства і води з рівнями забруднення, що перевищують встановлені аварійні рівні, еквівалентні аварійним дозовим межам;

- введення обмежень на споживання окремих видів продовольства або води в певних районах;

- зміна системи забезпечення населення продовольством і питною водою.

Ці заходи можуть застосовуватися кожна окремо або в поєднаннях залежно від конкретних умов забезпечення населення продовольством і водою в даному районі.

При плануванні обмеження вільного переміщення населення і вільного доступу його в зону радіаційної аварії враховується, що мета, з якою вводяться обмеження, повинні бути різними для різних фаз аварій:

а) на ранній фазі аварії:

- уникнути непотрібного входу додаткового числа осіб на передбачувані небезпечні ділянки;

б) на ранній і проміжній фазах аварії:

- забезпечити оптимальні шляхи евакуації населення;

- забезпечити аварійним групам оптимальні шляхи доступу до місць їх дій;

- забезпечити групам радіаційного контролю оптимальні шляхи доступу до контрольованих ділянок;

- запобігти після евакуації недозволеному повторному входу в зони відселення;

- забезпечити збереження державної і особистої власності, залишеної в зонах евакуації;

в) на пізній фазі аварії:

- запобігти або понизити непередбачене опромінювання осіб від радіоактивних речовин, що осіли на землю, і вдихання їх в результаті вітрового підйому;

- уникнути додаткового радіоактивного забруднення аварійного устаткування і матеріалів;

- виключити недозволене переміщення забруднених продовольчих і непродовольчих матеріалів на чисті ділянки;

- запобігти несанкціонованому або самовільному використанню забрудненої території в господарських цілях організаціями всіх форм власності, а також населенням;

г) на всіх фазах аварії:

- направляти використовуваний транспорт, минаючи найбільш забруднені ділянки;
- уникати зайвого перевезення устаткування і матеріалів в забруднені місця;
- запобігати рознесенню радіоактивного забруднення на колесах (гусеницях) транспортних засобів в менш забруднені і чисті райони.

Ефективною мірою радіаційного захисту є обмеження на роботи, що проводяться на відкритому повітрі. *Під роботами, що проводяться на відкритому повітрі*, розуміють окремі види діяльності, пов'язані з будівництвом, забезпеченням роботи зв'язку, транспорту, систем енергопостачання тощо. Іншим різновидом подібної діяльності є соціально-побутова – знаходження на дачних ділянках, в турпоходах і екскурсіях, на любительській риболовлі тощо. Таке обмеження вводиться тимчасово до особливого розпорядження і може закінчуватися евакуацією даного контингенту людей.

Обмеження діяльності, що приводить до інтенсивного пилоутворення є мірою, що знижує надходження радіоактивності в організм людини при вдиханні і запобігає рознесенню радіоактивних речовин на менш забруднені ділянки території. Тривалість її здійснення визначається швидкістю природної фіксації радіоактивних речовин на поверхні ґрунту і на практиці може охоплювати перший весінньо-літньо-осінній сезон після випадань радіонуклідів.

Обмеження на роботи, що приводять до інтенсивного пилоутворення, вводиться якомога раніше і, перш за все, на ділянках території з максимальною щільністю радіоактивного забруднення. Надалі це обмеження може бути введене і у всій зоні радіаційної аварії, особливо в тих районах, де продовжується господарське використання території.

При цьому вводяться обмеження на наступні види робіт:

- роботи, пов'язані з порушенням поверхневого шару ґрунту і виїмкою ґрунту механічними і іншими засобами (вибухом);
- переміщення транспортних засобів;
- сільськогосподарські роботи, пов'язані з обробкою ґрунту, проведенням агротехнічних заходів, заготівкою сіна і збиранням врожаю.

На ранній і проміжній фазах аварії допускаються пилоутворюючі роботи тільки для забезпечення необхідних аварійних оперативних дій, таких як:

- пересування транспорту по будь-яких видах шляхів для здійснення евакуації населення і перевезення аварійних оперативних груп (формувань, що залучаються до ліквідації аварії);
- створення додаткових проїздів (проходів) при неможливості використання наявних шляхів для евакуації населення і транспортування оперативних груп (формувань) із-за сильного радіоактивного забруднення цих шляхів або з інших причин;
- створення земляних (або з використанням ґрунту) споруд з метою запобігання подальшому інтенсивному радіоактивному забрудненню (наприклад, захисних гребель для водойм – джерел забруднення або джерел

водопостачання) або з метою захисту від випромінювань (земляні екрани уздовж основних шляхів) на ділянках з надзвичайно високими рівнями забруднення.

Будь-які інші види діяльності з інтенсивним пилоутворенням, включаючи дезактивацію території, в цей період обмежуються.

На пізній фазі аварії допускаються роботи, які не можуть бути відсунуті в часі.

Пилоутворення при пересуванні транспортних засобів може бути виключене або понижене за рахунок наступних заходів:

- обмеження використання шляхів без асфальтового або бетонного покриття, їх систематичне зволоження;
- створення асфальтового або бетонного покриттів на ділянках ґрунтових шляхів, які не можуть бути виведені з використання;
- обмеження проїзду транспортних засобів по узбіччях шляхів;
- зниження швидкості руху транспорту.

Технічною мірою захисту від підвищеної концентрації радіоактивних речовин в атмосферному повітрі під впливом вітрового підйому (від природних чинників і людської діяльності) і подальшого рознесення радіоактивності по навколишній території є *пилопридушення*. Цей захід захисту, як і обмеження діяльності, пов'язаної з інтенсивним пылеобразованием, найбільш ефективний на ранній і проміжній фазах аварії і, в першу чергу, повинна застосовуватися до ділянок території і доріг з високою щільністю радіоактивного забруднення, де здійснюються невідкладні аварійні дії з супутнім пилоутворенням.

Пилопридушення здійснюється двома основними способами:

- зволоження поверхні;
- скріплення поверхні спеціальними засобами.

Зволоження поверхні вимагає достатньо великої витрати води.

Цей захід доцільний використовувати для асфальтових і бетонних покриттів малої площі, зокрема, шляхів, де систематичний полив є одночасно засобом дезактивації.

Пилопридушення за допомогою спеціальних зв'язуючих засобів, застосовується на ґрунтових ділянках дорогий і місцевості, особливо за наявності сипких ґрунтів і ґрунтів з складом, що легко деформується.

Основною метою заходів, здійснюваних на пізній фазі аварії, є зниження зовнішнього опромінювання населення і запобігання або максимальне зниження надходження радіоактивності в організм людей з харчовими продуктами і питною водою. Шляхами досягнення цієї мети є:

- організація життєдіяльності населення на забрудненій території з урахуванням заходів захисту, введених в попередній період;
- дезактивація території, будівель, споруд, знарядь виробництва;
- забезпечення населення незабрудненими (або що не перевищують встановлені норми радіоактивного забруднення) харчовими продуктами і питною водою.

Всі вказані способи захисту повинні враховувати інфраструктуру, що існує в регіоні, і практику господарювання.

Для оптимізації захисних заходів і організації життєдіяльності населення на пізній фазі аварії проводиться розділення всієї зони радіаційної аварії на окремі ділянки по рівнях радіоактивного забруднення. Це дозволяє більш обґрунтовано визначити:

- можливості тривалого мешкання на даній ділянці території;
- можливості виробництва конкретних видів продукції продовольчого і непродовольчого призначення;
- характер виробничої діяльності в умовах радіоактивного забруднення.

На пізній фазі аварії не застосовуються укриття у сховищах і евакуація населення, які повинні бути здійснені в ранній період аварії, але при цьому може потрібно відселення, якщо оцінки доз опромінювання, засновані на реальних вимірюваннях потужності дози зовнішнього опромінювання і концентрації радіонуклідів вкажуть на можливість перевищення встановленої граничної дози з урахуванням вживаних заходів захисту.

Рішення про відселення ухвалюється якомога раніше, щоб максимально запобігти переопромінюванню людей.

На пізній фазі аварії способи організації, методи і засоби обмеження доступу і переміщення населення в забруднену зону істотно не відрізняються від описаних вище для ранньої і проміжної фаз аварії, проте об'єм заходів щодо обмеження доступу може при цьому змінитися.

Пилопридушення на цій фазі застосовується лише в окремих випадках, коли концентрації радіонуклідів в атмосферному повітрі, в першу чергу ізотопів урану і плутонію перевищують допустимі.

Медичне обслуговування на пізній фазі аварії здійснюється за спеціальною програмою і охоплює практично все населення зони радіаційної аварії і прилеглих територій.

Основними завданнями медичних заходів протягом цього періоду є:

- обстеження населення, що опинилося в зоні радіаційної аварії, диспансерне спостереження і виявлення осіб, що потребують госпіталізації;
- розгортання спеціалізованих відділень і лікарень;
- санітарно-гігієнічні і протиепідемічні заходи.

На пізній фазі аварії зберігаються заходи, введені на попередніх етапах:

- запобігання перенесенню радіоактивних речовин в результаті життєдіяльності людини, особливо з територій зон відчуження і відселення на територію мешкання населення;
- обмеження на роботи, пов'язані з інтенсивним пилоутворенням;
- обмеження часу роботи, що включає перебування на забрудненій території або контакт з радіоактивними речовинами;
- санітарна обробка населення.

2.3.4 Дезактиваційні роботи

Ліквідація наслідків радіоактивного забруднення різних поверхонь і середовищ здійснюється шляхом проведення дезактиваційних робіт.

Під дезактивацією розуміється видалення (зниження концентрації) радіоактивних речовин із забруднених поверхонь (території, дороги, будівель, споруд, устаткування, техніки, транспортних засобів, одягу, взуття, засобів

індивідуального захисту і ін.) і з різних середовищ (повітря, води, харчової сировини, продовольства і ін.) до допустимих норм.

У разі поверхневого забруднення дезактивація обмежується видаленням з поверхні об'єктів радіоактивних речовин, які закріпилися на ній в результаті адгезії і адсорбції. Для дезактивації при глибинному забрудненні необхідне витягання радіоактивних речовин, що проникли углиб, і потім їх видалення.

2.3.5 Санітарна обробка

В період радіаційної аварії і ліквідації її наслідків проводиться *санітарна обробка людей*. Залежно від радіаційної обстановки, що складається, ступеня забруднення людей, наявності часу і необхідних сил і засобів, вона може бути частковою або повною.

Часткова санітарна обробка полягає у видаленні радіоактивних речовин з частини шкірних покривів людини (обличчя, шиї, рук), а також з одягу, взуття, засобів індивідуального захисту.

Повна санітарна обробка полягає в обмиванні всього тіла людини теплою водою з милом, мочалкою і обробці слизистих оболонок очей, носа і рота 2% розчином питної соди.

Дезактивація шкіри є засобом, що перешкоджає накопиченню радіонуклідів у внутрішніх органах людини. Її слід проводити якомога раніше.

Умовно виділяють два способи видалення радіоактивних речовин з шкірних покривів:

– *механічний* – за допомогою липких пластирів, індиферентних порошків, ватяно-марлевих тампонів;

– *хімічний* – шляхом обробки шкіри складами, що дезактивують.

Після часткової санітарної обробки проводиться індивідуальний дозиметричний контроль. Якщо забруднення шкіри, одяг, взуття опиняться вище встановлених нормативів, то проводиться повна санітарна обробка. Вона здійснюється на пунктах спеціальної обробки, рухомих і стаціонарних санітарних обмивальних пунктах і також супроводжується дозиметричним контролем.

2.3.6 Локалізація і поховання джерел радіоактивного забруднення

Заходи щодо локалізації проводяться до початку і одночасно з роботами з ліквідації радіоактивних забруднень. В цілому вони спрямовані на запобігання перерозподілу первинних радіоактивних забруднень за рахунок їх вітрового і антропогенного перенесення, міграції з поверхневими і ґрунтовими водами.

2.3.6.1 Локалізація поверхневих забруднень

Вибір методів локалізації радіоактивних забруднень визначається стійкістю локалізуючих покриттів до дії атмосферних чинників. Більшість методів локалізації реалізуються шляхом створення полімерних покриттів, що мають різну стійкість до дії атмосферних чинників, тому методи локалізації радіоактивних забруднень на внутрішніх і зовнішніх поверхнях різні.

Для локалізації радіоактивних забруднень територій найчастіше використовуються: обробка відкритих ділянок місцевості пилопридушуючими композиціями, хіміко-біологічне задерніння, екранування шаром чистого матеріалу, обвалування. Перші два методи засновано на скріпленні в

малорухливі форми і фіксації пилоутворюючих радіоактивних забруднень на частинках ґрунтів. Екранування і обвалювання забруднених ділянок дозволяє понизити радіаційний фон за їх межами.

Під час пилопридушення найбільш доцільним визнано застосування хімічних композицій, сприяючих не тільки скріпленню пилу, але і поліпшенню структури ґрунтів забруднених територій. Серед випробуваних найбільш широке застосування знайшли органічні дисперсії і відходи різних виробництв, що володіють властивостями поверхнево-активних речовин.

2.3.6.2 Локалізація об'ємних забруднень

Для локалізації і запобігання виходу радіоактивних речовин на поверхню об'ємних об'єктів використовуються:

- скріплення полімерними і пленкообразуючими рецептурами;
- оранка; ізоляція глибинних ділянок забруднених ґрунтів і донних відкладень водоймищ;
- осадження зважених і розчинених у водах водоймищ забруднень.

2.3.7 Збір, транспортування і поховання радіоактивних відходів

Особливістю збору і локалізації високоактивних матеріалів (осколки паливних елементів, конструкційних і захисних матеріалів) є, як правило, те, що по території вони розподілені випадковим чином. При проведенні робіт можлива несподівана «поява» джерела в результаті розбирання завалу або зміни його розташування.

Проведення робіт в умовах високих рівнів радіації повинне плануватися з максимально можливим застосуванням механізованих засобів.

Залежно від активності радіоактивних відходів, зміряної на відстані 1 м, збір їх повинен проводитися: при потужностях дози 0,1-1,0 Зв/год – з використанням дистанційного інструменту і захисних екранів, при потужностях дози більше 1,0 Зв/год – з використанням інженерних машин розгородження і робототехники.

В процесі ліквідації радіаційної аварії і її наслідків можуть з'являтися тверді і рідкі радіоактивні відходи.

Твердими радіоактивними відходами при ліквідації аварії і її наслідків можуть бути:

- уламки конструкцій, що містять ядерне паливо і продукти його ділення;
- забруднені радіонуклідами конструкції реактора і інших елементів аварійного об'єкту;
- забруднені радіонуклідами конструктивні елементи будівель і споруд, ґрунт, дерева та інші елементи території об'єкту і навколишньої місцевості;
- забруднена вище за допустимі рівні спецтехніка і транспорт, а також сировина, продукція, відходи і інші предмети, що вивозяться із зони аварії і не піддаються дезактивації при триразовому циклі дезактивації;
- забруднена вище за допустимі рівні плівка, фільтри, матеріали, біологічні об'єкти, дари природи, харчові продукти;
- засоби захисту і спецодяг, забруднені вище встановлених щільностей або невіддатливі дезактивації.

До рідких радіоактивних відходів можуть бути віднесені:

- теплоносії аварійних ядерних установок;
- дезактиваційні розчини після дезактивації приміщень об'єкту, спецтехніки, устаткування і транспорту;
- дезактиваційні води спецпралень;
- зливні води санпропускників;
- рідка сировина, продукція і відходи з наднормативною щільністю забруднення радіонуклідами, що вивозяться із зони аварії.

Рідкі відходи, при необхідності, зберігають в спеціальних герметичних ємностях, тверді – в спеціальних контейнерах з кришками. Ємності і контейнери виготовляють за спеціальними технічними умовами.

Використання нештатних збірників і контейнерів для зберігання радіоактивних відходів не допускається.

Конструкція збірників повинна забезпечувати механізоване їх вантаження і розвантаження.

Ємності і контейнери повинні бути закриті на замок, мати знаки радіаційної небезпеки і напис «Обережно! Радіоактивність!», а також інформацію про потужність дози гамма-випромінювання на відстані 1 м від збірки.

Відстій забрудненої спецтехніки і транспорту дозволяється здійснювати на відкритих майданчиках, на піднесених ділянках місцевості. Всі пункти збору і тимчасового зберігання радіоактивних відходів захищаються, обладналися сигналізацією і попереджувальними написами.

Скидання радіоактивних стічних вод в господарсько-побутову каналізацію допускається з концентрацією, що перевищує допустиму для води не більше ніж в 10 разів, якщо забезпечується їх десятиразове розбавлення нерадіоактивними стічними водами в колекторі, а сумарне скидання радіоактивних речовин не перевищує встановленого допустимого рівня.

Поховання високоактивних і середньоактивних твердих відходів здійснюється в капітальні залізобетонні споруди з багатократною гідроізоляцією (бітум, неіржавіюча сталь, бетон). Додатковим бар'єром проти міграції радіонуклідів є і місцевий глинистий ґрунт, прилеглий до дна і стінок капітальної споруди. В ході ліквідації наслідків аварії будуються тимчасові «могильники» простого типу для поховання твердих слабоактивних відходів.

Траншейним методом допускається поховання низькоактивних твердих радіоактивних відходів з рівнями забруднення до 0,3 мЗв/год. Глибина траншеї повинна бути не менш 3-х метрів.

Дно і скоси траншеї повинні мати глиняний замок завтовшки 20-30 см (якщо ґрунт не є водотривким), а також повинні бути покриті синтетичною плівкою, звареною на стиках.

Розміри траншеї по довжині і ширині вибираються залежно від кількості захороняємых блоків з твердими радіоактивними відходами і схеми їх укладання.

Для поховання твердих радіоактивних відходів можуть застосовуватися збірні залізобетонні лотки. Роботи по похованню твердих радіоактивних відходів проводяться в суху погоду і організуються так, щоб поховання і їх

повна консервація були закінчені, як правило, протягом світлового дня. У разі недотримання цієї умови, повинні бути вжиті заходи по надійній охороні відходів, що ховаються, і по захисту траншеї від попадання дощових опадів.

Після закінчення земляного обвалування траншеї потужність дози гамма випромінювання на відстані 1 м від поверхні обвалування не повинна перевищувати 0,003 мЗв/год над рівнем гамма-фону даної місцевості у момент поховання, інакше земляний шар слід збільшити. Поховання повинне бути оформлене актом.

2.3.8 Водозахисні заходи

Радіоактивне забруднення території і відкритих водоймищ в зоні радіаційної аварії вимагає вживання невідкладних заходів щодо захисту води і вододжерел.

До них можна віднести наступні:

- перехід водопостачання населених пунктів з поверхневих і змішаних вододжерел на підземні. З цією метою повинні бути організоване буріння і введення додаткових артезіанських свердловин, збільшення потужності водопроводів;

- герметизація резервуарів чистої води і оснащення водопровідних станцій приладами для автоматичного виявлення радіоактивних речовин в питній воді;

- герметизація всіх шахтних колодязів і водозабірних свердловин шляхом улаштування над їх гирлом шатрового даху з двох шарів дощок з прокладкою між ними ізолюючого матеріалу і глиняного замку навколо гирла колодязя або свердловини;

- будівництво системи гребель, фільтруючих дамб, перемичок, донних пасток і інших гідротехнічних споруд, обвалування на окремих ділянках річок і осушних каналів для запобігання попаданню радіоактивних речовин в річки і водосховища в період сильних злив і інтенсивного сніготанення.

2.3.9 Заходи безпеки при виконанні робіт по ліквідації наслідків радіаційних аварій

Проведення робіт на територіях і об'єктах, забруднених радіонуклідами, здійснюють із застосуванням комплексу заходів радіаційної безпеки, спрямованих на зниження опромінювання працюючих і виключення занесення радіоактивного забруднення на чисті території, а також у виробничі і житлові приміщення.

Комплекс заходів радіаційної безпеки для різних видів робіт включає:

- суворе нормування радіаційних чинників;
- медичний огляд всіх осіб, що залучаються до роботи в умовах радіоактивного забруднення, і вирішення на цій основі питання про можливість допуску їх до робіт з ліквідації аварії і її наслідків;

- інструктаж з питань радіаційної безпеки;

- систематичний контроль за радіаційною обстановкою і її змінами і визначення на основі аналізу отриманих даних допустимої тривалості робіт на конкретних ділянках;

- індивідуальний дозиметричний контроль і облік опромінювання всіх працюючих на забрудненій місцевості;
- локалізацію забруднень;
- збір і передачу на тимчасове зберігання або поховання радіоактивних відходів;
- індивідуальний захист тих, що всіх працюють;
- організацію санітарно-пропускного режиму, що виключає розповсюдження забруднень з ділянок проведення робіт;
- санітарну обробку осіб, що залучаються для проведення аварійних робіт, і населення, систематичну дезактивацію устаткування, робочих місць, спецодягу, спецвзуття і інших засобів індивідуального захисту, використовуваних працівниками.

Допуск людей в зону радіаційної аварії проводять при їх добровільній письмовій згоді на участь в ліквідації аварії і її наслідків на контрактній основі, після медичного освідчення, спеціальної підготовки і інструктажу з радіаційної безпеки на місці роботи під розпис.

Інструктаж по радіаційній безпеці повинен включати ознайомлення:

- характером виконуваних робіт і досліджуваними при цьому технічними засобами і прийомами робіт;
- заходами забезпечення радіаційної безпеки на робочому місці при виконанні різних операцій;
- радіаційною обстановкою на робочому місці;
- маршрутами і порядком проходу (проїзду) до робочих місць;
- пунктами дозиметричного контролю;
- місцезнаходженням пунктів дезактивації технічних засобів і санітарної обробки людей;
- використовуваними засобами індивідуального захисту і приладами дозиметричного контролю.

Для забезпечення безпеки проведення робіт в умовах радіоактивного забруднення необхідно дотримуватися встановленого режиму, що регламентує максимально допустимий час знаходження людей на об'єкті (ділянці) робіт, включаючи час в дорозі при русі до аварійного об'єкту і назад. Можливі варіанти режимів роботи визначаються по довідкових таблицях.

Для забезпечення контролю за величиною дози весь особовий склад забезпечується дозиметрами. Зниження уражальної дози досягається проведенням комплексу заходів, основними з яких є: змінність робіт і суворе дотримання встановленої для кожної зміни тривалості роботи в умовах радіоактивного забруднення; забезпечення необхідних захисних властивостей споруд для відпочинку в районах розташування; використання ізолюючого одягу і засобів індивідуального захисту; дотримання правил поведінки в зоні радіоактивного забруднення; приймання препарату йодистого калію до початку робіт в районі аварії тощо.

Для захисту органів дихання і шкіри, запобігання потраплянню радіоактивних частинок всередину організму особовий склад формувань забезпечується: протигазами, респіраторами, ізолюючим одягом. Для

зменшення пилоутворення і поліпшення видимості робочий майданчик періодично поливається водою. На місцевості, забрудненій радіоактивними речовинами, забороняється палити, пити, приймати їжу. Для їди відводяться спеціальні укриття, а на місцевості, забрудненій радіоактивними речовинами, крім того, обладнуються тимчасові пункти їди в наметах, що встановлюються на незаражених ділянках, захищених від вітру і пилу.

В період можливої роботи ведеться постійний дозиметричний контроль особового складу і персоналу.

При проведенні дезактиваційних робіт слід дотримуватися наступних заходів безпеки:

- виключити можливість взаємного забруднення робочих місць шляхом правильного обліку напряду вітру, інтервалів і дистанцій між оброблюваними об'єктами;

- забезпечити особовий склад необхідними і надійними засобами індивідуального захисту і дозиметричного контролю;

- не допускати великого скупчення відпрацьованих розчинів на робочих майданчиках, переповнювання збірних колодязів;

- вживати заходів щодо засипки збірних колодязів гірськими породами, що містять цеоліт;

- проводити періодичне очищення збірних колодязів від забрудненого мула, сорбентів і інших забруднюючих речовин;

- після закінчення робіт організувати дезактивацію своєї техніки, устаткування і засобів захисту;

- в ході робіт вести позмінне спостереження за рівнями радіації на робочих місцях;

- на робочих місцях, відведених для обробки сильно забрудненої техніки або інших об'єктів, особовий склад забезпечити додатковими засобами індивідуального захисту і дозиметричного контролю.

Під час роботи особовий склад зобов'язаний:

- постійно стежити за справністю засобів індивідуального захисту;

- не знімати їх до закінчення робіт, а після їх закінчення обробити розчином, що дезактивує;

- в процесі роботи не допускати бризок, зайвої витрати розчину, що дезактивує, попадання використовуваних розчинів на відкриті ділянки шкіри;

- дрантя і інші матеріали, використані при дезактивації, зібрати для поховання.

При проведенні дезактивації забороняється:

- сідати на забруднену місцевість або предмети;

- знімати або розстібати засоби індивідуального захисту;

- ставити на землю дозиметричні прилади тощо.

З метою зниження доз опромінювання при виконанні робіт по дезактивації необхідно уникати дотику до забрудненої поверхні, подовжувати брендспойти з щіткою до 1,5-2 м, не знаходитися на робочому місці у відсутності оброблюваного об'єкту.

При роботі в зимових умовах необхідно вживати заходів щодо запобігання обмороженню особового складу: використовувати теплі шкарпетки, підкладати теплі устілки, надягати під захисний одяг ватяні куртки і брюки, а на голову під капюшон захисного костюма – підшоломник.

Після закінчення проведення об'єму дезактиваційних робіт, запланованих на робочу зміну, особовий склад в обов'язковому порядку проходить санітарну обробку.

ЛЕКЦІЯ № 3. НЕБЕЗПЕКИ ХІМІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ

Питання для розгляду на лекції:

- 3.1. Визначення аварійно хімічно небезпечних речовин.
- 3.2. Класифікація хімічно небезпечних об'єктів.
- 3.3. Характеристика фізико-хімічних властивостей аварійно хімічно небезпечних речовин.
- 3.4. Токсичні властивості аварійно хімічно небезпечних речовин.

На території України розміщено більше 1,5 тис. хімічно небезпечних об'єктів, діяльність яких пов'язана з виробництвом, використанням, зберіганням і транспортуванням аварійно хімічно небезпечних речовин (АХНР), а в зонах їх розміщення проживає понад 22,0 млн. чоловік.

Небезпека функціонування цих об'єктів об'єктів господарювання (хімічно небезпечних об'єктів) пов'язана з ймовірністю аварійних викидів (вилівів) великої кількості аварійно хімічно небезпечних речовин за межі об'єктів, оскільки на багатьох із них зберігається 3-15 добовий запас хімічних речовин. Ось чому кожна наступна надзвичайна ситуація може бути пов'язана із виливом або викидом в повітря аварійно хімічно небезпечних речовин.

Збільшення потенційної небезпеки виникнення, можливі важкі наслідки обумовлюють актуальність захисту населення і ліквідації наслідків хімічних небезпечних ситуацій на території України, регіоні, містах та інших населених пунктах.

Хімічна аварія (аварія з АХНР) – небезпечна подія техногенного характеру, що настала від виробничих, конструктивних, технологічних чи експлуатаційних причин або від випадкових зовнішніх впливів, що призвела до пошкодження технічного обладнання, пристроїв, споруд, транспортних засобів з виливом (викидом) АХНР в атмосферу і реально загрожує життю, здоров'ю людей.

3.1 Визначення аварійно хімічно небезпечних речовин

Сьогодні в народному господарстві України використовуються десятки тисяч різних хімічних сполук, причому щорічно ця кількість збільшується на 200-1000 нових речовин.

За ступенем токсичності при інгаляційному (через органи дихання) і пероральному (через шлунково-кишковий тракт) шляхах попадання в організм хімічні речовини можна розбити на шість груп (таблиця 3.1), а за ступенем дії на організм людини на чотири класи (таблиця 3.2).

Таблиця 3.1 – Характеристика хімічних речовин за ступенями токсичності

Клас токсичності	ГДК в повітрі, мг/м ³	Середні смертельні	
		Концентрація, мг/л	Доза при внутрішньому надходженні, 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	Теж	21-80	501-5000
Мало токсичні	> 10	81-160	5001-15000
Практично не токсичні	-	> 160	> 15000

Таблиця 3.2 – Клас небезпеки хімічних речовин за ступенем дії на організм людини

Клас небезпеки	Характеристика класу небезпеки	ССК, мг/м ³
1	Речовини надзвичайно небезпечні	< 500
2	Речовини високо небезпечні	501-5000
3	Речовини помірно небезпечні	5001-50000
4	Речовини мало небезпечні	> 50001

ССК – середня смертельна токсодоза LC₅₀, яка приводить до загибелі 50% людей або тварин при 2-4 годинній інгаляційній дії.

До найбільш небезпечних (надзвичайно і високо токсичних) хімічних речовин належать:

- деякі сполуки металів (органічні і неорганічні похідні миш'яку, ртуті, кадмію, свинцю, талію, цинку та інших);
- карбоніли металів (тетракарбоніл нікелю, пентакарбоніл заліза та інші);
- речовини, що мають ціанисту групу (синильна кислота та її солі, бензальдегідціангідрон, нітрили, органічні ізоціанати);
- сполуки фосфору (фосфорорганічні сполуки, хлорид фосфору, фосфін, фосфідин);
- фторорганічні сполуки (фтороцтова кислота і її ефіри, фторетанол та інші);
- хлоргідрони (етиленхлоргідрон, епіхлоргідрон);
- галогени (хлор, бром);
- інші сполуки (етиленоксид, аліловий спирт, метил бромід, фосген, інші).

До *сильно токсичних* хімічних речовин належать:

- мінеральні і органічні кислоти (сірчана, азотна, фосфорна, оцтова, інші);
- луги (аміак, натронне вапно, їдкий калій та інші);
- сполуки сірки (діметилсульфат, розчинні сульфіді, сірковуглець, розчинні тіоціанати, хлорид і фторид сірки);
- хлор- і бромзаміщені похідні вуглеводню (хлористий і бромистий метил);
- деякі спирти і альдегіди кислот;
- органічні і неорганічні нітро- і аміносполуки (гідроксиламін, гідразин, анілін, толуїдин, нітробензол, динітрофенол);
- феноли, крезоли та їх похідні;
- гетероциклічні сполуки.

До *помірно токсичних, мало токсичних і практично не токсичних* хімічних речовин, які не представляють собою хімічної небезпеки, відноситься вся основна маса хімічних сполук.

Необхідно відмітити, що особу групи хімічно небезпечних речовин складають *пестициди* – препарати, які призначені для боротьби з шкідниками сільсько-господарського виробництва, бур'янами і т.д. Більшість з них дуже токсична для людини.

За хімічним складом пестициди можна розділити на групи:

- фосфорорганічні сполуки (паратіон, диметоксидихлорвінілфосфат, карбофос, хлорофос та інші);
- карбонати (севін, карботіон та інші); хлорорганічні сполуки (ДДТ, дильдрін, гексахлоран та інші);
- ртутьорганічні сполуки (метилртуть, ацетат метоксіетилртуті та інші);
- похідні фенікси оцтової кислоти (2, 4-дихлорфеніксоцтова кислота-2, 4-Д; 2, 4, 5-трихлорфеніксоцтова кислота – 2, 4, 5-Т);
- похідні дипіридила (паракват, дикват та інші);
- органічні нітросполуки (динітроортокрезол – ДНОК, динітрофенол – ДНФ);
- інші.

Більшість із вище перерахованих хімічних речовин, у тому числі і слабо токсичні (помірно, слабо токсичні і практично не токсичні), можуть стати причиною тяжкого ураження людини. Водночас привести до масових санітарних втрат в наслідок аварій (катастроф), що супроводжуються викидами (виливами) хімічних речовин, можуть не всі хімічні сполуки, включаючи навіть надзвичайно, високо і сильно токсичні.

Тільки частина хімічних сполук при поєднанні визначених токсичних і фізико-хімічних властивостей, таких, як висока токсичність при дії через органи дихання, шкіряні покрови, велика тоннажність виробництва, використання, зберігання і перевезення, а також можливість легко переходити в аварійних ситуаціях в головний фактор ураження (пару або тонко дисперсний

аерозоль), який може стати причиною ураження людей. Ці хімічні сполуки відносяться до групи аварійно хімічно небезпечних речовин

Таким чином, АХНР – це обертання в великих кількостях у промисловості, сільському господарстві і на транспорті токсичних хімічних сполук, що можуть при руйнуванні (аварії) на об'єктах легко переходити в повітря і викликати масові ураження сил цивільної оборони та населення.

3.2 Класифікація хімічно небезпечних об'єктів

До хімічно небезпечних об'єктів належать:

- заводи і комбінати хімічних галузей промисловості, а також окремі установки і агрегати, які виробляють або використовують АХНР;
- заводи або їх комплекси по переробці нафтопродуктів;
- виробництва інших галузей промисловості, які використовують АХНР;
- підприємства, які мають на оснащенні холодильні установки, водонапірні станції і очисні споруди, які використовують хлор або аміак;
- транспортні засоби, контейнери і наливні поїзди, автоцистерни, річкові і морські танкери, що перевозять хімічні продукти;
- склади і бази із запасами отрутохімікатів для сільського господарства.

3.3 Характеристика фізико-хімічних властивостей аварійно хімічно небезпечних речовин

Фізико-хімічні властивості АХНР в більшості визначають їх можливість переходити в головний фактор ураження і створювати концентрації, що можуть уражати людей. Найбільше значення мають агрегатний стан речовини, розчинність її в воді і різного роду розчинниках, щільність речовини та її газової фази, гідроліз, летучість, максимальна концентрація, питома теплота випарювання, питома теплоємність рідини, тиск насиченого пару, коефіцієнт дифузії, температура кипіння і замерзання, в'язкість, теплове розширення і стискання, корозійна активність, температура загорання та інші.

Агрегатний стан. При звичайних умовах АХНР можуть бути у вигляді твердих, рідких або газоподібних речовин. Однак при виробництві, використанні, зберіганні або перевезенні їх агрегатний стан може змінюватися від такого в звичайних умовах, що може чинити вплив як на кількість АХНР, яка викидається в повітря, так і на фазовий дисперсний склад зараженої хмари (табл. 3.3).

Розчинність – можливість однієї речовини рівномірно розповсюджуватися в середовищі другої або інших речовин, створюючи розчин. Розчинність АХНР у воді та органічних розчинниках має суттєве значення. Добра розчинність може привести до сильного зараження водосховищ, внаслідок чого вони на тривалий час можуть скласти серйозну небезпеку для людини.

В той же час добра розчинність в воді і органічних розчинниках може дозволити використання при необхідності розчини різних речовин для дегазації (нейтралізації АХНР).

Таблиця 3.3 – Характеристика стану АХНР в повітрі

Вид стану	Діаметр часток, мкм	Особливості розповсюдження в повітрі
Пар або газ	Менше 0,001	Домішки, що не осідають
Аерозоль, що не осідає	Від 0,001 до 30	То саме
Аерозоль грубо дисперсний	Від 30 до 500	Домішки, що осідають
Аерозвесі	Більше 500	То саме

Щільність – масовий стан даної речовини в одиниці об'єму. Вона чинить вплив на розповсюдження АХНР. Якщо щільність газової фази АХНР більше повітря, то на початковому етапі виникнення зараженої хмари вони будуть скупчуватися в низинних місцях рельєфу місцевості, створюючи високі концентрації.

Гідроліз – розклад речовини водою. Він визначає умови зберігання, стану в повітрі і на місцевості, стійкість АХНР у випадку їх аварійних викидів (випливів). При чому чим менше АХНР піддається гідролізованому розкладу, тим більше тривалість дії його факторів ураження.

Летучість – можливість конкретної хімічної речовини переходити в пароподібний стан. Кількісною характеристикою летучості є максимальна концентрація пари АХНР при заданій температурі (кількість речовини, що є в одиниці об'єму його насиченої пари при заданій температурі в замкнутій системі, коли рідка і газоподібна фази АХНР знаходяться у рівновазі).

Тиск насиченої пари визначає летучість і відповідно тривалість дії фактору ураження АХНР.

Коефіцієнт дифузії є характеристикою процесу дифузії і дорівнює кількості газу, що переходить через переріз 1 м^2 за секунду, коли різниця концентрацій на відстані 1 м дорівнює одиниці. Швидкість випаровування АХНР прямо пропорційна коефіцієнту його дифузії в повітряне середовище.

Теплоємність визначає характер викиду і випаровування АХНР з поверхні у випадку аварійної ситуації. Вона представляє собою відношення кількості теплоти, що передаються системі в якому-небудь процесі, до відповідної зміни температури. Питомою теплоємністю називають відношення кількості теплоти до одиниці маси речовини (1 г, 1 кг).

Теплота випарювання – кількість теплоти, яку поглинає речовина при ізотермічному випаровуванні рідини, рівновеликій своїй парі. У випадку відношення до одиниці маси речовини (1 г, 1 кг) вона називається питомою теплотою випаровування. Так само, як і теплоємність, ця величина є однією із головних фізико-хімічних характеристик, які визначають характер викидів і наступних випаровувань АХНР.

Температура кипіння дозволяє побічно судити про летучість АХНР і характеризувати тривалість дії фактору ураження. Чим вище температура кипіння АХНР, тим повільніше вона випаровується.

Температура замерзання – температура, при якій рідина лишається рухомості і загустіває настільки, що при нахилі пробірки з продуктом під кутом 45° його рівень залишається незмінним протягом 1 хвилини. Температура замерзання має важливе значення при транспортуванні і визначає характер поведінки АХНР при низьких температурах.

В'язкість – властивість рідинних, а також пароподібних середовищ чинити опір їх течії (переміщенню одного шару відносно іншого) під дією зовнішніх сил. В'язкість чинить вплив на характер поведінки АХНР в аварійній ситуації (характер дроблення, прибирання тощо).

Корозійна активність – властивість руйнувати оболонки, в яких зберігається (транспортується) АХНР. Вона є причиною більшості аварій (руйнувань) на промислових і транспортних об'єктах, в тому числі в процесі зберігання. Більшість АХНР має підвищену корозійну активність.

Температура спалаху – найменша температура речовини, при якій в умовах спеціальних випробувань над його поверхнею виникають пари або гази, які здібні загорятися в повітрі від стороннього джерела вогню. Стійкого горіння речовини при цьому не виникає.

Температура загорання – найменша температура речовини, при якій в умовах спеціальних випробувань речовина виділяє горючі пари і гази з такою швидкістю, що після їх запалювання стороннім джерелом вогню виникає самостійне горіння цієї речовини. Дана характеристика характерна тільки горючим речовинам.

Температура самозагорання – найменша температура речовини (або її оптимальної суміші з повітрям), при нагріві до якої виникає різке збільшення швидкості екзотермічних реакцій, що призводять до виникнення горіння з полум'ям.

Для кількісної характеристики токсичних властивостей конкретних АХНР при їх дії через органи дихання людини застосовуються межа переносності і такі токсодози: гранично допустима, порогові, виводячи із строю і смертельні. Значення цих характеристик наведено в таблиці 3.4.

3.4 Токсичні властивості аварійно хімічно небезпечних речовин

Межа переносності – це мінімальна концентрація, яку людина може витримувати визначений час без стійкого ураження.

Гранично допустима токсодоза (ГДК) – така доза (концентрація) при якій симптоми отруєння ще не наступають. Вона регламентує допустиму ступінь зараження АХНР повітря робочої зони і використовується в інтересах дотримання умов безпеки на виробництві. Ця концентрація визначена як максимально допустима, яка при постійній дії на людину протягом робочого дня (8 годин) не може викликати через тривалий проміжок часу патологічних змін або захворювань, що визначаються за допомогою сучасних методів діагностики. Вона не може використовуватися

для оцінки небезпеки аварійних ситуацій у зв'язку зі значно низьким інтервалом дії АХНР.

Таблиця 3.4 – Класифікація АХНР за ступенем дії на організм людини

Показники	Норма для класу небезпеки			
	1-го	2-го	3-го	4-го
ГДК АХНР в повітрі робочої зони, мг/м ³	Менше 0,1	0,1-1	1,1-10	Більше 10
Середня смертельна доза при попаданні в шлунок, мг/кг	Менше 15	15-150	151-500	Більше 500
Середня смертельна доза при попаданні на шкіру, мг/кг	Менше 100	100-500	501-2500	Більше 2500
Середня смертельна концентрація в повітрі, мг/м ³	Менше 500	500-5000	5001-50000	Більше 50000

Середня порогова токсодоза (PC₅₀) – доза, яка викликає початкові симптоми ураження АХНР у 50% уражених. Це мінімальна ефективна концентрація (найменша кількість речовини, яка може викликати відчутний фізіологічний ефект).

Середня смертельна токсодоза (LC₅₀) – доза, яка призводить до загибелі 50% людей або тварин при 2-4 годинній інгаляційній дії АХНР.

При загальній дії токсичний ефект з'являється після попадання АХНР у кров через шкіряні покрови (шкіряна резорбтивна токсичність), органи дихання (інгаляційна токсичність) або шлунково-кишковий тракт (пероральна токсичність). Відповідно, при оцінці токсичності необхідно враховувати як характер і ступінь токсичності, так і спосіб попадання аварійно хімічно небезпечної речовини (АХНР) в організм людини.

При місцевій дії токсичний ефект проявляється в місці контакту АХНР з тканинами організму (ураження шкіряних покрів, роздратування органів дихання, розлад зору).

Для кількісної характеристики токсичності різних хімічних сполук користуються визначеними категоріями токсичних доз, що враховують шлях проникнення речовин в організм людини.

Інгаляційні токсичні дози вимірюються в грамах (міліграмах) за хвилину (секунду) на кубічний метр (г·хв/м³, г·с/м³, мг·хв/л).

Шкіряно-резорбтивні токсичні дози вимірюються кількістю речовини, яка припадає на одиницю поверхні або одиницю маси тіла (мг/см², мг/м², г/см², кг/см², кг/м² або мг/кг).

Значення інгаляційних і шкіряно-резорбтивних токсичних доз АХНР дозволяють, з одного боку порівнювати їх між собою, а з іншого – оцінювати ступінь важкості ураження потерпілих в аварійній ситуації.

Значення середніх порогів токсичних доз (токсодоза PC₅₀) найбільш поширених АХНР наведено у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Значення середніх порогів токсичних доз найбільш поширених АХНР

АХНР	PC ₅₀ , г·м ³
Аміак	454
Гідразин	14
Окисел вуглецю	1620
Окисел етилену	3600
Двоокисел сірки	194
Сірковуглець	2592
Фосген	13
Ціанистий водень	36
Хлор	36

Примітка: В таблиці наведені значення порогу токсичних доз для дорослих, для дітей в 4-10 менше.

Значення вказаних токсодоз є постійними лише для порівняно малих за часом експозицій, які не перебільшують 40-60 хвилин. При більш тривалих діях або при малих концентраціях значення PC₅₀ збільшується, особливо для тих АХНР, які виводяться частково з організму. Для них значення токсодози може бути значно більше. Щоб врахувати процес інтоксифікації АХНР, що проходить за рахунок обеззаражування їх в організмі або виведення із нього, рекомендується вводити поправний коефіцієнт, що є функцією часу і властивостей конкретної речовини. В цьому випадку:

$$PC_{50}(\tau) = PC_{50} \cdot K(\tau), \quad (3.1)$$

де $PC_{50}(\tau)$ – порогові токсичні дози при експозиції τ , г·с/м³;

PC_{50} – порогові токсичні дози при короткій експозиції, г·с/м³;

$K(\tau)$ – поправний коефіцієнт.

У випадку коли АХНР практично не виводиться або слабо виводиться із організму людини, поправний коефіцієнт приймають рівним одиниці. При цьому виходять з припущення, що АХНР володіє кумулятивною дією.

В аварійних ситуаціях в повітрі може опинитися декілька АХНР. В цьому випадку оцінка сумарного ефекту представляє собою досить важку задачу, так як ефект від комбінованої дії декілька хімічних речовин може бути рівним суми ефектів роздільної дії, більше або менше цієї суми. Рекомендується при одночасному знаходженні в повітрі декілька токсичних речовин спрямованої дії допустимим рахувати концентрації, що відповідають умові:

$$C_1 : ГДК_1 + C_2 : ГДК_2 + C_n : ГДК_n \leq 1, \quad (3.2)$$

коли сума відношень фактичних концентрацій АХНР в повітрі до їх ГДК, які встановлені для кожної речовини, не повинна перебільшувати одиницю.

Якщо одночасно виділяється декілька токсичних речовин, що не мають спрямованого характеру дії, тоді ефект дії АХНР слід оцінювати за найбільш токсичною речовиною.

Хімічні речовини, які можуть викликати масові ураження населення, при аваріях з викидом (виливом) в повітря, можна розділити на групи:

перша група – речовини з переважною дією удушення: з вираженою дією припікання (хлор, трьоххлористий фосфор, оксихлорид фосфору); з слабкою дією припікання (фосген, хлорпікрин, хлорид сірки);

друга група – речовини переважно загальної отруйної дії (окисел вуглецю, синильна кислота, динітрофенол, динітроортокрезол, етиленхлоргідрин, етиленфторгідрин);

третья група – речовини, які мають дією удушення та загальну отруйну дію: з вираженою дією припікання (акрилонітрил); з слабкою дією припікання (сірчаний ангідрид, сірководень, окисли азоту);

п'ята група – речовини, що мають дію удушення і нейротропну дію (аміак);

четверта група – нейротропні отрути, речовини, що діють на генерацію, проведення і передачу нервового імпульсу (сірковуглець, фосфорорганічні сполуки);

шоста група – метаболічні отрути (етиленоксид, метилбромид, метилхлорид, діметилсульфат);

сьома група – речовини, що порушують обмін речовин (діоксан).

До речовин з переважною дією удушення відносяться токсичні сполуки, для яких головним об'єктом дії на організм є дихальні шляхи. Ураження організму при дії речовин удушення умовно розділяють на чотири періоди: період контакту з речовиною, період скритої дії, період токсичного набряку легенів і період ускладнень. Тривалість кожного періоду визначається токсичними властивостями кожної речовини і величиною експозиційної дози.

При дії пару ряду речовин в високих концентраціях можливий швидкий літальний кінець від шокowego стану, що викликається хімічним опаленням.

До речовин переважно загальної отруйної дії належать сполуки, що можуть викликати гостре порушення енергетичного обміну, яке і є у важких випадках причиною гибелі ураженого. Ці речовини можна розділити на отрути крові і тканинні отрути відкритих часток шкіри, слизистих верхніх дихальних шляхів і легенів.

Отрути крові розділяються на гемолітичні отрути і отрути гемоглобіну.

Тканинні отрути діляться на інгібітори ферментів дихальної цепі (ціаніди, сірковуглець, акрилонітрил), роз'єднувачі окислення і фосфорилірування (динітрофенол, динітроортокрезол,) і речовини, що виснажують запаси субстратів для процесів біологічного окислення (етиленхлоргідрин, етиленфторгідрин).

До речовин з дією удушення і загально отруйною дією належить значна кількість АХНР, що здатні при інгаляційній дії викликати токсичний набряк легенів, а при резорбції порушувати енергетичний обмін. Більшість сполук цієї групи володіє сильною дією припікання, що значно утруднює надання допомоги потерпілим.

До речовин, що діють на генерацію, проведення і передачу нервового імпульсу (нейротропні отрути), належать речовини, які порушують механізми периферичної нервової регуляції, а також модулюючи стан самої нервової системи. В основі їх дії лежить можливість вмішуватися в процес синтезу, зберігання, викиду, інактивації в синаптичній щілині нейромедіаторів; взаємодіяти з рецепторами нейромедіаторів; змінювати проникності іонних каналів збуджувальних мембран.

До речовин, що мають дію удушення і нейротропну дію належать токсичні сполуки, які викликають при інгаляційному ураженні токсичний набряк легенів, на фоні якого формується важке ураження нервової системи.

В основі дії на мозок лежить порушення генерації, проведення і передачі нервового імпульсу, який усугубляється станом важкої гіпоксії, що викликано порушенням зовнішнього дихання.

До метаболічних отрут належать токсичні сполуки, що вмішуються в інтимні процеси метаболізму речовин в організмі. Отруєння цими речовинами характеризується відсутністю реакції на отруту. Ураження організму розвивається, як правило, поступово і в важких випадках закінчується смертю потягом декількох діб.

В патологічний процес ураження цими речовинами залучаються багато органів, але головними є порушення з сторони центральної нервової системи, паренхіматозних органів і іноді системи крові.

За своєю побудовою ці речовини належать до різних класів сполук, однак всі вони володіють загальною властивістю: в організмі людини вони руйнуються з виникненням високо реакційно-дійсних вуглеводневих радикалів.

До речовин, що порушують обмін речовин, належать токсичні сполуки групи галогенованих ароматичних вуглеводів. При цьому особливою біологічною активністю відзначається дібензодіоксани і поліхлоровані бензофурані.

Дані речовини здібні, діючи через легені, травний тракт і неушкоджену шкіру, викликати захворювання з надзвичайно в'ялим проходженням. При цьому практично в процес залучаються всі органи і системи організму людини. Характерною особливістю дії цих речовин є порушення обміну речовин, що в підсумку може іноді привести до літального кінця.

Фактором ураження хімічної небезпечної ситуації є токсична дія, що визначається концентрацією АХНР в навколишньому природному середовищі та щільністю (густиною) хімічного зараження місцевості і об'єктів господарювання.

Щільність (густина) зараження небезпечними хімічними речовинами – це ступінь хімічного зараження місцевості.

Класифікація основних АХНР за ступенем небезпеки подана у таблиці 3.6

Таблиця 3.6 – Класифікація основних АХНР за ступенем небезпеки

№ з/п	АХНР	Клас небезпеки	ГДК, мг/м ³	№ з/п	АХНР	Клас небезпеки	ГДК, мг/м ³
1	Аміак	3	20	20	Олеум	2	1
2	Азотна кислота	2	5	21	Пропілен оксид	2	1
3	Анілін	2	0,1	22	Перекис водню	3	1,4
4	Ангідрид	3	10	23	Перлхлоретилен	3	10
5	Ангідрид оцтовий	3	5	24	Соляна кислота	2	5
6	Ацетоноціангідри	2	0,9	25	Сірководень	2	10
7	Бензол	2	5	26	Сірковуглець	2	1
8	Бензол хлористий	1	0,5	27	Трихлорсилон	2	1
9	Бром	2	0,5	28	Трихлоретилен	3	10
10	Бромбензол	2	3	29	Толуол	3	50
11	Бромистий гептил	3	0,5	30	Оцтова кислота	3	5
12	Гідрозингідрат	1	0,1	31	Фосген	2	0,5
13	Диметиламін	2	1	32	Фтористий водень	2	0,5
14	Дихлоретан	2	10	33	Фурфурол	3	10
15	Метанол	3	5	34	Хлор	2	1
16	Метил акрилат	3	20	35	Хлорпікрин	2	0,7
17	Метил бромистий	1	1	36	Хлорбензол	3	50
18	Метил хлористий	2	5	37	Хлорсульфанова кислота	2	1
19	Нітрил акрилової кислоти	1	0,5	38	Хлороформ	3	5
				39	Етилену окисел	2	1

Лекція №4 ЛІКВІДАЦІЯ НАСЛІДКІВ ХІМІЧНИХ АВАРІЙ

Питання для розгляду на лекції:

4.1 Характер можливих хімічних надзвичайних ситуацій.

4.2 Організація ліквідації наслідків хімічних небезпечних надзвичайних ситуацій.

4.1 Характер можливих хімічних надзвичайних ситуацій

Безпека функціонування ХНО залежить від багатьох факторів: фізико-хімічних властивостей сировини, напівпродуктів і продуктів, від характеру технологічного процесу і надійності обладнання, умов зберігання і транспортування хімічних речовин, стану контрольно-вимірювальних приладів і засобів автоматизації, ефективності засобів протиаварійного захисту тощо. Крім того, безпека виробництва, використання, зберігання і перевезення АХНР в значній мірі залежить від рівня організації профілактичної роботи, своєчасності і якості планових попереджувальних робіт, підготовленості і практичних навиків персоналу, системи нагляду за станом технічних засобів проти аварійного захисту. Критерії класифікації об'єктів і територій за ступенем хімічної небезпеки внаслідок можливих аварій з виливом (викидом) аварійно хімічно небезпечних речовин наведені в таблиці 4.1.

Наявність такої кількості факторів, від яких залежить безпека функціонування хімічних небезпечних об'єктів, робить цю проблему надто складною. Як показує аналіз причин виникнення великих хімічних аварій, що супроводжуються викидом (вилівом) АХНР, на сьогодні неможливо виключати вірогідність виникнення аварій, які приведуть до ураження виробничого персоналу і населення, яке розташовано в районі функціонування хімічно небезпечного об'єкту.

Аналіз структури підприємств, що виробляють або використовують АХНР, показує, що в їх технологічних лініях обертається, як правило, незначна кількість токсичних хімічних продуктів. Значно більша кількість АХНР за об'ємом знаходиться на складах підприємств. Це призводить до того, що при аваріях у цехах підприємств в більшості випадків мають місце локальне зараження повітря, обладнання цехів, території підприємств. При цьому ураження в таких випадках може отримати в основному виробничий персонал.

При аваріях на складах підприємств, коли руйнуються ємності, АХНР розповсюджується за межі підприємства, що призводить до масового ураження не тільки персоналу підприємства, але і населення, що розташовано в зоні ураження суб'єкта господарської діяльності (СГД).

Місткість складів АХНР на будь-якому підприємстві визначається в залежності від необхідного запасу, що забезпечує безперервну роботу підприємства, а також від доцільно допустимого накопичення на виробничій площадці товарної продукції, яка підлягає відправці споживачам. У наслідку норми зберігання АХНР на кожному підприємстві визначаються з розрахунком

умов їх споживання, вироблення, транспортування, попередження аварійних ситуацій, профілактичних зупинок, сезонних поставок, а також токсичності, пожежної і вибухової безпеки.

Таблиця 4.1. – Критерії класифікації адміністративно-територіальних одиниць і суб'єктів господарської діяльності за ступенем хімічної небезпеки

Критерії (показники) для віднесення АТО і СГД до хімічно небезпечних			Визначення об'єктів , які класифікуються	
			Хімічно небезпечний СГД	Хімічна небезпечна адміністративно-територіальна одиниця (АТО)
Кількість населення, яке потрапляє в зону можливого зараження АХНР, (тис. чол.)	Ступінь хімічної небезпеки	1	> 3,0 тис. чол.	Більше 50 % населення (території)
		11	0,3-3,0 тис. чол.	Від 30 до 50 % населення (території)
		111	0,1-0,3 тис. чол.	Від 10 до 30 % населення (території)
		1У	Менше 0,1 тис. чол.	Менше 10 %

В середньому на підприємствах мінімальні (не понижуючі) запаси хімічних продуктів створюються на три доби, а для заводів з виробництва окремих хімічних речовин і мінеральних добрив – до 10-15 діб.

В результаті на великих хімічних підприємствах, а також на складах в деяких портах і на транспорті, що перевозить АХНР, може одночасно зберігатися тисячі тон різних сильнодіючих отруйних речовин.

На виробничих площадках або на транспорті АХНР, як правило, знаходиться в стандартних ємностях. Це можуть бути оболонки з алюмінію, заліза або залізобетону, в яких підтримуються умови, що відповідають заданим режимам зберігання. Форма і тип ємностей вибираються виходячи із масштабів виробництва або використання, умов їх транспортування. Найбільш широке розповсюдження сьогодні отримали ємності циліндричної форми та шарові резервуари.

Місткість резервуарів буває різною. Хлор, наприклад, зберігається в ємкостях місткістю від 1 до 1000 т, аміак – від 5 до 30000 т, синильна кислота – від 1 до 200 т, окисел етилену – в шарових резервуарах об'ємом 800 м³ і більше, окисел вуглецю, двоокис сірки, гідразин, тетраетилсвинець, сірковуглець – в ємкостях місткістю від 1 до 100 т.

Наземні резервуари, як правило, розміщуються групами. В кожній групі передбачається резервна ємність для перекачування АХНР на випадок їх виливу із якогось резервуару. Для кожної групи наземних резервуарів за периметром робиться замкнуте обвалування або загороджувальна стінка з негорючих і стійких до корозії матеріалів висотою не менше 1 м.

Внутрішній об'єм обвалування, розраховується на повний об'єм групи резервуарів. Відстань від резервуарів до підшови обвалування або загороджувальної стінки приймається рівною половині діаметру.

Відстань від складів АХНР об'ємом більше 8000 м³ до населених пунктів повинна бути не менше 1000 м. Відстань від складів з наземним розташуванням резервуарів до місць масового скупчення людей (стадіонів, базарів, парків і т.д.) збільшується в два рази.

Для зберігання АХНР на складах підприємств використовуються наступні головні способи:

- в резервуарах під високим тиском;
- в ізотермічних сховищах при тиску, близькому до атмосферного (низькотемпературне сховище), або до 1 Па (ізотермічне сховище, при цьому використовуються шарові резервуари великої місткості);
- зберігання при температурі навколишнього середовища в закритих ємностях (характерно для високо киплячих рідин).

Спосіб зберігання АХНР у більшості визначає їх поведінка при аваріях (розкриття, пошкодження, руйнування оболонок резервуарів).

У випадку *руйнування оболонки ємності*, що зберігала АХНР *під тиском*, і наступного розливу великої кількості речовини в піддон (обвалування) його попадання в повітря може здійснюватися протягом тривалого часу. Процес випаровування в даному випадку можна умовно розділити на три періоди.

Перший період – бурне, майже моментальне випаровування за рахунок різниці пружності насиченого пару АХНР в ємності і парціального тиску в повітрі. Даний процес забезпечує головну кількість пару АХНР, що потрапляє в повітря за цей період часу. Крім того, частина АХНР переходить в пар за рахунок теплоутримання рідини, температури навколишнього повітря і сонцевої радіації. В результаті температура рідини знижується до температури кипіння. Враховуючи, що за даний період часу випаровується значна кількість АХНР, то може виникнути хмара з концентраціями АХНР, значно перевищуючи смертельні.

Другий період – нестійке випаровування АХНР за рахунок тепла піддону (обвалування), зміни теплоутримання рідини і притоку тепла від навколишнього повітря. Цей період характеризується, як правило, різким спадом інтенсивності випаровування в перші хвилини після розливу з одночасним пониженням температури рідкого шару нижче температури кипіння.

Третій період – стаціонарне випаровування АХНР за рахунок тепла навколишнього повітря. Випаровування в цьому випадку буде залежати від швидкості вітру, температури навколишнього повітря і рідкого шару. Підведення тепла від піддону (обвалування) практично буде дорівнювати нулю. Тривалість стаціонарного періоду в залежності від типу АХНР, його кількості і зовнішніх умов може складати години, добу і більше.

У випадку *руйнування оболонки ізотермічного сховища* і наступного розливу великої кількості АХНР в піддон (обвалування) випарування за рахунок різниці пружності насиченого пару АХНР в ємності і парціального

тиску в повітрі у зв'язку з малим надмірним тиском майже не спостерігається. Для даного типу ємкостей характерні періоди нестационарного і стаціонарного випаровування АХНР.

Формування первинної хмари здійснюється за рахунок тепла піддону (обвалування), зміною теплоутримання рідини і притоку тепла від навколишнього повітря.

При цьому кількість речовини, що переходить в первинну хмару, як правило, не перевищує 3-5 % при температурі навколишнього повітря 25-30 °С.

При відкритті оболонок з високо кип'яченими рідинами виникнення первинної хмари не спостерігається. Випарування рідини здійснюється за стаціонарним процесом і залежить від фізико-хімічних властивостей АХНР і температури навколишнього повітря. Враховуючи малі швидкості випаровування таких АХНР, вони будуть являти собою небезпеку тільки для навколишніх, що знаходяться в районі аварії.

Треба відмітити, що на багатьох об'єктах скупчена значна кількість різних легко горючих речовин, у тому числі АХНР (аміак, окисел етилену, синильна кислота, окисел вуглецю та інші). Багато АХНР вибухонебезпечні (гідразин, окисли азоту та інші). Цю обставину необхідно враховувати при виникненні пожеж на об'єктах. Більше того, сама пожежа на підприємстві може сприяти виділенню різних отруйних речовин. Так наприклад, горіння поліуретану та інших пластмас приводить до виділення синильної кислоти, фосгену, окислу вуглецю, різних ізоціанатів, іноді діоксану та інших АХНР в небезпечних концентраціях, особливо в закритих приміщеннях. Характеристика основних груп АХНР і хімічних речовин, які виникають на хімічно небезпечних об'єктах при аваріях, наведена в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Основні групи АХНР і речовини, які виникають при аваріях на ХНО

Група	Характеристика	Типові представники
1	Рідкі легкі АХНР, які зберігаються в ємностях під тиском (стиснуті і зріджені гази)	Хлор, сірчаний газ, сірководень, фосген, бромметил, окисел вуглецю
2	Легкі леткі АХНР, які зберігаються в ємностях без тиску	Нітро- і аміносполуки ароматичного ряду, синильна кислота, нітрил акрилової кислоти, тетраетилсвинець, хлорна суміш, дифосген, діхлоретан, хлорпікрин

Група	Характеристика	Типові представники
3	Кислоти, які димлять	Сірчана – з щільністю понад 1,87 і більше, азотна – з густиною 1,4 і більше, хлорсульфонова і плавикова кислоти; хлорангідриди сірчаної, сирнистої і піросірчаної кислот
4	Сипучі і тверді нелегкі АХНР і речовини, які зберігаються до 40°C	Сулема, миш'яковистий ангідрид, фосфор жовтий, алкоїди, арсенат кальцію і натрію, арсенід кальцію та інші
5	Сипучі і тверді легкі АХНР і речовини при зберіганні до 40°C	Солі синильної кислоти, ціаниста і оксидціаниста ртуть, ціаниста мідь, інші препарати, етилмеркурфосфат, етилмеркурхлорид, меркуран

Ось чому при організації робіт з ліквідації хімічної небезпечної аварії на об'єкті господарювання і її наслідків необхідно враховувати не тільки фізико-хімічні властивості АХНР, але і їх вибухову і пожежну небезпеку, можливість виникнення протягом пожежі нових АХНР і на цій основі вживати заходи щодо захисту персоналу, який бере участь в роботах.

Аналіз аварійних ситуацій, які мали місце, і виконані розрахунки показують, що об'єкти з хімічними небезпечними компонентами можуть бути джерелом: залпових викидів АХНР в атмосферу, в водойми; хімічної пожежі з надходження токсичних речовин у довкілля; руйнівних вибухів; зараження об'єктів і місцевості в осередках аварії і на сліді розповсюдження хмари; широких зон задимлення у сполучі з токсичними продуктами.

Для будь-якої аварії характерні стадії виникнення, розвитку і спаду небезпеки. На хімічному небезпечному об'єкті в розпалі аварії можуть діяти, як правило, декілька факторів ураження: пожежа, вибухи, хімічне зараження повітря і місцевості та інші, а за межами об'єктів – зараження довкілля.

Дія АХНР через органи дихання частіше, ніж через інші шляхи дії, призводить до ураження людей, реалізується на великих відстанях і площах з швидкістю вітрового переносу.

Для багатьох АХНР характерна тривалість зараження навколишнього середовища, а також прояв віддалених ефектів ураження людей і об'єктів біосфери. Наприклад, в 1976 році в м. Севезо (Італія) в результаті руйнування на хімічному заводі одного із апаратів, в якому здійснювався синтез трихлорфенолу, в повітря була викинута хмара, яка крім головного продукту синтезу мало майже 4 кг діоксану. Хмара розповсюдилась на площі біля 18 км². В результаті хімічної небезпечної ситуації крім значної матеріальної шкоди, було уражено декілька сотень чоловік, загинула більшість сільськогосподарських тварин. Доводилося здійснювати евакуацію населення та проводити дегазацію місцевості майже протягом 8 років.

Масштаби ураження при хімічних небезпечних аваріях дуже сильно залежать від метеорологічних обставин і умов зберігання АХНР. Так, іноді сильний викид може не спричинити значної шкоди або він буде мінімальним, в той же час менший викид в інших умовах може призвести до більшої шкоди.

З цих особливостей хімічних небезпечних аварій випливає: захисні заходи і, понад усе, прогнозування, виявлення і періодичний контроль за змінами хімічної обстановки, оповіщення персоналу підприємства, населення і сил цивільного захисту, повинні проводитися з надзвичайно високою оперативністю; серед населення і сил цивільного захисту, що знаходяться в зонах розповсюдження АХНР, можуть бути уражені, для обслідування яких і надання їм медичної допомоги знадобляться значні сили і засоби. Локалізація джерела надходження АХНР в довкілля має визначну роль в попередженні масового ураження людей. Швидке здійснення цієї задачі може спрямувати аварійну ситуацію в контролююче русло, зменшити викиди АХНР і значно знизити шкоду.

4.2 Організація ліквідації наслідків хімічних небезпечних надзвичайних ситуацій

Організація ліквідації хімічних небезпечних аварій (катастроф) залежить від масштабів і їх наслідків. Масштаб аварії визначається кількістю АХНР, яке викинуте в атмосферу (на місцевість), і її розподілом за простором і часом, а також щільністю населення і наявністю особового складу сил цивільного захисту, для яких створюється загроза ураження. Сукупність масштабів аварії, результатів дії хімічного зараження на сили цивільного захисту і населення, об'єкти господарювання і навколишнє природне середовище створюють *наслідки хімічних небезпечних надзвичайних ситуацій*.

Хімічні небезпечні надзвичайні ситуації, виходячи із протяжності меж розповсюдження АХНР і їх наслідків та матеріальних ресурсів, що необхідні для їх ліквідації прийнято розділяти на НС: державного, регіонального, місцевого та об'єктового рівня.

Ліквідація наслідків надзвичайної ситуації об'єктового рівня здійснюється силами і засобами об'єктів господарювання, на яких виникла аварія (катастрофа). Для цього на об'єктах великої потужності з виробництва або використання АХНР створюються спеціальні штатні газорятувальні загони (команди) і невоєнізовані формування (загони, команди, групи).

Газорятувальний загін (команда), як правило, складається з трьох взводів:

– *оперативного*, що несе постійне чотиригодинне чергування і призначений для ліквідації аварій і рятування людей;

– *забезпечення безпеки*, що займається перевіркою дотримання вимог безпеки на робочих місцях, в цехах (дільницях) і надання допомоги у виконанні цих завдань на об'єкті;

– *технічного*, завданням якого є забезпечення цехів (дільниць) підприємства засобами захисту і їх перевірка.

В кожному цеху (дільниці) об'єкта, який пов'язаний з виробництвом або використанням АХНР, повинні створюватися нештатні аварійні команди

(групи). Керівництво ліквідацією наслідків хімічної аварії об'єктового рівня здійснює *штаб проведення аварійних робіт* на чолі з головним інженером об'єкту господарювання.

До ліквідації наслідків хімічної аварії місцевого рівня крім сил і засобів об'єкта господарювання можуть залучатися військові частини і невоєнізовані формування цивільного захисту області (району, міста обласного підпорядкування). Керівництво ліквідацією хімічної аварії місцевого рівня здійснює штаб проведення аварійних робіт або районна (міська) постійна комісія з питань техногенної і екологічної безпеки.

До ліквідації наслідків хімічної аварії державного рівня крім сил і засобів об'єкта господарювання (району, міста обласного підпорядкування, області) залучаються у разі необхідності сили ДСНС України, інших міністерств і відомств. Керівництво роботами з ліквідації наслідків хімічної аварії державного рівня здійснює в залежності від масштабів обласна, районна, міська постійна комісія з питань техногенної та екологічної безпеки, а у особливо важких випадках Урядова комісія.

Постійні комісії з техногенної та екологічної безпеки (районні, міські, обласні, республіканська) призначені для керівництва роботою з профілактики надзвичайних ситуацій на відповідній території та організації робіт з локалізації і ліквідації їх наслідків. Вони очолюються, як правило, першими заступниками керівників відповідних територіальних органів управління. До складу комісій входять заступники голів територіальних державних адміністрацій, начальники управлінь, відділів і служб територіальних органів управління.

Для оперативного керівництва ліквідацією наслідків хімічних аварій та організації взаємодії сил ДСНС та єдиної державної системи цивільного захисту, надання допомоги потерпілому населенню створюється оперативна група ДСНС України на чолі з одним із заступників голови ДСНС України.

У випадку хімічної небезпечної ситуації на транспорті при перевезенні АХНР організація її ліквідації залежить від масштабів аварії (катастрофи) і її наслідків. Ліквідацією аварій і їх наслідків, що пов'язані з порушенням герметичності засувних пристроїв цистерн і крапельним витіканням АХНР, здійснюється спеціалістами, що супроводжують транспорт з АХНР.

При більш великих хімічних аваріях, що пов'язані з порушенням герметичності цистерн і значним викидом (виливом) АХНР, ліквідація аварії і її наслідків організується управлінням залізниці за участю місцевих державних адміністрацій. Якщо аварія виникла при перевезенні АХНР автомобільним транспортом, то ліквідація здійснюється місцевими органами виконавчої влади (району або міста обласного підпорядкування).

До ліквідації наслідків хімічних аварій на транспорті можуть також залучатися спеціальні команди з об'єктів-вантажовідправників, формування цивільного захисту, а при необхідності сили інших міністерств і відомств.

Керівництво силами цивільного захисту, що залучаються до ліквідації транспортних хімічних аварій з виливом (викидом) АХНР здійснюється територіальними органами або оперативною групою ДСНС України.

Ліквідація наслідків хімічних небезпечних надзвичайних ситуацій включає комплекс заходів, який проводиться в короткі терміни з метою надання допомоги потерпілому населенню і силам цивільного захисту в районі аварії (катастрофи), недопущення подальших втрат, а також відновлення життєдіяльності населених пунктів та функціонування об'єктів господарювання.

Комплекс заходів з ліквідації наслідків хімічної небезпечної надзвичайної ситуації включає:

- прогнозування можливих наслідків хімічних небезпечних аварій;
- виявлення і оцінка наслідків хімічних небезпечних аварій (катастроф);
- здійснення рятувальних і інших невідкладних аварійних відновлювальних робіт;
- ліквідацію хімічного зараження;
- проведення спеціальної обробки техніки і санітарної обробки людей;
- надання медичної допомоги потерпілим;
- відновлення життєдіяльності населених пунктів та функціонування об'єктів господарської діяльності.

Прогнозування можливих наслідків хімічних небезпечних аварій здійснюється розрахунковими аналітичними станціями, групами або окремими спеціалістами. Отримані дані використовуються для прийняття невідкладних заходів захисту особового складу сил цивільного захисту, робітників, службовців і населення, організації виявлення наслідків аварії (катастрофи), проведення рятувальних та інших невідкладних робіт.

Виявлення наслідків аварії здійснюється проведенням хімічної і інженерної розвідки. Склад сил і засобів, що залучаються для виконання задач розвідки, залежить від характеру і її масштабів. Дані розвідки збираються в штабі керівництва ліквідації аварії (катастрофи) і на їх основі здійснюється оцінка наслідків хімічної надзвичайної ситуації та розробляється план їх ліквідації.

Рятувальні та інші невідкладні роботи здійснюються з метою рятування життя людей і надання допомоги потерпілим, локалізації і усунення аварійних пошкоджень, створення умов для наступного проведення робіт з ліквідації наслідків аварії (катастрофи).

Ліквідація хімічного зараження проводиться шляхом дегазації (нейтралізації) обладнання, будинків, споруд і місцевості в районі аварії, що заражені АХНР, і здійснюється з метою пониження ступеню їх зараження і виключення наступного ураження людей.

Спеціальна обробка техніки і санітарна обробка людей проводиться на виході із зон зараження і здійснюється з метою запобігання ураження людей АХНР. Ефективність цих заходів залежить від своєчасного і якісного їх проведення.

Медична допомога потерпілим надається з метою зменшення загрози їх здоров'ю, послаблення дії на них АХНР.

Здійснення комплексу заходів з ліквідації наслідків хімічних небезпечних надзвичайних ситуацій потребує чіткої організації і впевненого керівництва за їх проведенням.

При хімічній небезпечній надзвичайній ситуації керівник робіт з ліквідації її наслідків зобов'язаний:

- оцінити хімічну обстановку, визначити межі зон зараження, прийняти заходи щодо її позначення і оточення;

- виявити людей, що підверглися дії факторів ураження АХНР ;

- розробити план ліквідації наслідків хімічної аварії, в якому в залежності від масштабів і характеру хімічного зараження викласти: коротку характеристику наслідків аварії і висновки з оцінки хімічної обстановки; задачі силам цивільного захисту, що залучаються до робіт з ліквідації наслідків аварії; черговість робіт і терміни їх виконання; способи дегазації (нейтралізації) АХНР; організацію контролю за повнотою дегазації (нейтралізації) місцевості, техніки, будинків, споруд і транспорту; організацію медичного забезпечення; вимоги заходів безпеки; організацію управління і порядок подання доповідей про виконання ходу робіт.

Як правило, робота починається з рекогносцировки району аварії (катастрофи), в ході якої визначається:

- масштаб аварії і загальний порядок її ліквідації;

- можливі масштаби розповсюдження рідкої і парової фаз викиду (випливу) АХНР;

- протипожежний стан району наступних робіт;

- об'єм робіт з евакуації (відселення) населення (сільськогосподарських тварин);

- необхідна кількість сил і засобів для проведення робіт;

- місця зосередження сил і засобів для ліквідації наслідків аварії;

- задачі з розчищення шляхів підходу і під'їзду до місця аварії;

- метеорологічні умови і місця організації баз засобів матеріального забезпечення, пунктів управління, видачі засобів індивідуального захисту, харчування і т.д.

За результатами рекогносцировки ставляться завдання силам, що залучаються до проведення робіт. При цьому передбачається виконання наступних завдань, перелік яких в залежності від конкретних обставин може змінюватися:

- виявлення і контроль зони розповсюдження хмари АХНР;

- оповіщення і евакуація населення, сил цивільного захисту і тварин із зони зараження;

- надання медичної допомоги ураженим;

- ліквідація пожеж, забезпечення вибухової і пожежної безпеки робіт, що виконуються;

- розчищення і вивільнення підходів і під'їздів до місця аварії;

- усунення або обмеження випливу (викиду) АХНР із пошкоджених ємностей і їх розповсюдження на місцевості;

- перекачування або збирання АХНР в резервні ємності;

- організація дегазації (нейтралізації) техніки, що брала участь в роботах;

- санітарна обробка осіб, що брали участь в роботах.

Після постановки завдань кожному командирі формувань цивільного захисту, що беруть участь в ліквідації наслідків аварії, видається наряд-допуск на виконання робіт в зоні зараження АХНР.

Для керівництва силами і засобами, що беруть участь в ліквідації наслідків аварії, створюється система зв'язку. Для управління силами охорони громадського порядку, протипожежної охорони, військовими частинами можуть створюватися радіомережі. Використовуються також телефонні лінії державної мережі загального користування, прямі телефонні лінії, а також польові телефонні лінії, які створюються військовими частинами, а також мобільні телефонні мережі.

Необхідно зазначити, що роботи з ліквідації наслідків хімічної небезпечної надзвичайної ситуації повинні проводитися при будь-яких метеорологічних умовах, в будь-який час доби, а при необхідності і цілодобово.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Радіаційний хімічний та біологічний захист. Розділ 1. Дозиметрія та радіаційна безпека, хімічний та біологічний захист. Розділ 2. Засоби індивідуального захисту від радіаційних та небезпечних хімічних речовин. Прилади радіаційної та хімічної розвідки. Текст лекцій. Видання друге. Для курсантів, студентів і слухачів заочної форми навчання / В. В. Барбашин, О. І. Вальченко, О. М. Ігнат'єв, А. В. Ромін; за ред. В. В. Барбашина. – Харків: НУЦЗУ, 2011. – 65 с.

2. Радіаційний хімічний та біологічний захист. Розділ 3. Радіаційний хімічний та біологічний захист. Безпека ядерного паливного циклу. Текст лекцій. Для курсантів, студентів і слухачів заочної форми навчання / В. В. Барбашин, О. М. Ігнат'єв, О. М. Семків, Г. В. Фесенко; за ред. В. В. Барбашина. – Харків: НУЦЗУ, 2009. – 152 с.

3. Про затвердження Правил охорони праці для виробництв основної хімічної промисловості. Наказ Держгірпромнагляду від 26.08.2010 р. № 162 [Електронний ресурс]. – <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0850-10>.

4. Про затвердження Державних гігієнічних нормативів «Норми радіаційної безпеки України» (НРБУ-97). Наказ МОЗ України від 14.04.97 р № 208 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/MOZ396.html.

5. Про затвердження державних санітарних правил «Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України». Наказ МОЗ України від 02.02.2005 р. № 54 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0552-05>.

6. Норми радіаційної безпеки України. НРБУ-97/Д-2000. (ДНАОП 0.03-3.24-97) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.nau.ua/doc/?code=v0116488-00>.

Навчальне видання

ФЕСЕНКО Герман Вікторович
Д'ЯКОНОВ Василь Іванович

Курс лекцій
з дисципліни

«Безпека в надзвичайних ситуаціях»

(для студентів напряму підготовки 6.060101 «Будівництво»
спеціалізації «Охорона праці в будівництві»)

Відповідальний за випуск *В. І. Заіченко*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *Г. В. Фесенко*

План 2014, поз. 206Л

Підп. до друку 18.03.2014
Друк на ризографі
Тираж 50 пр.

Формат 60x84/16
Ум. друк. арк. 3,0
Зам. №

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет міського господарства
імені О. М. Бекетова,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 4705 від 28.03.2014р.