

## ТЕМА 3. ОЦІНКА ОБСТАНОВКИ В ОСЕРЕДКАХ УРАЖЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

**Мета:** засвоїти характеристику осередків ураження надзвичайних ситуацій. Розглянути хід проведення оцінки пожежної та інженерної обстановки. Оцінити радіаційну та хімічну обстановку, що може скластися на ОГД, і запропонувати заходи по захисту людей.

**Оснащення:** таблиці для проведення оцінки радіаційної (таблиці №№ 1–14) і хімічної обстановки (таблиці №№ 15 – 23).

### ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА ЗАНЯТТЯ

#### ОСНОВНІ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМИ

**Азимут середнього вітру** – це кут у горизонтальній площині між напрямком, звідки дме вітер, і відрахованим за ходом годинникової стрілки.

**Залишкова доза радіації** – це доза опромінення у відсотках від одержаної в результаті опромінення дози і не відновлена організмом до даного часу. Залежно від часу опромінення вона становить через 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 тижнів відповідно 90, 75, 60, 50, 42, 35, 30, 25, 20, 17, 15, 13, 11 і 10 %.

**Зона можливого хімічного зараження (ЗМХЗ)** – територія, у межах якої внаслідок зміни напрямку вітру може переміщатися хмара НХР з вражаючими концентраціями.

**Небезпечна хімічна речовина (НХР)** – хімічна речовина, безпосередня чи опосередкована дія якої може спричинити загибель, гостре чи хронічне захворювання або отруєння людей і завдати шкоди довкіллю.

**Оцінка інженерної обстановки** – це розв'язання основних завдань різних варіантів дій рятувальних служб ЦЗ, а також виробничої діяльності об'єктів і галузей виробництва з метою визначення масштабів руйнування, обсягів, термінів і черговості, а також сил і засобів для проведення рятувальних та невідкладних робіт проводиться.

**Оцінка пожежної обстановки** – це розв'язання основних завдань різних варіантів дій рятувальних служб ЦЗ, а також виробничої діяльності об'єктів і галузей виробництва з метою визначення масштабів і щільність ураження пожежами населених пунктів, об'єктів і лісових масивів, а також сил і засобів для проведення рятувальних та невідкладних робіт проводиться.

**Оцінка радіаційної обстановки** – це розв'язання основних завдань різних варіантів дій рятувальних служб ЦЗ, а також виробничої діяльності об'єктів і галузей виробництва в умовах радіоактивного забруднення, аналіз одержаних результатів і вибір найбільш доцільних варіантів дій, які б виключали радіаційне ураження людей, сільськогосподарських тварин і забруднення радіоізотопами урожаю, продуктів і води.

**Оцінка хімічної обстановки** – розв’язання завдань і формулювання висновків з аналізу наслідків і ступеня впливу хімічного забруднення на життєдіяльність людей регіону, об’єкти господарювання та визначення заходів щодо їхнього захисту.

**Пожежна обстановка** – це масштаби і щільність ураження пожежами населених пунктів, об’єктів і лісових масивів, що впливає на життєдіяльність населення, роботу об’єктів народного господарства, організацію та проведення рятувальних і невідкладних робіт.

**Прогнозування радіоактивного забруднення (РЗ)** – гіпотетичні розрахунки можливих аварій на АЕС на основі встановлених закономірностей залежно від масштабів і характеру РЗ місцевості від потужності й виду ядерного вибуху та метеорологічних умов.

**Прогнозована зона хімічного зараження (ПЗХЗ)** – розрахункова зона в межах ЗМХЗ, параметри якої приблизно визначаються за формулою еліпса.

**Радіаційна обстановка** – це масштаб і ступінь РЗ місцевості, які впливають на дії формувань рятувальних служб, населення і роботу об’єктів господарювання. Вона може бути виявлена й оцінена за даними прогнозу і розвідки.

**Середній вітер** – це вітер, який є середнім за швидкістю і напрямком для всіх шарів атмосфери від поверхні землі до висоти піднімання верхньої кромки хмари вибуху. Напрямок середнього вітру вказується азимутом у градусах. також окремих комунальних і промислових об’єктів, які не вимагають утворення санітарно-захисних зон; будівництво шляхів міського сполучення, вулиць, площ, парків, бульварів та інших місць загального користування.

**Слід радіоактивної хмари** – це підвітряна сторона району РЗ.

**Хімічна обстановка** – це сукупність умов, які виникають на території міста, району або ОГД внаслідок аварії на хімічно-небезпечному об’єкті (ХНО) і потребують прийняття відповідних заходів захисту.

**Хімічно небезпечна адміністративно-територіальна одиниця (ХАТО)** – адміністративно-територіальна одиниця, до якої зараховуються області, райони, а також будь-які населені пункти областей, які потрапляють в ЗМХЗ при аваріях на ХНО.

**Хімічно небезпечний об’єкт (ХНО)** – промисловий об’єкт (підприємство) або його структурні підрозділи, на якому знаходяться в обігу НХР.

## **ПИТАННЯ ДЛЯ ТЕОРЕТИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ**

1. Оцінка радіаційної обстановки.
2. Оцінка хімічної обстановки.
3. Оцінка пожежної обстановки.
4. Оцінка інженерної обстановки.

## ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

1. Під *радіаційною обстановкою* розуміють сукупність наслідків радіоактивного забруднення (зараження), які впливають на виробничу діяльність об'єктів економіки, життєдіяльність населення, дії сил цивільної оборони при проведенні рятувальних та інших невідкладних робіт. Радіаційна обстановка характеризується масштабом (розмірами зон) і характером радіоактивного забруднення (рівнем радіації). Розміри зон радіоактивного забруднення (зараження) і рівні радіації є основними показниками ступеня небезпеки радіоактивного забруднення.

Оцінка радіаційної обстановки включає:

1. Визначення масштабів і характеру радіоактивного забруднення місцевості, тобто виявлення радіаційної обстановки.
2. Аналіз їх впливу на діяльність об'єктів економіки, життєдіяльність населення і сили цивільного захисту.
3. Вибір найбільш доцільних варіантів дій, при яких виключається радіаційне ураження людей, або воно є мінімальним.

Виявлення й оцінка радіаційної обстановки здійснюється шляхом розв'язку формалізованих задач, які дозволяють розрахувати дози опромінення (табл. 1) і можливі наслідки такого впливу на населення, особовий склад формувань при всіх видах їх дій і оптимізувати режим роботи формувань на забрудненій місцевості та режим роботи підприємств.

У залежності від характеру й об'єму вихідної інформації, задачі можуть розв'язуватися або шляхом розрахунків (прогнозування), або на основі результатів фактичних вимірювань на забрудненій місцевості (за даними розвідки) та оцінка радіаційного становища методом прогнозування.

Попередній прогноз радіаційної обстановки здійснюється шляхом розв'язування формалізованих задач, які дозволяють передбачити можливі наслідки впливу аварії на населення, особовий склад формувань при всіх видах їх дій та оптимізувати режими роботи формувань на забрудненій місцевості, режим роботи підприємств.

Укладаючи прогноз вірогідної радіаційної обстановки, вирішують декілька завдань:

- визначення зон радіаційного забруднення та нанесення їх на карту (схему);
- визначення часу початку випадання радіоактивних опадів на території об'єкта;
- визначення доз опромінення, що може отримати людина на зараженій території;
- визначення тривалості перебування на забрудненій території;
- визначення часу початку роботи на забрудненій території;
- визначення можливих санітарних втрат при радіаційній аварії.

*Вихідними даними для оцінки радіаційної обстановки є:*

- тип і потужність ядерний атомний реактор (ЯЕР);
- частка викинутих з ЯЕР радіоактивних речовин (РР) – h (%);

- координати ЯЕР чи АЕС;
- астрономічний час аварії – Тав;
- метеоумови: напрямок (азимут  $A$ ) і швидкість вітру на висоті 10 м ( $V$ , м/с), температура повітря ( $^{\circ}\text{C}$ ), ступінь вертикальної стійкості повітря (СВСП): інверсія, ізотермія, конвекція (визначається за часом доби (ніч, день) і хмарністю);
- відстань від об'єкта (району дії формувань) до аварійного реактора –  $RO$  (км);
- час початку роботи робітників і службовців об'єкта (дії формувань) –  $T_{\text{поч.}}$  (год.);
- довготривалість дій (роботи) –  $T_r$  (год.);
- кратність послаблення потужності дози опромінення –  $K_{\text{посл.}}$ .

Оцінка радіаційного становища при аваріях на об'єктах атомної енергетики.

1. За таблицею 2 визначається категорія стійкості атмосфери (інверсія, ізотермія, конвекція), що відповідає погодним умовам і заданому періоду доби.

2. За таблицею 3 визначається середня швидкість вітру ( $V_{\text{ср}}$ ) в товщині поширення радіоактивної хмари, виходячи із заданої швидкості приземного вітру  $V$  і встановленої за табл. 2 ступеня вертикальної стійкості атмосфери.

3. За таблицями 3 – 10 для заданого типу ЯЕР (РБМК, ВВЕР) і по частці викинутих РР визначаються розміри прогнозованих зон забруднення і наносяться в масштабі на карту (схему) у вигляді правильних еліпсів.

4. Виходячи із заданої відстані ( $RO$ ) від об'єкта до аварійного реактора з урахуванням утворених зон забруднення встановлюється (визначається) зона забруднення, в яку потрапив об'єкт (район дії формувань).

5. За таблицею 8 визначається час початку формування сліду радіоактивного забруднення ( $t_{\text{ф}}$ ) після аварії на АЕС (час початку випадання радіоактивних опадів на території об'єкта).

Таблиця 1 – Одиниці вимірювання іонізуючих випромінювань

Величини	Одиниці вимірювання		Переведення одиниць
	Система СІ	Несистемні	
Активність (А)	Беккерель (Бк) (1 розпад ядра атома за 1 сек.)	Кюрі (Кі) ( $3,7 \cdot 10^{10}$ розпадів за 1 сек.)	$1 \text{ Кі} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$
Ступінь забруднення	$\text{Бк}/\text{м}^2$	$\text{Кі}/\text{м}^2$	$1 \text{ Кі}/\text{м}^2 = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}/\text{м}^2$

Експозиційна доза (X)	Кл/кг (доза радіоактивного випромінювання, яка створює у 1 кг сухого повітря таку кількість іонів одного знаку, що їх сумарний заряд становить 1 кулон)	Рентген (Р) (доза радіоактивного випромінювання, яка створює у 1 см <sup>3</sup> сухого повітря таку кількість іонів одного знаку, що їх сумарний заряд становить 1 од. заряду СГС)	1 Р = 2,58·10 <sup>-4</sup> Кл/кг
Поглинена доза (D)	Грей (Гр) (доза радіоактивного випромінювання, при якій 1 кг речовини, що опромінюється, поглинає енергію в 1 Дж)	Рад (доза радіоактивного випромінювання, при якій 1 г речовини, що опромінюється, поглинає енергію в 100 ерг)	1 рад = 0,01 Гр
Еквівалентна доза (H)	Зіверт (Зв) (доза радіоактивного випромінювання любого виду, що призводить до таких же дій на біологічний об'єкт, як і доза рентгенівського або γ-випромінювання в 1 Гр)	бер (доза радіоактивного випромінювання любого виду, що призводить до таких же дій на біологічний об'єкт, як і доза рентгенівського або γ-випромінювання в 1 Р)	1 бер = 0,01 Зв
Потужність дози (P)	ампер на кілограм (А/кг) (потужність експозиційної дози радіоактивного (фотонного) випромінювання, при якій за 1 с створюється експозиційна доза 1 Кл/кг)	Рентген на годину (Р/год.) (потужність експозиційної дози радіоактивного (фотонного) випромінювання, при якій за 1 год. створюється експозиційна доза 1 Р)	1 Р/год = 7,166·10 <sup>-8</sup> А/кг

*Примітка:* для фотонного випромінювання в повітрі 1 Рад = 0,869 Р (бер).

6. За таблицями 9 – 12 для відповідної зони забруднення місцевості з врахуванням початку і довготривалості роботи на забрудненій території, визначається доза опромінення Дзони, яку отримають робітники і службовці об'єкта (особовий склад формувань) за умов відкритого розміщення в середині зони.

Дози опромінення, які отримають робітники й службовці об'єкта за час роботи в заданому районі визначаються за формулою:

Допр. = Дзони × Кзони × 1/Кпосл.; (бер) (1), де:

Дзони – доза розрахована по таблицях 9 – 13;

Кпосл. – коефіцієнт послаблення радіації (табл. 14);

Кзони – коефіцієнт, що враховує місцезнаходження особового складу в зоні. Роблячи допущення про лінійний закон зміни Кзони по всій довжині кожної конкретної зони, значення К зони в будь-якому місці зони можна визначити з формули:

$$K_{\text{зони}} = \frac{(K_{\text{табл.}} - 1) (L_{\text{п}} + L_{\text{к}} - 2RO)}{(L_{\text{к}} - L_{\text{п}})} + 1, \quad (3.7), \quad \text{де (2)}$$

Ктабл. – визначається з приміток до таблиць 8–12;

Lп – відстань від аварійного реактора до початку зони;

Lк – відстань від аварійного реактора до кінця зони;

RO – відстань від реактора до об'єкта господарської діяльності (ОГД).

7. На підставі обчисленої дози опромінення з врахуванням характеру діяльності робітників і службовців об'єкта (на відкритій місцевості, в будівлях і спорудах, у сховищах) і встановленої дози опромінення визначається оптимальний режим діяльності населення, робітників і службовців ОГД на забрудненій місцевості.

8. На підставі вихідних даних і проведених розрахунків розробляються пропозиції по захисту населення, особового складу ОГД, що опинилися в зоні радіаційного забруднення місцевості.

**2. Хімічно небезпечним об'єктом (ХНО)** вважається об'єкт господарювання, при аваріях і руйнуваннях якого можуть відбутися масові ураження людей, тварин і рослин небезпечними хімічними речовинами.

До ХНО належать:

- підприємства хімічної галузі промисловості, які виробляють чи використовують НХР;
- підприємства з переробки нафтопродуктів;
- підприємства інших галузей промисловості, які використовують НХР;
- підприємства, які мають на озброєнні холодильники, водонапірні станції, очисні споруди, що використовують хлор і аміак;

- залізничні станції і порти, де концентрується продукція хімічних виробництв, термінали і склади на кінцевих пунктах розміщення СДОР;
- транспортні засоби, контейнери і наливні потяги, автоцистерни, річкові морські танкери, які перевозять хімічно небезпечні продукти;
- склади і бази, на яких зберігаються запаси речовин для дезактивації, дератизації сховищ для зерна і продуктів його переробки.

У зонах можливого хімічного зараження в Україні проживає близько 20 млн. осіб, що становить 38,5 % населення, яких потрібно захистити у випадку можливих аварій.

### *Аварії на хімічно небезпечних об'єктах та характеристика зон хімічного зараження*

На обігу на хімічно небезпечних підприємствах перебуває велика кількість різноманітних небезпечних хімічних речовин.

*Небезпечні хімічні речовини (НХР)* – це токсичні хімічні речовини, що застосовуються в господарських цілях і здатні у разі витікання зі зруйнованих чи ушкоджених технологічних ємностей, сховищ і устаткування викликати масові ураження людей.

За своїми уражальними властивостями НХР поділяються на групи:

- речовини переважно задушливої дії (хлор, фосген, хлорпикрин та ін.);
- речовини переважно загальноотруйної дії (окис вуглецю, ціаністий водень та ін.);
- речовини задушливої та загальноотруйної дії (аміак, акрилонітрол, азотна кислота й оксиди азоту, сірчистий ангідрид, фтористий водень);
- речовини, які діють на генерацію, проведення і передавання нервового імпульсу;
- нейротропні отрути (сірковуглець, тетра-етилсвинець, фосфорорганічні сполуки й ін.);
- речовини задушливої і нейротропної дії (аміак, гептил, гідрозин та ін.);
- метаболічні отрути (окис етилену, дихлоретан та ін.).

До надзвичайно високотоксичних НХР належать сполуки миш'яку, ртуті, кадмію, талію, свинцю, цинку, нікелю, заліза, фосфору, хлору, бромю, синильної кислоти і деякі інші сполуки.

До сильнотоксичних хімічних речовин належать сірчана, азотна, соляна, ортофосфорна, оцтова й ін. кислоти, луги (аміак, їдкий калій, натрій, хлористий і бромистий метил), деякі сильнодіючі сполуки (гідроз, нітротолуол, нітробензол).

Основною характеристикою НХР є токсичність. *Токсичність* – це здатність отруйної речовини уражати живий організм. Ступінь її залежить від фізико-хімічних властивостей НХР і визначається токсодозою (токсичною дозою).

*Токсодоза* – кількість речовини (в одиницях ваги), віднесена до одиниці об'єму і до одиниці часу (мг/л·хв.). Токсодоза характеризує кількість токсичної речовини, поглинутої організмом за певний інтервал часу.

Території, які потрапили під вплив НХР у результаті аварії на ХНО, поділяють на зони:

Зона смертельних токсодоз (надзвичайно небезпечного зараження) – зона, на зовнішній межі якої 50 % людей одержують смертельні ураження.

Зона уражальних токсодоз (небезпечного зараження) – на зовнішній межі якої 50 % людей втрачають працездатність або їм потрібна медична допомога чи навіть госпіталізація.

*Дискомфортна (гранична) зона* – зона, на зовнішній межі якої люди відчують дискомфорт, у них загострюються хронічні захворювання або з'являються перші ознаки інтоксикації.

Масштаби і тривалість зараження НХР при аварії на ХНО обумовлюються:

- фізико-хімічними властивостями НХР;
- кількістю НХР, викинутих на місцевість, в атмосферу, у воду;
- метеорологічними умовами;
- оперативністю оповіщення і вживання заходів;
- підготовленістю обслуговуючого персоналу до ліквідації наслідків розливу НХР;
- характеристиками об'єктів зараження:
  - для повітря – наявністю і характером рослинного покриву, місцями можливого застою повітря;
  - для води – площею поверхні, глибиною, швидкістю течії, наявністю ґрунтових вод, характеристикою прибережних ґрунтів;
  - для населення – ступенем захищеності від ураження НХР, характером діяльності;
  - для матеріальних об'єктів – характеристикою матеріалів, які потрапили під зараження, зокрема пористістю, наявністю і складом лакофарбових покриттів.

Тривалість хімічного зараження приземного шару повітря парами і тонкодисперсними аерозолями НХР за їх відсутності на місцевості у рідкому чи твердому стані може коливатися від кількох десятків хвилин до декількох діб.

Тривалість зараження місцевості, техніки й інших матеріальних об'єктів НХР у грубодисперсному аерозольному, краплинному, рідкому станах може виявитися в межах від декількох годин до декількох місяців.

Ураження людей і тварин відбувається унаслідок вдихання зараженого повітря (інгаляційно), контакту із зараженими поверхнями (контактно-резорбтивно), через шлунково-кишковий тракт (орально) у результаті вживання заражених продуктів харчування і води.

Масштаб, тривалість та небезпека – основні характеристики хімічного ураження. Масштаб хімічного ураження характеризує просторові межі виявлених наслідків.

Тривалість дії хімічного ураження – елемент, що характеризує межі виявлених уражальних факторів отруйних речовин; зумовлюється тривалістю зараження НХР на різних поверхнях і зберігає свою уражальну дію на незахищене населення. Тривалість дії ОР на місцевості залежить від типу ОР, швидкості вітру, температури, вологості, структури ґрунту та наявності на ньому рослинності.

Оцінювання хімічної обстановки – розв’язання завдань і формулювання висновків з аналізу наслідків і ступеня впливу хімічного забруднення на життєдіяльність людей регіону, об’єкти господарювання та визначення заходів щодо їхнього захисту.

*Хімічна обстановка* – це сукупність умов, які виникають на території міста, району або ОGD внаслідок аварії на хімічно небезпечному об’єкті (ХНО) і потребують прийняття відповідних заходів захисту.

Під час прогнозування масштабів зараження НХР визначаються розміри зон можливого і прогнозованого хімічного зараження.

Зона можливого хімічного зараження (ЗМХЗ) – територія, у межах якої внаслідок зміни напрямку вітру може переміщатися хмара НХР з уражальними концентраціями.

Прогнозована зона хімічного зараження (ПЗХЗ) – розрахункова зона у межах ЗМХЗ, параметри якої приблизно визначаються за формулою еліпса.

Хімічно небезпечна адміністративно-територіальна одиниця (ХАТО) – адміністративно-територіальна одиниця, до якої зараховуються області, райони, а також будь-які населені пункти областей, які потрапляють в ЗМХЗ при аваріях на ХНО.

Зображення на топографічних картах ПЗХЗ у вигляді еліпса відповідає її розмірам на фіксований момент часу N.

На топографічних картах ЗМХЗ зображається у вигляді сектора, форма і розміри якого залежать від швидкості та напрямку вітру.

*Еквівалентна кількість НХР* – це така кількість хлору, масштаб зараження яким в умовах інверсії еквівалентний масштабу зараження кількістю цієї речовини за певних погодних умов.

На масштаби зараження, глибину поширення хмари зараженого повітря істотно впливають метеорологічні умови. Вони формують стан вертикальної стійкості атмосфери.

Вертикальна стійкість атмосфери має *три стани*:

*Інверсія* – зростання температури повітря з висотою. Такий стан приземного шару атмосфери перешкоджає розсіюванню зараженого повітря за

висотою і створює найсприятливіші умови для збереження високих концентрацій НХР.

*Ізотермія* – характеризується стабільною рівновагою повітря. Це також сприяє тривалому застою парів НХР на місцевості, в лісі, в житлових кварталах міст і населених пунктів.

*Конвекція* – зниження температури повітря з висотою. Спостерігаються висхідні потоки повітря, що сприяє швидкому розсіюванню хмари зараженого повітря і зменшенню уражальної дії НХР.

*Хмара НХР* – суміш пари і дрібних крапель НХР із повітрям в обсягах (концентраціях), небезпечних для довкілля (уражальних концентраціях). Розрізняють первинну і вторинну хмару забрудненого повітря.

*Первинна хмара НХР* – це пароподібна частина НХР, яка є в будь-якій ємності над поверхнею зрідженої НХР і яка виходить в атмосферу безпосередньо при руйнуванні ємності (за 1-2 хв) без випару з підстильної поверхні.

*Вторинна хмара НХР* – це хмара НХР, яка виникає протягом певного часу внаслідок випаровування НХР із підстильної поверхні (для легколетючих речовин час розвитку вторинної хмари після закінчення дії первинної хмари відсутній, для інших речовин він залежить від властивостей НХР, стану обвалування та температури повітря).

#### *Аварійне та довгострокове прогнозування хімічної обстановки*

Параметри зони хімічного забруднення залежать від кількості НХР, що перейшла в первинну і/або вторинну хмару, умов зберігання НХР (ємності обваловані, не обваловані), метеоумов, характеру місцевості та ін.

При «вільному» виливі НХР висота шару ( $h$ ) вважається такою, що не перевищує 0,05 м, при виливі «у піддон» (обваловану місцевість) висота шару приймається  $h = H - 0,2$  м, де  $H$  – висота обвалування, м.

Прогнозування й оцінювання хімічної обстановки під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах (ХНО) і транспорті (автомобільному, річковому, залізничному, трубопроводному, морському) здійснюються для визначення можливих наслідків аварій, порядку дій у зоні можливого забруднення й уживання заходів для захисту людей (аварійне прогнозування), а також для визначення ступеня хімічної небезпеки об'єктів, які зберігають або використовують НХР, і адміністративно-територіальних одиниць (АТО), в межах яких живе населення, яке може бути уражене НХР (довгострокове прогнозування).

*Аварійне прогнозування* здійснюється під час виникнення аварії за даними розвідки для визначення можливих наслідків аварії і порядку дій у зоні можливого забруднення.

*Вихідними даними при аварійному прогнозуванні є:*

- тип і кількість НХР на об'єкті Q, т;
- умови зберігання НХР: у ємностях (обваловані, не обваловані), трубопроводах;
- висота обвалування ємності H, м;
- метеоумови: напрямок (азимут A) і швидкість вітру (V, м/с), температура повітря (°C), ступінь вертикальної стійкості повітря (СВСП): інверсія, ізотермія, конвекція (визначається за часом доби (ніч, день) і хмарністю);
- характер місцевості: відкрита, закрита (довжина забудови, лісового масиву, км);
- кількість людей на об'єкті (у населеному пункті), що може опинитися зоні можливого забруднення;
- забезпеченість населення засобами захисту, %.

Прогнозування й оцінювання хімічної обстановки здійснюються з використанням таблиць і розрахунків. Усі розрахунки виконуються на термін не більше 4 годин після початку аварії (тав = 4 год) – тривалість збереження сталих метеоумов. Після цього прогноз має бути уточненим.

*Довгострокове прогнозування здійснюється заздалегідь для визначення можливих масштабів забруднення, сил і засобів, які залучатимуться для ліквідації наслідків аварії, складання планів роботи та інших довгострокових (довідкових) матеріалів. Для довгострокового (оперативного) прогнозування використовуються такі дані:*

- загальна кількість НХР для об'єктів, які розташовані в небезпечних районах (на воєнний час та для сейсмонебезпечних районів тощо). У цьому разі приймається розлив НХР «вільно»;
- кількість НХР в одиничній найбільшій технологічній ємності для інших об'єктів. У цьому разі приймається розлив НХР «у піддон» або «вільно» залежно від умов зберігання НХР;
- метеорологічні дані: швидкість вітру в приземному шарі – 1 м/с, температура повітря 20 °C, ступінь вертикальної стійкості повітря (СВСП) – інверсія, напрямок вітру не враховується (тобто завжди передбачається, що вітер у бік об'єкта, відносно якого визначається обстановка), а поширення хмари забрудненого повітря приймається у колі 360 град.;
- середня щільність населення для цієї місцевості;
- ступінь заповнення ємності (ємностей) приймається 70% від паспортного об'єму ємності;
- ємності з НХР при аваріях руйнуються повністю;
- при аваріях на продуктопроводах (аміакопроводах тощо) кількість НХР, що може бути викинута, приймається за її кількість між відсікачами (для продуктопроводів об'єм НХР приймається 300–500 т);

– заходи щодо захисту населення детальніше плануються на глибину зони можливого хімічного забруднення, яка утворюється протягом перших 4 годин після початку аварії.

*При цьому визначаються:*

Глибина прогнозованої зони хімічного забруднення, Гпзхз, км.

Ширина прогнозованої зони хімічного забруднення, Шпзхз, км.

Площа прогнозованої зони забруднення, Spзхз, км<sup>2</sup>.

Площа зони можливого хімічного забруднення Sзмхз, км<sup>2</sup>.

Час підходу хмари зараженого повітря до заданого об'єкта (населеного пункту), tпідх, год (хв).

Час уражальної дії фактора забруднення НХР, tур, год.

Можливі втрати людей в осередку хімічного ураження, В, осіб.

Результати розрахунків щодо оцінювання хімічної обстановки необхідно звести до підсумкової таблиці. На карту наносяться межі прогнозованої зони забруднення, аналізуються результати і робляться висновки та пропозиції щодо захисту працівників об'єкта господарювання (населеного пункту), який може опинитись у зоні хімічного забруднення. Після закінчення розрахунків визначається ступінь хімічної небезпеки для кожного об'єкта, а також для адміністративно-територіальної одиниці (АТО).

*У висновках з оцінювання ХО відзначається:*

Чи може опинитись об'єкт у зоні хімічного забруднення (опиниться, якщо  $R_0 < Гпзхз$ , а напрямком вітру збігається з напрямком на об'єкт господарювання щодо ХНО, де  $R_0$  – віддаль до ХНО).

Можливі наслідки в осередку хімічного ураження (можливі ураження виробничого персоналу і населення та очікувані втрати).

Визначається вплив НХР на виробництво, матеріали та сировину.

Заходи щодо захисту людей (оповіщення, використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), будівель і захисних споруд (ЗС), евакуація).

Визначаються можливості герметизації виробничих будівель та інших приміщень, де працюють люди, а також можливість продовжувати виробничий процес у засобах індивідуального захисту.

#### *Порядок нанесення зон хімічного забруднення на картографічну схему*

Зона можливого хімічного забруднення (ЗМХЗ) хмарою НХР на картах і схемах обмежена колом, півколом або сектором, який має певні кутові розміри  $\Phi$  (рис. 1) і радіус, що дорівнює глибині прогнозованої зони забруднення Гпзхз. Центр кола, півкола або сектора збігається з джерелом забруднення.

Прогнозована зона хімічного забруднення (ПЗХЗ), що має форму еліпса, входить до зони можливого забруднення. На топографічних картах і схемах зона можливого забруднення має вигляд (рис. 2):

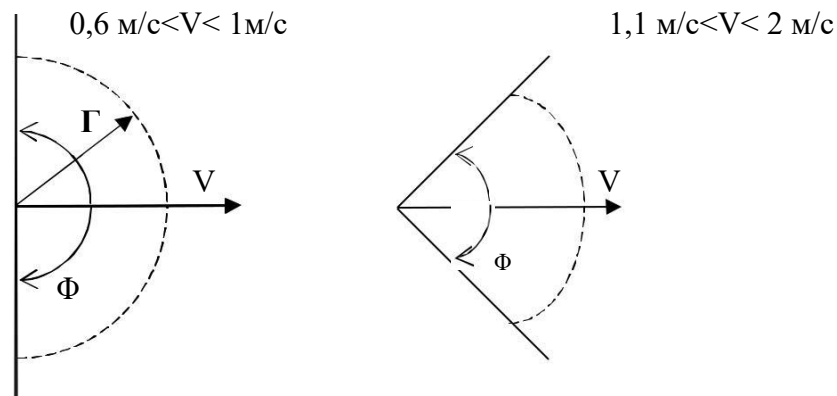


Рис. 1. Кутові розміри зон можливого забруднення.

а) при швидкості вітру за прогнозом  $< 0,5$  м/с зона забруднення має вигляд кола:

- точка 0 відповідає джерелу забруднення;
- $\Phi = 360^\circ$ ;
- радіус кола дорівнює  $\Gamma$  пзхз.

б) при швидкості за прогнозом від 0,6 до 1 м/с зона має вигляд півкола:

- точка 0 відповідає джерелу забруднення;
- $\Phi = 180^\circ$ ;
- радіус півкола дорівнює  $\Gamma$  пзхз;
- бісектриса кола збігається з віссю сліду хмари й орієнтована за напрямом вітру.

в) при швидкості вітру за прогнозом  $> 1$  м/с зона має вигляд сектора:

- точка 0 відповідає джерелу забруднення;
- г)  $\Phi = 90^\circ$  при швидкості вітру за прогнозом від 1,1 до 2 м/с і  $\Phi = 45^\circ$  при швидкості вітру за прогнозом  $> 2$  м/с;
- радіус сектора дорівнює  $\Gamma$  пзхз;
- бісектриса сектора збігається з віссю сліду хмари й орієнтована за напрямом вітру.

*Порядок нанесення зон забруднення на карту або схему наступний:*

На координатах позначають центр аварії і наносять площу району аварії (суцільною лінією) діаметром  $D_0$ , що приблизно дорівнює  $\frac{1}{4}$  Шпзхз.

Біля кола роблять пояснювальний напис (у чисельнику – вид НХР і кількість, а у знаменнику – час, дата розливу).

Від центру аварії в орієнтованому напрямку вітру проводять вісь прогнозованої зони забруднення.

Наносять зону можливого забруднення радіусом  $\Gamma$  пзхз формою, що визначається швидкістю вітру (значенням  $\Phi$ ) (пунктирними лініями).

На рис. 2 показано спосіб визначення напрямку вітру за заданим азимутом.

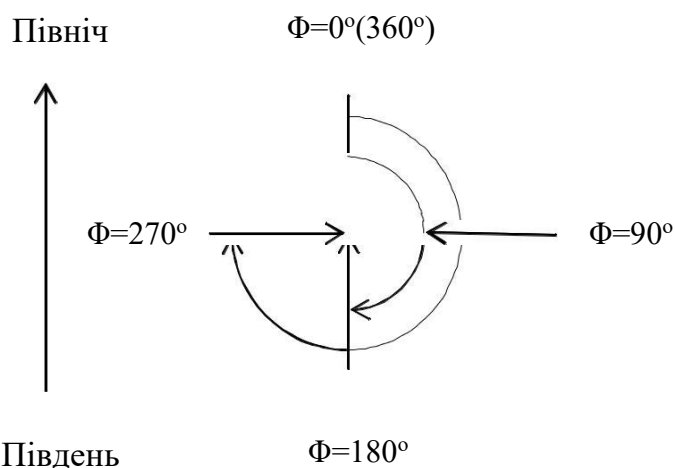


Рис. 2. Можливі напрями вітру (азимуту).

3. **Пожежна обстановка** – це масштаби і щільність ураження пожежами населених пунктів, об'єктів і прилягаючих до них лісових масивів, що впливає на життєдіяльність населення, роботу об'єктів господарювання, організацію і проведення рятувальних та інших невідкладних робіт.

Масштаби і характер пожеж населених пунктів і об'єктів господарювання залежать від обсягу ураження, пожежної небезпеки об'єкта, характеристики району пожежі, вогнестійкості будівель і споруд, щільності забудови, виду лісової пожежі, метеорологічних умов та інших факторів.

Мінімальним розрахунковим світловим імпульсом, який викликає загоряння і пожежі, може бути імпульс в  $100...150 \text{ кДж/м}^2$ .

**На промислових підприємствах можуть виникати окремі або суцільні пожежі.** Окрема пожежа виникає в окремій будівлі або споруді. Суцільна пожежа характеризується тим, що усі або більшість будівель і споруд підприємства на значній території охоплені вогнем.

Вогнестійкість будівель і споруд визначається запалюваністю елементів і межою вогнестійкості основних конструкцій (частин) будівель і споруд. Межа вогнестійкості визначається часом від початку дії вогню на конструкцію до втрати нею несучої здатності. За вогнестійкістю будівлі поділяються на п'ять ступенів: I, II, III, IV, V.

Пожежна небезпека виробництва визначається технологічним процесом і властивостями готової продукції. По пожежонебезпечності виробництва діляться на п'ять категорій: А, Б, В, Г, Д.

**Щільність забудови** оцінюється відносною величиною:  $\text{Щ}=(S_n/S_T)\cdot 100 \%$ , де  $S_n$  – сумарна площа, яку займають всі споруди об'єкта господарювання;  $S_T$  – сумарна площа території об'єкта господарювання. При **Щ** до 7 % пожежі практично не розповсюджуються. При **Щ** від 7 % до 20 % можуть розповсюджуватися окремі пожежі, а більше 20 % – виникають суцільні пожежі.

Попередня оцінка (прогнозування) пожежної обстановки має на меті виявити можливі осередки виникнення пожеж. При оперативній оцінці пожежної обстановки визначають зони суцільних пожеж, протяжність фронту

вогню в осередках ураження і кількість протипожежних сил, необхідних для ліквідації пожежі.

Аналіз пожежної небезпеки і захисту технологічних процесів виробництв здійснюється поетапно. Він містить у собі вивчення технологій виробництв, оцінку пожежонебезпечних властивостей речовин, виявлення можливих причин виникнення і запобігання пожеж.

Для прогнозування пожежної обстановки необхідно провести такі заходи: визначити вид, масштаб і характер можливої пожежі; провести аналіз впливу пожежі на стійкість роботи окремих елементів і об'єктів у цілому, а також на життєдіяльність населення; вибрати найбільш доцільні дії пожежних підрозділів та формувань ЦЗ з локалізації і гасіння пожежі, евакуації при необхідності людей і матеріальних цінностей із зони пожежі.

Вихідні дані для прогнозування пожежної обстановки: відомості про найбільш ймовірні стихійні лиха, аварії, катастрофи; дані про пожежонебезпеку та вибухонебезпечність об'єкта і його елементів, навколишнього середовища, особливо лісів і населених пунктів; метеоумови і рельєф місцевості; наявність різних перешкод, водойм тощо; в умовах війни – дані про супротивника, його наміри і можливості щодо застосування ядерної зброї та запалювальних засобів. При виникненні пожежі на об'єкті господарювання, особливо на промисловому об'єкті, поширення пожежі здійснюється часто за рахунок теплового випромінювання.

Методика прогнозування пожежної обстановки з урахуванням зони теплового випромінювання при пожежі полягає в наступному:

1. Визначаємо фізико-хімічні властивості продукту горіння (ступінь чорноти факела, середня температура факела, теплота згорання продукту, масова швидкість вигорання з одиниці площі пожежі), які враховуються у вигляді коефіцієнта  $K_{\phi}$ , що береться із довідників або обчислюється за спеціальними формулами.
2. Визначаються геометричні розміри джерела горіння.
3. Знаходимо характеристику джерела горіння (ширина, довжина, радіус резервуару з пожежонебезпечним продуктом), що визначається коефіцієнтом  $\beta$ , який обчислюється за відповідними формулами.
4. Вибираємо значення щільності теплового потоку, яке визначає задану зону пожежонебезпеки ( $q$ ). Наприклад, щільність потоку для загорання деревини  $22 \text{ кВт/м}^2$ , нафтопродуктів –  $27,9 \text{ кВт/м}^2$ , людей –  $1,26 \text{ кВт/м}^2$ .
5. Визначаємо відстань від джерела вогню до об'єкта  $R$ .
6. За відповідним графіком знаходимо критерій оцінки щільності теплового потоку  $Q$ .
7. Визначаємо щільність теплового потоку  $q$  в районі об'єкта за формулою;

$$q = K_{\phi} \cdot \beta / Q \text{ (кВт/м}^2\text{)}.$$

8. Робимо висновок про можливість спалахування об'єкта шляхом порівняння розрахованого значення  $q$  з табличними, які відповідають

щільності теплового потоку при спалахуванні тих чи інших матеріалів або визначаємо час дії джерела горіння на об'єкт до моменту спалаху  $t=J/q$  (с), де  $J$  – тепловий імпульс спалахування речовин.

9. Обчислюємо середню тривалість пожежі  $\tau$  з урахуванням вагової швидкості вигорання  $W$ , маси горючої речовини  $G$  і площі зони горіння  $S$ :  $\tau=G/(W \cdot S)$  (с).
10. По часу дії теплового випромінювання  $t$  і середній тривалості пожежі  $\tau$  робимо висновок про ступінь ураження людей та можливість спалахування об'єкта.

**4. Оцінка інженерної обстановки проводиться з метою** визначення масштабів руйнування, обсягів, термінів і черговості, а також сил і засобів для проведення рятувальних та невідкладних робіт.

Перш за все необхідно визначити ступені руйнування населеного пункту і об'єктів господарювання. Знаючи ступінь руйнування, можна визначити величину збитків, обсяги рятувальних і невідкладних робіт.

Розглянемо характеристику ступенів руйнування.

*Повні руйнування* – це руйнування всіх елементів будівель, у тім числі й підвальних приміщень, ураження людей, що знаходяться в них, збитки становлять більше 70 % вартості основних виробничих фондів (балансової вартості). Подальше їх використання не можливе.

*Сильні руйнування* – це руйнування частини стін і перекриття поверхів, деформація їх, виникнення тріщин у стінах, ураження значної частини людей, що знаходяться в них. Збитки становлять від 30 до 70% вартості основних виробничих фондів (балансової вартості). Можливе обмежене використання будівель, що збереглися. Відновлення можливе після капітального ремонту.

*Середні руйнування* – це руйнування переважно другорядних елементів будівель і споруд (покрівлі, вікон, дверей і перегородок), виникнення тріщин у стінах. Підвальні приміщення зберігаються, перекриття залишаються. Люди уражаються частіше уламками конструкцій. Збитки становлять 10...30% вартості основних виробничих фондів (балансової вартості будівель). При середньому ремонті відновлюються техніка, транспорт та промислове обладнання. Будівлям необхідний капітальний ремонт.

*Слабкі руйнування* – це руйнування вікон, дверей та перегородок. Ураження людей можливе уламками конструкцій. Підвали і нижні поверхи не пошкоджуються. Вони придатні для використання після поточного ремонту будівель. Збитки становлять до 10 % вартості основних виробничих фондів (будівель). Відновлення можливе після середнього або поточного ремонту.

Після виникнення НС, викликані вибухами і утворенням повітряної хвилі надмірного тиску, для оцінки матеріальних збитків і втрат населення в населених пунктах узагальненим критерієм є **ступінь ураження населеного пункту**, який можна визначити за формулою  $C_p = P_p / P_{ин}$ , де  $C_p$  – ступінь руйнування населеного пункту (об'єкта);  $P_p$  – площа руйнувань;  $P_{ин}$  – загальна площа населеного пункту (об'єкта).

## АУДИТОРНА САМОСТІЙНА РОБОТА

**Завдання 1.** На об'єкті атомної енергетики стався аварійний викид радіоактивних речовин. У зону забруднення може попасти об'єкт господарської діяльності (ОГД), розташований на певній відстані від аварійного реактора. Необхідно оцінити радіаційну обстановку, що може скластися на ОГД і запропонувати заходи по захисту людей.

Вихідні дані:

1. Тип ядерного реактора РБМК-1000.
2. Частка викинутих РР із реактора  $h = 50\%$ .
3. Відстань від об'єкта до аварійного реактора  $RO = 24$  км.
4. Астрономічний час аварії на реакторі  $T_{ав} = 10.00$ .
5. Довготривалість роботи на об'єкті  $T = 12$  год.
6. Допустима доза опромінення  $D_{доп.} = 5$  бер.
7. Коефіцієнт послаблення дози радіації  $K_{посл.} = 5$ .
8. Швидкість вітру на висоті 10 м  $V = 4$  м/с.
9. Напрямок вітру – в бік об'єкта.
10. Хмарність – напівясно (4 бали).
11. Забезпеченість сховищами, засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) – 100%.
12. Час початку робіт на об'єкті  $T_{поч.} = 12.00$ .

Розрахунок:

1. За таблицею 2 визначається категорія стійкості атмосфери (інверсія, ізотермія, конвекція), що відповідає погодним умовам і заданому періоду доби. За умовою: хмарність – напівясно, день, швидкість приземного вітру  $V = 4$  м/с.

Згідно таблиці 2 ступінь вертикальної стійкості повітря – ізотермія.

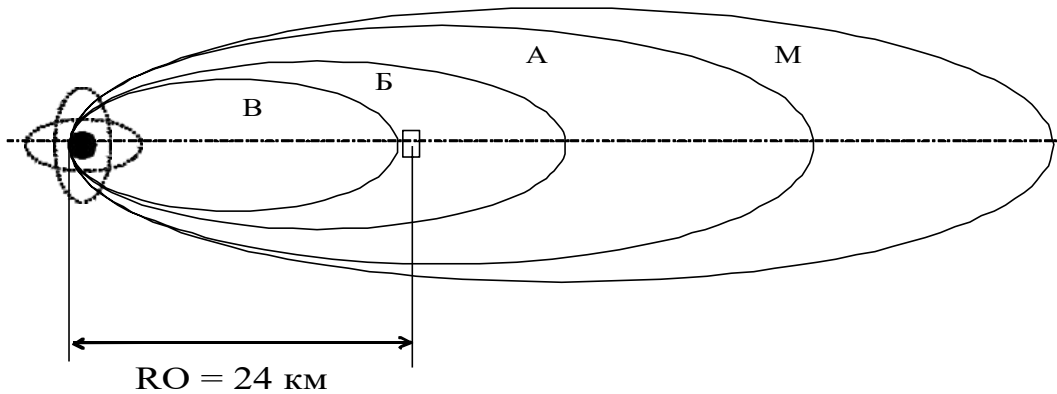
2. За таблицею 3 визначається середня швидкість вітру ( $V_{ср}$ ) в товщині поширення радіоактивної хмари, виходячи із заданої швидкості приземного вітру  $V$  і встановленої за табл. 2 ступеня вертикальної стійкості атмосфери.

Згідно таблиці 3 для ізотермії і швидкості приземного вітру  $V = 4$  м/с середня швидкість вітру  $V_{ср} = 5$  м/с.

3. Згідно таблиці 6 для заданого типу ЯЕР (РБМК-1000) і частці викинутих РР ( $h = 50\%$ ) визначаються розміри прогнозованих зон забруднення місцевості і наносяться на схему в масштабі у вигляді правильних еліпсів.

РБМК - 1000  
10.00 – 15.10

ML=583 км  
AL=191 км  
BL=47,1 км  
BL=23,7 км



Виходячи із заданої відстані об'єкта господарської діяльності ( $RO=24$  км) до аварійного реактора з врахуванням розмірів утворених зон забруднення встановлюється, що об'єкт опинився у зоні "Б", виходячи з наступних міркувань: оскільки  $L_B > RO > L_A$  ( $47,1 > 24 > 23,7$ ), об'єкт знаходиться в зоні „Б” і, відповідно, згідно формули (2).

$$K_{\text{зони}} = \frac{(K_{\text{табл.}} - 1) \times (L_{\text{П}} + L_{\text{К}} - 2RO)}{(L_{\text{К}} - L_{\text{П}})} + 1 = \frac{(K_{\text{табл.}} - 1) \times (L_{\text{П}} + L_{\text{К}} - 2RO)}{(L_{\text{К}} - L_{\text{П}})}$$

$$+ 1 = \frac{(1,7 - 1) \times (23,7 + 47,1 - 2 \times 24)}{47,1 - 23,7} + 1 = 1,68.$$

5. За таблицею 8 визначається час початку формування сліду радіоактивного забруднення ( $t_{\text{ф}}$ ) після аварії (час початку випадання радіоактивних опадів на території об'єкта). Для  $RO = 24$  км, ізотермії і середньої швидкості вітру  $V_{\text{ср}} = 5$  м/с, методом інтерполяції

$$t_{\text{ф}} = 1,0 \times \frac{24 - 30}{20 - 30} + 1,5 \times \frac{24 - 20}{20 - 10} = 1,2.$$

Отже, об'єкт через  $t_{\text{ф}} = 1,2$  год. після аварії опиниться в зоні радіоактивного забруднення, що вимагає прийняття додаткових заходів захисту робітників і службовці

За таблицею 11 для зони забруднення «Б» із врахуванням часу початку робіт (Т поч.=2 год.) і довготривалості робіт (Т=12 год.) визначається доза опромінення, яку отримають робітники і службовці об'єкта (особовий склад формувань) при відкритому розміщенні у середині зони «Б». Згідно з таблицею Д зони = 17,1 бер. Дозу фактичного опромінення визначаємо за формулою (1):

$$Д \text{ опр.} = Д \text{ зони} \times К \text{ зони} \times (1 / К_{\text{посл.}}); \text{ (бер)},$$

де Д зони = 17,1 бер;

К<sub>посл.</sub> = 5 (згідно умови);

К<sub>зони</sub> = 1,68

$$Д \text{ опр} = 17,1 \times 1,68 \times (1/5) = 5,8 \text{ бер}$$

Розрахунки показують, що робітники й службовці об'єкта за 12 год. робіт у зоні «Б» можуть отримати дозу опромінення 5,8 бер, що перевищує гранично допустиму дозу Д<sub>вст</sub> = 5 бер.

7. Використовуючи дані таблиці 11 і попередню формулу, визначається допустимий час перебування на забрудненій території при початку роботи о 12.00 (Т<sub>поч.</sub> = 2 години після аварії), та час початку роботи робітників і службовців об'єкта після аварії на АЕС при довготривалості виконання робіт впродовж 12 годин за умови отримання Д<sub>опр</sub> не більше 5 бер.

За формулою визначається Д<sub>зони</sub>, що відповідає Д<sub>опр</sub> = 5 бер.

$$5 = Д_{\text{зони}} \times К_{\text{зони}} \times (1 / К_{\text{посл.}}) = Д_{\text{зони}} \times 1,68 \times (1/5) \quad Д_{\text{зони}} = 5 \times 5/1,68 = 14,5 \text{ бер.}$$

Згідно з таблицею 11 при початку роботи через 2 години після аварії час перебування на забрудненій території становить

$$Т = 9 \cdot \frac{14,5 - 17,1}{13,6 - 17,1} + 12 \cdot \frac{14,5 - 13,6}{17,1 - 13,6} = 9,77 \text{ год.} = 9 \text{ год. } 46 \text{ хв.,}$$

а при тривалості роботи Т = 12 год відповідає час початку робіт Т<sub>поч</sub> = 6 год.

Висновки.

1. ОГД може опинитись у зоні сильного радіоактивного забруднення (RO < LB).

2. Хмара зараженого повітря підійде до об'єкта через 1,2 год, що при оперативному оповіщенні дає змогу вивести людей із зони забруднення.

3. Роботу на території об'єкта на протязі 12 годин можна починати не раніше ніж через 6 годин після аварії на АЕС, а при початку робіт через 2 год. після аварії знаходитись на забрудненій території можна не довше ніж 9 год. 46 хв.

4. Основні заходи щодо захисту людей:

- евакуація;

- для тих, хто не встигає евакуюватися, або повинен залишитися на території об'єкта:

- ~ обмежене перебування на відкритій місцевості (тимчасове перебування в захисних спорудах);
- ~ максимально можлива герметизація житлових та службових приміщень;
- ~ вживання лікарських препаратів що перешкоджають накопиченню біологічно небезпечних радіонуклідів в організмі;
- ~ захист органів дихання з використанням засобів індивідуального захисту та підручних засобів;
- ~ виключення, або обмеження вживання в їжу забруднених продуктів харчування;
  - в районі евакуації:
- ~ обмеження доступу в район забруднення;
- ~ санітарна обробка людей у випадку забруднення їх одягу та тіла радіоактивними речовинами вище встановлених норм;
- ~ обробка продуктів харчування, які забруднені радіоактивними речовинами;
- ~ дезактивація забрудненої місцевості.

*Допоміжні матеріали:*

Таблиця 2 – Графік орієнтованої оцінки ступеню вертикальної стійкості повітря

Швидкість вітру, м/с	Ніч			День		
	ясно	напівясно	хмарно	ясно	напівясно	хмарно
<0,5	інверсія			конвекція		
0,6-2,0	ізотермія			ізотермія		
2,1-4,0						
>4,0						

**Примітка:**

Інверсія – такий стан приземного шару повітря, при якому температура поверхні ґрунту менша за температуру повітря на висоті 2 м від поверхні.

Ізотермія – такий стан приземного шару повітря, при якому температура поверхні ґрунту орієнтовно рівна температурі повітря на висоті 2 м від поверхні.

Конвекція – такий стан приземного шару повітря, при якому температура поверхні ґрунту більша за температуру повітря на висоті 2 м від поверхні.

Хмарність визначається в балах:

відсутня (ясно) – 0-2;

середня (напівясно) – 3-7;

суцільна (хмарно) – 8-10.

Таблиця 3 – Середня швидкість вітру ( $V_{cp}$ ) в приповерхневому шарі землі до висоти переміщення центру хмари, м/с

Категорія стійкості атмосфери	Швидкість вітру на висоті 10 м , $V_{10}$ (м/с)					
	менше 2	2	3	4	5	більше 6
Конвекція	2	2	5	-	-	-
Ізотермія	-	-	5	5	5	10
Інверсія	-	5	10	10	-	-

Таблиця 4 – Розміри прогнозованих зон забруднення місцевості на сліді хмари при аварії на АЕС (конвекція, швидкість вітру  $V = 2$  м/с)

Вихід активності, %	Індкс зони	Тип реактора					
		РБМК-1000			ВВЕР-1000		
		дов-жина зони, км	шири-на зони, км	площа, км <sup>2</sup>	дов-жина зони, км	ширина зони, км	площа, км <sup>2</sup>
3	М	62,6	12,1	595	82,8	16,2	1050
3	А	14,1	2,75	30,4	13,0	2,12	22,7
3	Б	-	-	-	-	-	-
10	М	140	29,9	3290	185	40,2	5850
10	А	28,0	5,97	131	39,4	6,81	211
10	Б	6,88	0,85	4,62	-	-	-
30	М	249	61,8	12100	338	82,9	22000
30	А	62,6	12,1	595	82,8	15,4	1000
30	Б	13,9	2,71	29,6	17,1	2,53	34
30	В	6,96	0,87	4,98	-	-	-
50	М	324	87,8	20800	438	111	38400
50	А	88,3	18,1	1260	123	24,6	2380
50	Б	18,3	3,64	52,3	20,4	3,73	39,8
50	В	9,21	1,57	11,4	8,87	1,07	7,45

Таблиця 5 – Розміри прогнозованих зон забруднення місцевості на сліді хмари при аварії на АЕС (інверсія, швидкість вітру  $V = 5$  м/с)

Вихід активності, %	Індекс зони	Тип реактора					
		РБМК-1000			ВВЕР-1000		
		довжи- на зони, км	ширина зони, км	площа, км <sup>2</sup>	довжи- на зони, км	ширина зони, км	площа, км <sup>2</sup>
3	М	126	3,63	359	17	0,61	8,24
10	М	241	7,86	1490	76	2,58	154
10	А	52	1,72	71	-	-	-
30	М	430	14	4760	172	5,08	686
30	А	126	3,63	359	17	0,61	8,25
50	М	561	18	8280	204	6,91	1100
50	А	168	4,88	644	47	1,52	56
50	Б	15	0,41	4,95	-	-	-

Таблиця 6 – Розміри прогнозованих зон забруднення місцевості на сліді хмари при аварії на АЕС (ізотермія, швидкість вітру  $V = 5$  м/с)

Вихід активності, %	Індекс зони	Тип реактора					
		РБМК-1000			ВВЕР-1000		
		довжи- на зони, км	ширина зони, км	площа, км <sup>2</sup>	довжи- на зони, км	ширина зони, км	площа, км <sup>2</sup>
3	М	145	8,42	959	74,5	3,70	216
3	А	34,1	1,74	46,6	9,9	0,29	2,27
3	Б	-	-	-	-	-	-
10	М	270	18,2	3860	155	8,76	1070
10	А	75	3,92	231	29,5	1,16	26,8
10	Б	17,4	0,69	9,40	-	-	-
10	В	5,80	0,11	0,52	-	-	-
30	М	418	31,5	10300	284	18,4	4110
30	А	135	8,42	959	74,5	3,51	205
30	Б	33,7	1,73	45,8	9,90	0,28	2,21
30	В	17,6	0,69	9,63	-	-	-
50	М	583	42,8	19690	379	25,3	7530
50	А	191	11,7	1760	100	5,24	411
50	Б	47,1	2,40	88,8	16,6	0,62	8,15
50	В	23,7	1,10	20,5	-	-	-

Таблиця 7 – Розміри прогнозованих зон забруднення місцевості на сліди хмари при аварії на АЕС (ізотермія, швидкість вітру  $V = 10$  м/с)

Вихід активності, %	Індекс зони	Тип реактора					
		РБМК-1000			ВВЕР-1000		
		довжина зони, км	ширина зони, км	площа, км <sup>2</sup>	довжина зони, км	ширина зони, км	площа, км <sup>2</sup>
3	М	135	5,99	635	53	1,87	78
3	А	26	1,04	21,0	5,22	0,07	0,31
3	Б	-	-	-	-	-	-
10	М	272	14	3080	110	5,33	460
10	А	60	2,45	115	19	0,58	8,75
10	Б	11	0,32	3,02	-	-	-
30	М	482	28	10700	274	13	2980
30	А	135	5,97	635	53	1,87	78
30	Б	25	1,02	20	5,05	0,07	0,29
30	В	12	0,33	3,14	-	-	-
50	М	619	37	18500	369	19	5690
50	А	184	8,71	1260	79	3,22	201
50	Б	36	1,51	42	10	0,27	2,18
50	В	17	0,59	8,38	-	-	-

Таблиця 8 – Час початку формування сліду (тф) після аварії на АЕС, год.

Відстань від АЕС, км	Категорія стійкості атмосфери				
	конвекція			ізотермія	інверсія
	Середня швидкість вітру, м/с				
	2	5	10	5	10
5	0,5	0,3	0,1	0,3	0,1
10	1,0	0,5	0,3	0,5	0,3
20	2,0	1,0	0,5	1,0	0,5
30	3,0	1,5	0,8	1,5	0,8
40	4,0	2,0	1,0	2,0	1,0
50	5,0	2,5	1,2	2,5	1,3
60	6,5	3,0	1,5	3,0	1,5
70	7,5	4,0	2,0	4,0	2,0
80	8,0	4,0	2,0	4,0	2,0
90	8,5	4,5	2,2	4,5	2,5
100	9,5	5,0	2,5	5,0	3,0
150	14	7,5	3,5	8,0	4,0
200	19	10	5,0	10	5,0
250	23	12	6,0	13	6,5

300	28	15	6,5	16	8,0
350	32	17	9	18	9,0
400	37	19	10	21	11
450	41	22	11	23	12
500	46	24	12	28	13
600	53	29	15	31	16
700	61	34	17	36	18
800	72	38	20	41	20
900	82	43	22	46	23
1000	89	48	24	50	26

Таблиця 9 – Доза опромінення, отримана при відкритому розміщенні в середині зони забруднення (Д зони, бер), Зона М

Час початку роботи після аварії	Довготривалість перебування на забрудненій місцевості															
	ГОДИНИ										ДОБИ					
	1	2	3	5	6	7	9	12	15	18	1	2	3	5	10	
1	0,04	0,07	0,1	0,16	0,19	0,21	0,26	0,33	0,39	0,45	0,55	0,9	1,2	1,64	2,51	
2	0,03	0,06	0,09	0,15	0,17	0,20	0,24	0,31	0,37	0,42	0,53	0,87	1,15	1,61	2,48	
Г	3	0,03	0,06	0,09	0,14	0,16	0,19	0,23	0,29	0,35	0,41	0,51	0,85	1,13	1,58	2,45
о	5	0,02	0,05	0,08	0,12	0,15	0,17	0,21	0,27	0,33	0,38	0,48	0,81	1,08	1,54	2,40
Д	6	0,02	0,05	0,07	0,12	0,14	0,16	0,20	0,26	0,32	0,37	0,47	0,79	1,07	1,52	2,38
и	7	0,02	0,04	0,07	0,11	0,13	0,16	0,20	0,25	0,31	0,36	0,45	0,78	1,05	1,5	2,36
н	9	0,02	0,04	0,06	0,11	0,13	0,15	0,18	0,24	0,29	0,34	0,43	0,75	1,02	1,47	2,32
и	12	0,02	0,04	0,06	0,10	0,12	0,13	0,17	0,22	0,27	0,32	0,41	0,72	0,97	1,42	2,27
	15	0,01	0,03	0,05	0,09	0,11	0,13	0,16	0,21	0,26	0,30	0,39	0,69	0,95	1,39	2,23
	18	0,01	0,03	0,05	0,08	0,10	0,12	0,15	0,20	0,25	0,29	0,37	0,67	0,92	1,35	2,19
	1	0,01	0,03	0,04	0,08	0,09	0,11	0,14	0,18	0,23	0,27	0,35	0,63	0,87	1,29	2,11
Д	2	0,01	0,02	0,03	0,06	0,07	0,08	0,11	0,14	0,18	0,21	0,28	0,52	0,74	1,13	1,90
о	3	0,01	0,02	0,03	0,05	0,06	0,07	0,09	0,12	0,15	0,18	0,24	0,46	0,66	1,02	1,75
б	5	-	0,01	0,02	0,04	0,05	0,06	0,07	0,10	0,12	0,15	0,19	0,38	0,55	0,87	1,55
и	10	-	0,01	0,01	0,03	0,03	0,04	0,05	0,07	0,09	0,11	0,14	0,28	0,42	0,67	1,24
	15	-	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06	0,07	0,09	0,12	0,23	0,35	0,56	1,06

мі	1	-	-	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,06	0,06	0,08	0,16	0,24	0,40	0,78
ся	2	-	-	-	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,11	0,17	0,28	0,55
ці	6	-	-	-	-	-	-	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,05	0,08	0,14	0,29

Примітка: дози опромінення на внутрішній межі зони в 3,2 рази більші, а на зовнішній межі в 3,2 рази менші вказаних в таблиці.

Таблиця 10 – Доза опромінення, отримана при відкритому розміщенні в середині зони забруднення (Д зони, бер), Зона А

Час початку роботи після аварії	Довготривалість перебування на забрудненій місцевості															
	ГОДИНИ											ДОБИ				
	1	2	3	5	6	7	9	12	15	18	1	2	3	5	10	
1	0,40	0,76	1,08	1,66	1,93	2,18	2,66	3,32	3,96	4,51	5,56	9,03	11,8	16,4	25,1	
2	0,35	0,67	0,97	1,52	1,77	2,02	2,48	3,13	3,72	4,28	5,32	8,75	11,5	16,1	24,8	
Г 3	0,32	0,62	0,90	1,42	1,66	1,90	2,35	2,97	3,56	4,11	5,13	8,52	11,3	15,8	24,5	
о 5	0,28	0,54	0,80	1,28	1,51	1,73	2,15	2,75	3,31	3,84	4,82	8,15	10,8	15,4	24,0	
Д 6	0,26	0,52	0,76	1,22	1,45	1,66	2,07	2,66	3,21	3,73	4,70	7,99	10,7	15,2	23,8	
и 7	0,25	0,49	0,73	1,18	1,39	1,60	2,00	2,58	3,12	3,63	4,59	7,85	10,5	15,0	23,6	
н 9	0,23	0,46	0,68	1,10	1,31	1,51	1,89	2,44	2,96	3,46	4,39	7,59	10,2	14,7	23,2	
и 12	0,21	0,42	0,62	1,02	1,21	1,39	1,76	2,28	2,77	3,25	4,15	7,26	9,88	14,2	22,7	
15	0,19	0,39	0,58	0,95	1,13	1,31	1,65	2,15	2,62	3,08	3,95	6,99	9,56	13,9	22,3	
18	0,18	0,36	0,54	0,89	1,07	1,23	1,56	2,04	2,58	2,94	3,78	6,74	9,27	13,5	21,9	
1	0,16	0,33	0,49	0,81	0,97	1,12	1,43	1,87	2,30	2,71	3,51	6,34	8,79	12,9	21,1	
Д 2	0,12	0,25	0,36	0,63	0,75	0,87	1,11	1,47	1,8	2,16	2,8	5,2	7,47	11,3	9,025	
о 3	0,10	0,21	0,32	0,53	0,64	0,74	0,95	1,26	1,56	1,86	2,44	4,63	6,63	10,2	17,5	
б 5	0,08	0,17	0,25	0,43	0,51	0,60	0,76	1,01	1,26	1,51	1,99	3,84	5,57	8,74	15,5	
и 10	0,06	0,12	0,18	0,31	0,37	0,43	0,55	0,74	0,92	1,10	1,46	2,87	4,21	6,76	12,4	

	15	0,05	0,10	0,15	0,25	0,30	0,35	0,45	0,60	0,75	0,9	1,20	2,37	3,51	5,68	10,6
мі	1	0,03	0,07	0,10	0,17	0,21	0,24	0,31	0,42	0,53	0,63	0,84	1,67	2,49	4,08	7,86
ся	2	0,02	0,04	0,07	0,12	0,14	0,16	0,21	0,28	0,36	0,43	0,57	1,14	1,70	2,82	5,52
ці	6	0,01	0,02	0,03	0,06	0,07	0,08	0,11	0,14	0,18	0,22	0,29	0,59	0,88	1,46	2,91

Примітка: дози опромінення на внутрішній межі зони в 3,2 рази більші, а на зовнішній межі в 3,2 рази менші вказаних в таблиці.

Таблиця 11 – Доза опромінення, отримана при відкритому розміщенні в середині зони забруднення (Д зони, бер), Зона Б

Час початку роботи після аварії	Довготривалість перебування на забрудненій місцевості														
	ГОДИНИ											ДОБИ			
	1	2	3	5	6	7	9	12	15	18	1	2	3	5	10
1	2,23	4,17	5,93	9,11	10,5	11,9	14,6	18,2	21,5	24,7	30,4	49,4	64,9	90,1	137
2	1,94	3,70	5,34	8,34	9,74	11,0	13,6	17,1	20,4	23,4	29,1	47,9	63,2	88,4	136
Г 3	1,76	3,40	4,94	7,79	9,13	10,4	12,8	16,3	19,5	22,5	28,1	46,7	61,9	86,9	134
о 5	1,53	3,00	4,39	7,02	8,27	9,78	11,8	15,0	18,1	21,0	26,4	44,6	59,6	84,4	131
д 6	1,46	2,85	4,19	6,73	7,94	9,11	11,3	14,5	17,5	20,4	25,7	43,8	58,7	83,4	130
и 7	1,39	2,73	4,02	6,48	7,65	8,80	11,0	14,1	17,0	19,9	25,1	43,0	57,8	82,4	129
н 9	1,29	2,53	3,74	6,06	7,18	8,27	10,3	13,3	16,2	18,9	24,0	41,6	56,2	80,6	127
и 12	1,17	2,31	3,43	5,59	6,63	7,65	9,64	12,4	15,	17,8	22,	39,	54,1	78,2	124
15	1,08	2,15	3,19	5,22	6,20	7,17	9,06	11,7	14,3	16,9	21,6	38,8	52,3	76,1	122
18	1,02	2,02	3,00	4,92	5,86	6,78	8,58	11,1	13,7	16,1	20,7	36,5	50,8	74,2	119
1	0,92	1,82	2,72	4,47	5,33	6,17	7,84	10,2	12,6	14,8	19,2	34,7	48,1	71,0	116
Д 2	0,70	1,40	2,09	3,46	4,13	4,80	6,13	8,08	9,9	11,8	15,5	28,9	40,9	61,9	104
о 3	0,59	1,18	1,77	2,93	3,51	4,08	5,22	6,91	8,57	10,2	13,4	25,3	36,3	55,9	96,3
б 5	0,47	0,94	1,41	2,35	2,82	3,82	4,21	5,58	6,94	8,28	10,9	21,0	30,5	47,8	84,9
и 10	0,34	0,68	1,02	1,75	2,04	2,38	3,06	4,06	5,07	6,06	8,04	15,7	23,1	37,0	68,2

	15	0,28	0,55	0,83	1,39	1,67	1,95	2,50	3,33	4,16	4,93	6,61	13,0	19,2	31,1	58,4
мі	1	0,19	0,38	0,58	0,97	1,16	1,35	1,74	2,32	2,50	3,48	4,63	9,18	13,6	22,3	43,0
ся	2	0,13	0,26	0,39	0,65	0,79	0,92	1,18	1,57	1,97	2,36	3,15	6,27	9,36	15,4	30,2
ці	6	0,06	0,13	0,20	0,33	0,40	0,47	0,61	0,81	1,01	1,21	1,62	3,23	4,84	8,05	15,9

Примітка: дози опромінення на внутрішній межі зони в 1,7 рази більші, а на зовнішній межі в 1,7 рази менші вказаних в таблиці.

Таблиця 12 – Доза опромінення, отримана при відкритому розміщенні в середині зони забруднення (Д зони, бер), Зона В

Час початку роботи після аварії		Довготривалість перебування на забрудненій місцевості														
		ГОДИНИ										ДОБИ				
		1	2	3	5	6	7	9	12	15	18	1	2	3	5	10
	1	7,05	13,2	18,7	28,8	33,4	37,8	46,1	57,6	68,2	78,1	96,3	156	205	285	436
	2	6,14	11,7	16,9	26,3	30,8	35,0	43,0	54,2	64,5	74,2	92,1	151	200	279	430
Г	3	5,38	10,7	15,6	24,6	28,8	32,9	40,7	51,6	61,7	71,2	88,8	147	195	274	423
о	5	4,86	9,48	13,9	22,2	26,1	29,9	37,3	47,6	57,	66,5	83,	141	188	267	416
д	6	4,61	9,03	13,2	21,2	25,1	28,8	35,9	46,1	55,6	64,6	81,5	138	185	263	412
и	7	4,41	8,64	12,7	20,5	24,2	27,8	34,8	44,7	54,0	62,9	79,5	136	182	260	409
н	9	4,08	8,02	11,8	19,1	22,7	26,1	32,8	42,3	51,3	59,9	76,1	131	177	254	402
и	12	3,71	7,33	10,8	17,6	20,9	24,2	30,4	39,5	48,1	56,3	71,9	125	171	247	394
	15	3,44	6,81	10,1	16,5	19,6	22,6	28,6	37,2	45,5	53,4	68,5	121	165	240	386
	18	3,23	6,40	9,51	15,5	18,5	21,4	27,1	35,3	43,3	50,9	65,5	116	160	234	379
	1	2,91	5,78	8,60	14,1	16,8	19,5	24,7	32,4	34,8	47,0	60,8	109	152	224	367
д	2	0,70	1,40	2,09	3,46	4,13	4,80	6,13	8,08	9,9	11,8	15,5	28,9	40,9	61,9	104
о	3	0,59	1,18	1,77	2,93	3,51	4,08	5,22	6,91	8,57	10,2	13,4	25,3	36,3	55,9	96,3
б	5	0,47	0,94	1,41	2,35	2,82	3,82	4,21	5,58	6,94	8,28	10,9	21,0	30,5	47,8	84,9
и	10	0,34	0,68	1,02	1,75	2,04	2,38	3,06	4,06	5,07	6,06	8,04	15,7	23,1	37,0	68,2
	15	0,28	0,55	0,83	1,39	1,67	1,95	2,50	3,33	4,16	4,93	6,61	13,0	19,2	31,1	58,4

мі	1	0,19	0,38	0,58	0,97	1,16	1,35	1,74	2,32	2,50	3,48	4,63	9,18	13,6	22,3	43,0
ся	2	0,13	0,26	0,39	0,65	0,79	0,92	1,18	1,57	1,97	2,36	3,15	6,27	9,36	15,4	30,2
ці	6	0,06	0,13	0,20	0,33	0,40	0,47	0,61	0,81	1,01	1,21	1,62	3,23	4,84	8,05	15,9

Примітка: дози опромінення на внутрішній межі зони в 1,8 рази більші, а на зовнішній межі в 1,8 рази менші вказаних в таблиці.

Таблиця 13 – Доза опромінення, отримана при відкритому розміщенні в середині зони забруднення (Д зони, бер), Зона Г

	Час початку роботи після аварії	Довготривалість перебування на забрудненій місцевості											
		Години					Доби				Місяці		
		1	3	7	12	18	1	3	5	10	1	6	12
Години	1	23,1	61,7	124	189	256	316	674	937	1433	2679	6586	9024
	2	20,1	55,5	115	178	244	302	657	918	1413	2668	6563	9001
	6	15,1	43,6	94,7	151	212	267	610	866	1356	2594	6495	8931
Доби	1	9,57	28,1	64,1	106	154	199	500	738	1206	2418	6295	9727
	2	7,31	21,7	49,9	84,0	123	161	425	644	1036	2265	6112	8537
Місяці	1	2,02	6,06	14,1	24,1	36,1	48,1	141	232	447	1182	4389	6657
	2	1,36	4,10	9,57	16,4	24,5	32,7	97,3	160	314	871	3646	5768
	12	0,43	1,32	3,09	5,30	7,59	10,6	31,7	52,8	105	310	1658	3003

Примітка: дози опромінення на внутрішній межі зони в 1,8 рази більші, а на зовнішній межі в 1,8 рази менші вказаних в таблиці.

Таблиця 14 – Коефіцієнти послаблення радіаційного випромінювання укриттями і транспортними засобами

№	Найменування укриттів і транспортних засобів	Кпосл.
1	Відкрите розташування на місцевості	1
2	Відкриті окопи, траншеї, щілини	3
3	Автомобілі та автобуси	2
4	Залізничні платформи	1,5
5	Криті вагони	2
6	Пасажирські вагони	3
7	Виробничі одноповерхові будівлі (цехи)	7
8	Виробничі адміністративні будівлі	6
Кам'яні житлові будинки		
9	Одноповерхові	10

10	Підвали під ними	40
11	Двоповерхові	15
12	Підвали під ними	100
13	Триповерхові	20
14	Підвали під ними	400
15	П'ятиповерхові	27
16	Підвали під ними	400
Житлові дерев'яні будинки		
17	Одноповерхові	2
18	Підвали під ними	7
19	Двоповерхові	8
20	Підвали під ними	12
В середньому для населення		
21	Міського	8
22	Сільського	4

**Завдання 2.** На ХНО стався аварійний викид НХР. До зони забруднення може потрапити об'єкт господарської діяльності (ОГД), розташований на певній відстані від ХНО. Необхідно оцінити хімічну обстановку, що може скластися на ОГД і запропонувати заходи із захисту людей.

Вихідні дані:

1. Тип викинутої НХР водень бромистий.
2. Кількість НХР ( $Q_0$ ), т 50.
3. Ємність обвалована, висота обвалування ( $H$ ), м 1,0.
4. Температура повітря, °С 20.
5. Швидкість вітру ( $V$ ), м/с 4.
6. Азимут вітру ( $A$ ), град. 290.
7. Час аварії 12.00.
8. Хмарність напівясно.
9. Місцевість відкрита.
10. Кількість людей, що працює на ОГД 250.
11. Забезпеченість протигазами, % 60.
12. Відстань від ХНО до ОГД ( $R_0$ ), км 3.

Розрахунок:

1. За табл. 15 визначається ступінь вертикальної стійкості атмосфери (день, напівясно,  $V = 4$  м/с) – ізотермія.

Визначення розмірів (глибини, та площі) зони хімічного забруднення.

1. За формулою (3) визначають еквівалентну кількість речовини у первинній хмарі:

$$Q_{E1} = K_1 \times K_3 \times K_5 \times K_7 \times Q_0 (T) \quad (3),$$

де  $K_1$  – коефіцієнт, який залежить від умов зберігання НХР (табл. 16),  $K_1=0,13$ ;  $K_3$  – коефіцієнт, що дорівнює відношенню порогової токсодози хлору до порогової дози інших НХР (табл. 16),  $K_3=6$ ;  $K_5$  – коефіцієнт, який враховує ступінь вертикальної стійкості повітря: при ізотермії  $K_5=0,23$  (табл. 17);  $K_7$  – коефіцієнт, який враховує вплив температури (табл. 16),  $K_7=1$ ;  $Q_0$  – кількість викинутої НХР (т).

$$Q_{E1} = 0,13 \times 6 \times 0,23 \times 1 \times 50 = 8,97 \text{ т.}$$

2.2. За табл. 18, використовуючи інтерполювання, визначають глибину зони первинної хмари  $\Gamma_1$ .

$$\Gamma_1 = 4,4 + \frac{(6,5 - 4,4)(8,97 - 5)}{10 - 5} = 6,07 \text{ км.} \quad (4)$$

2.3. За формулою (5) визначають еквівалентну кількість речовини у вторинній хмарі.

$$Q_{E2} = (1 - K_1) \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_6 \times K_7 \times \frac{Q_0}{h \times d} (T), \quad (5)$$

де  $K_2$  – коефіцієнт, який залежить від фізико-хімічних властивостей НХР (табл. 16),  $K_2=0,055$ ;  $K_4$  – коефіцієнт, який враховує швидкість вітру (табл. 19),  $K_4=2$ ;  $K_6$  – коефіцієнт, який залежить від часу, що минув після початку аварії і тривалості випаровування речовини;  $d$  – густина НХР,  $\text{т/м}^3$  (табл. 16),  $d=1,49$ ;  $h$  – товщина шару НХР, м (при вільному розливі  $h=0,05$  м, при виливі у обваловку або піддон  $h = H - 0,2$ , де  $H$  – висота обваловки або піддону в м,  $h=1,0-0,2=0,8$ ;

$$K_6 = N \text{ 0,8 при } N < T \text{ і } K_6 = T \text{ 0,8 при } N > T \quad (6),$$

де  $N$  – час після аварії, год., приймаємо  $N = 4$  год;

2.4.  $T$  – тривалість випаровування речовини – тривалість уражальної дії (формула (7)), год.

$$T = K_2 \times K_4 \times K_7 \left( \frac{h \times d}{Q_{E2}} \right) \quad (7),$$

$$T = \frac{0,8 \times 1,49}{0,055 \times 2 \times 1} = 10,8 \text{ год.}$$

$$T > N, \text{ тому } K_6 = 0,8 = 3,03.$$

$$Q_{E2} = (1 - 0,13) \times 0,055 \times 6 \times 2 \times 0,23 \times 3,03 \times 1 \times \frac{50}{0,8 \times 1,49} = 16,79 \text{ т.}$$

2.5. Для знайденої величини  $Q_{E2}$  визначають глибину зони вторинної хмари  $\Gamma_2$  (табл. 18), аналогічно як для  $\Gamma_1$ .

$$\Gamma_2 = 6,5 + \frac{(16,79 - 10)(9,62 - 6,5)}{10 - 20} = 8,62 \text{ км.}$$

2.6. Повна розрахункова глибина зони зараження  $\Gamma_p$ , що залежить від сумісної дії первинної і вторинної хмари НХР, визначається за формулою (8):

$$\Gamma_p = \Gamma_{1,2} + 0,5 \Gamma_{2,1} \text{ (км)}, \quad (8)$$

де  $\Gamma_{1,2} = \max \{ \Gamma_1, \Gamma_2 \} = 8,62 \text{ км}; \Gamma_{2,1} = \min \{ \Gamma_1, \Gamma_2 \} = 6,07 \text{ км};$

$$\Gamma_p = 8,62 + 0,5 \cdot 6,07 = 11,66 \text{ км.}$$

2.7. Отримане значення повної розрахункової глибини зони зараження  $\Gamma_p$  порівнюється з максимально можливим значенням глибини переносу повітряних мас  $\Gamma_{\Pi}$ , що визначається за формулою (9):

$$\Gamma_{\Pi} = N \times W \text{ (км)} \quad (9),$$

$$\Gamma_{\Pi} = 4 \times 24 = 96 \text{ км.}$$

2.8. Найменша з порівнюваних величин приймається за фактичну прогнозовану глибину зони забруднення, тобто  $\Gamma_{пзхз} = \min \{ \Gamma_{\Pi}; \Gamma_p \}$ .

$$\Gamma_{пзхз} = \min \{ 96; 11,66 \} = 11,66 \text{ км.} \quad (8)$$

Площа зони хімічного забруднення При прогнозуванні визначаються:

а) площа зони можливого хімічного забруднення (ЗМХЗ).

$$S_{змхз} = 8,72 \times 10^{-3} \times \Gamma_{пзхз}^2 \times \Phi \text{ км}^2 \quad (9),$$

З табл. 7 для  $V = 4$  м/с  $\Phi = 45^\circ$ , тоді

$$S_{змхз} = 8,72 \times 10^{-3} \times 11,662 \times 45 = 53,35 \text{ км}^2,$$

б) площа прогнозованої зони хімічного забруднення (ПЗХЗ) розраховується за формулою

$$S_{пзхз} = K_8 \times \Gamma_{пзхз}^2 \times N^{0,2} \text{ км}^2 \quad (10),$$

де  $K_8$  – коефіцієнт, для ізотермії  $K_8 = 0,133$  (табл. 3);  $N$  – час, на який розраховується глибина ПЗХЗ ( $N = 4$  год.);  $S_{пзхз} = 0,133 \times 11,662 \times 0,2 = 23,86 \text{ км}^2$ .

Визначення часу підходу хмари зараженого повітря до об'єкта ( $t_{підх}$ ).

Час підходу хмари НХР до заданого об'єкта залежить від швидкості перенесення хмари повітряним потоком  $W$ , на що впливає швидкість вітру, і визначається за формулою:

$$t_{підх} = R_0 / W, \text{ год} \quad (11),$$

де  $R_0$  – відстань від місця аварії (джерела забруднення) до заданого об'єкта, км;  
 $t_{підх} = 3/24 = 0,125$  год = 7,5 хв.

Визначення можливих втрат робітників і службовців об'єктів господарювання й населення в осередку хімічного ураження.

З табл. 22 за 60 % забезпеченості протигазами втрати людей становлять:

при перебуванні на відкритій місцевості  $250 \times 0,4 = 100$  осіб.

при перебуванні у будівлях і простіших укриттях  $250 \times 0,22 = 55$  осіб.

Структура втрат становить (примітка до табл. 22):

легкого ступеня  $100 \times 0,25 = 25$  осіб;

середньої тяжкості  $100 \times 0,4 = 40$  осіб;

смертельне ураження  $100 \times 0,3 = 35$  осіб.

За допомогою табл. 23 визначаємо речовини та їхню кількість, необхідну для проведення дегазації, а також визначаємо тип протигазу, що може використовуватись для захисту від ураження цією НХР.

Для нейтралізації 50 тонн водню бромистого необхідно 1000 тонн 10 % розчину NaOH. А захистити зможе протигаз фільтруючий типу А, БКФ або ізолювального типу.

Результати оцінювання хімічної обстановки наведено у таблиці.

Джерело забруднення	Тип НХР, кількість, т	Глибина ПЗХЗ, км	Ширина ПЗХЗ, км	Площа ПЗХЗ, км <sup>2</sup>	Площа МЗХЗ, км <sup>2</sup>	Тривалість уражальної дії, год	Час підходу хмари НХР, хв	Втрати людей, структурна втрата, осіб
Зруйнована ємність з НХР на ХНО	Водень бромистий	11,66	1,89	23,86	53,35	10,8	7,5	100, з них: смерт. – 35 серед. – 40 легкі – 25

### Висновки:

ОГД може опинитись у зоні хімічного забруднення ( $R_0 < \Gamma_{пзхз}$ ).

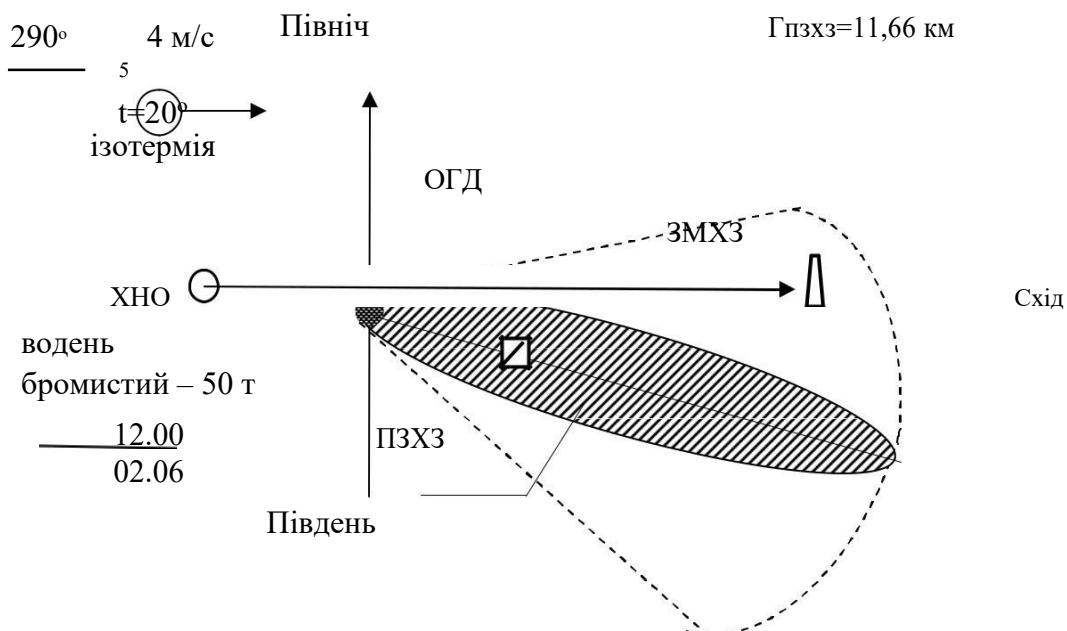
Хмара зараженого повітря підійде до об'єкта через 7,5 хв, що не дає змоги вивести людей із зони забруднення.

Тривалість дії уражального фактора НХР відносно велика – 10,8 год.

Основні заходи щодо захисту людей:

- негайне оповіщення виробничого персоналу про загрозу хімічного забруднення;
- терміново зупинити виробництво і розмістити людей у сховищі; систему повітропостачання включити в режим фільтровентиляції;
- вести хімічну розвідку на об'єкті безперервно;
- забезпечити весь виробничий персонал протигазами.

### Графічний додаток



## Превентивні заходи щодо зниження масштабів хімічного впливу на об'єкти і території

### *Організаційні:*

Установка локальних (місцевих) автоматизованих систем виявлення зараження небезпечними речовинами навколишнього середовища і оповіщення про виникнення надзвичайної ситуації (НС) виробничого персоналу і населення, яке мешкає в зонах можливого хімічного зараження й доведення до них інформації про порядок дій за сигналами оповіщення.

Завчасне прогнозування зон заражень, руйнувань, пожеж за можливих метеоумов і створення запасів із матеріально-технічного забезпечення заходів із захисту й евакуації населення на випадок аварії.

Постійний контроль за викидами НХР в атмосферу, скидами у водойми отруйних відходів, за концентрацією парів небезпечних речовин у повітрі робочих приміщень.

Забезпечення виробничого персоналу засобами індивідуального захисту із зберіганням їх на робочих місцях співробітників у постійній готовності до використання.

Навчання виробничого персоналу правилам, засобам і прийомам захисту, само- і взаємодопомоги за можливих уражень і його періодичне тренування.

Розроблення інструкцій керівництву, черговим і командам ліквідаторів з викладенням їх обов'язків при НС, а також плану дій при НС.

### *Інженерно-технічні:*

Обладнання ємностей, комунікацій і виробничих установок із НХР автоматичними та ручними пристроями, які запобігають витіканню НХР у випадку аварії (запобіжні клапани, клапани-відсікачі, терморегулятори, перепускні або скидальні пристрої тощо).

Підсилення конструкцій ємностей і комунікацій із НХР або влаштування над ними огорожі для захисту від пошкоджень уламками будівельних конструкцій при аварії (особливо на пожежо- і вибухонебезпечних об'єктах).

Розміщення (будівництво) під сховищами із НХР аварійних резервуарів, чаш, пасток і напрямлених стоків.

Будівництво під сховищами з особливо небезпечними НХР підземних резервуарів з водою для розчинення (зменшення концентрації) при аварійних витіках.

Розосередження запасів НХР, будівництво для них заглиблених або напівзаглиблених сховищ.

Виготовлення розчинів НХР за межами основних цехів;

Створення запасів нейтралізуючих речовин у цехах, де використовуються НХР.

Обладнання приміщень і промислових майданчиків системами виявлення аварій, засобами метеоспостереження і аварійною сигналізацією.

Майданчики для перевалки НХР, причали, залізничні колії повинні бути віддалені від житлових будівель та інших об'єктів не менш ніж на 250 м, а також обладнані пристроями для встановлення водяних завіс та системою локального оповіщення.

#### *Заходи із захисту працівників*

Крім заходів загальнодержавного масштабу, на об'єктах господарської діяльності також проводяться заходи, які дають змогу зменшити наслідки від НС як природного, так і техногенного характеру, особливо дію вторинних факторів ураження. На першому місці повинні бути питання захисту працівників та службовців, який можна забезпечити виконанням таких заходів:

- створення і підтримання у готовності системи оповіщення;
- накопичення фонду захисних споруд і підтримання їх у готовності до використання;
- планування заходів з евакуації;
- накопичення засобів індивідуального захисту та організація їх зберігання;
- підготовка до проведення рятувальних та інших невідкладних робіт;
- морально-психологічна підготовка робітників та службовців.

#### Додатки

Таблиця 15 – Графік орієнтованого оцінювання ступеня вертикальної стійкості повітря

Швидкість вітру, м/с	Ніч			День		
	ясно	напівясно	хмарно	ясно	напівясно	хмарно
<0,5	інверсія			конвекція		
0,6-2,0						
2,1-4,0	ізотермія			ізотермія		
>4,0						

Примітка:

Інверсія – такий стан приземного шару повітря, за якого температура поверхні ґрунту менша за температуру повітря на висоті 2 м від поверхні.

Ізотермія – такий стан приземного шару повітря, за якого температура поверхні ґрунту орієнтовно рівна температурі повітря на висоті 2 м від поверхні.

Конвекція – такий стан приземного шару повітря, за якого температура поверхні ґрунту більша за температуру повітря на висоті 2 м від поверхні.

Хмарність визначається в балах:

відсутня (ясно) – 0-2; середня (напівясно) – 3-7; суцільна (хмарно) – 8-10.

Таблиця 16 – Характеристики НХР і допоміжні коефіцієнти для визначення глибин зон зараження

№ з/п	Назва НХР	Густина НХР т/м3		Температура кипіння, °С	Порог. ратура кипіння, °С	Значення допоміжних коефіцієнтів доза мг/хв								
		Газ	Рідина				К1	К2	К3	К7				
										Для -40°	Для -20°	Для 0°	Для 20°	Для +40°
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	Акролеїн	-	0,839	52,7	0,2*	0	0,013	0,75	0,1	0,2	0,4	1	2,2	
2	Аміак (тиск)	0,0008	0,681	-33,42	15	0,18	0,025	0,04	0/0,9	0,3/1	0,6/1	1/1	1,4/1	
2a	Аміак (ізотерм)	-	0,681	-33,42	15	0,01	0,025	0,04	0/0,9	1/1	1/1	1/1	1/1	
3	Ацетонітрил	-	0,786	81,6	21,6**	0	0,004	0,028	0,2	0,1	0,3	1	2,6	
4	Ацетонціангідрид			120	1,9**	0	0,002	0,316	0	0	0,3	1	1,5	
5	Водень миш'яковистий	0,0035	1,64	-62,47	0,2**	0,17	0,054	0,0857	0,3/1	0,5/1	0,8/1	1/1	1,2/1	
6	Водень фтористий	-	0,989	19,52	4	0	0,028	0,15	0,1	0,2	0,5	1	1	
7	Водень хлористий	0,0016	1,191	-85,1	2	0,28	0,037	0,3	0,64/1	0,6/1	0,8/1	1/1	1,2/1	
8	Водень бромистий	0,0036	1,49	-66,77	2,4*	0,13	0,055	6	0,2/1	0,5/1	0,8/1	1/1	1,2/1	
9	Водень ціаністий	-	0,687	25,7	0,2	0	0,026	3	0	0	0,4	1	1,3	
10	Диметиламін	0,002	0,68	6,9	1,2*	0,06	0,041	0,5	0/0,1	0/0,3	0/0,8	1/1	2,5/1	
11	Метиламін	0,0014	0,699	-6,5	1,2*	0,13	0,034	0,5	0/0,3	0/0,7	0,5/1	1/1	2,5/1	
12	Метил бромистий	-	1,732	3,6	1,2*	0,04	0,039	0,5	0/0,2	0/0,4	0/0,9	1/1	2,3/1	
13	Метил хлористий	0,0023	0,983	-23,7	10,8**	0,125	0,044	0,056	0/0,5	0/0,1	0,6/1	1/1	1/1	
14	Метилакрилат	-	0,953	80,2	6*	0	0,005	0,025	0,1	0,2	0,4	1	3	
15	Метилмеркаптан	-	0,867	5,95	1,7**	0,06	0,043	0,353	0/0,1	0/0,3	0/0,8	1/1	2/1	
16	Нітрил акрилової кислоти	-	0,806	77,3	0,75	0	0,007	0,8	0,04	0,1	0,4	1	2,4	
17	Окиси азоту	-	1,491	21	1,5	0	0,04	0,4	0	0	0,4	1	1	
18	Оксид етилену	-	0,882	10,7	2,2*	0,05	0,041	0,27	0/0,1	0/0,3	0/0,7	1/1	3,2/1	
19	Оксид сірки	0,0029	1,462	-10,1	1,8	0,11	0,049	0,333	0/0,2	0/0,5	0,3/1	1/1	1,7/1	
20	Сірководень	0,0015	0,964	-60,35	16,1	0,27	0,042	0,036	0,3/1	0,5/1	0,8/1	1/1	1,2/1	
21	Сірковуглець	-	1,264	46,2	45	0	0,021	0,013	0,1	0,2	0,4	1	2,1	
22	Соляна кислота (к)	-	1,198	-	2	0	0,021	0,30	0	0,1	0,3	1	1,6	
23	Триметиламін	-	0,671	2,9	6*	0,07	0,047	0,1	0/0,1	0/0,4	0/0,9	1/1	2,2/1	
24	Формальдегід	-	0,815	-1,9	0,6*	0,19	0,034	1	0/0,4	0/1	0,5/1	1/1	1,5/1	
25	Фосген	0,0036	1,432	8,2	0,6	0,05	0,061	1	0/0,1	0/0,3	0/0,7	1/1	2,2/1	
26	Фтор	0,0017	1,512	188,2	0,2*	0,95	0,038	3	0,7/1	0,8/1	0,9/1	1/1	1,1/1	
27	Фосфор трихлор	-	1,57	75,3	3	0	0,01	0,2	0,1	0,2	0,4	1	2,3	
28	Фосфору хлороксид	-	1,675	107,2	0,06*	0	0,003	10	0,05	0,1	0,3	1	2,6	

29	Хлор	0,0032	1,533	-34,1	0,6	0,18	0,052	1	0/0,9	0,3/1	0,6/1	1/1	1,4/1
30	Хлорпікрін	-	1,658	112,3	0,02	0	0,002	30	0,03	0,1	0,3	1	2,9
31	Хлорціан	0,0021	1,22	12,6	0,76	0,04	0,048	0,80	0/0	0/0	0/0,6	1/1	3,9/1
32	Етиленімін	-	1,838	55	4,8	0	0,009	0,125	0,05	0,1	0,4	1	2,2
33	Етиленсульфід	-	1,005	55	0,1*	0	0,013	6	0,05	0,1	0,4	1	2,2
34	Етилмеркаптан	-	0,839	35	2,2*	0	0,028	0,27	0,1	0,2	0,5	1	1,7

У графах 10 – 14 у чисельнику значення K7 для первинної хмари, а в знаменнику – для наступних хмар.

У графі 6 числові значення токсодоз, що позначені зірочками, визначені орієнтовно.

Значення коефіцієнта K1 для ізотермічного зберігання аміаку наведено для випадку розливання (викидання) у піддон.

Таблиця 17 – Коефіцієнти, які залежать від ступеня вертикальної стійкості повітря (СВСП)

Інверсія	Ізотермія	Конвекція	Коефіцієнти
0,081	0,133	0,235	K8
1,0	0,23	0,08	K5

Таблиця 18 – Глибини зон можливого зараження НХР

Швидкість вітру	Еквівалентна кількість НХР, (г)																	
	м/с	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10	20	30	50	70	100	300	500	1000	
1	0,38	0,85	1,25	3,2	4,8	9,2	13	19	29,6	38	52,7	65,2	81,9	166	231	363		
2	0,26	0,59	0,84	1,9	2,8	5,4	7,2	11	16,4	21	28,7	35,4	44,1	87,8	121	189		
3	0,22	0,48	0,68	1,5	2,2	4	5,3	8	11,9	15	20,6	25,2	31,3	61,5	85	130		
4	0,19	0,42	0,59	1,3	1,9	3,3	4,4	6,5	9,62	12	16,4	20,1	24,8	48,2	66	101		
5	0,17	0,38	0,53	1,19	1,68	2,91	3,75	5,53	8,19	10,3	13,88	16,89	20,82	40,11	54,6	7	83,6	
6	0,15	0,34	0,48	1,09	1,53	2,66	3,43	4,88	7,2	9,06	12,14	14,79	18,13	34,67	47,0	9	77,7	
7	0,14	0,32	0,45	1	1,42	2,46	3,17	4,49	6,48	8,14	10,87	13,17	16,17	31,03	41,6	3	63,1	
8	0,13	0,3	0,42	0,94	1,33	2,3	2,97	4,2	5,92	7,42	9,9	11,98	14,68	27,75	37,4	9	56,7	
9	0,12	0,28	0,4	0,88	1,25	2,17	2,8	3,96	5,6	6,68	9,12	11,03	13,5	25,39	34,2	4	51,6	
10	0,12	0,26	0,38	0,84	1,19	2,06	2,66	3,76	5,31	6,5	8,5	10,23	12,54	23,49	31,6	1	47,5	
11	0,11	0,25	0,36	0,8	1,13	1,96	2,54	3	3,38	5,06	6,2	8,01	9,61	11,74	21,91	29,4	4	44,1
12	0,11	0,24	0,34	0,76	1,08	1,88	2,42	3,43	4,85	5,94	7,67	9,07	11,06	20,58	27,61	41,3		

13	0,1	0,23	0,33	0,74	1,04	1,8	2,37	3,29	4,66	5,7	7,37	8,72	10,48	19,45	26,0	4	38,9
14	0,1	0,22	0,32	0,71	1	1,74	2,24	3,17	4,49	5,5	7,1	7,4	10,04	18,46	24,6	9	36,8
15	0,1	0,22	0,31	0,69	0,97	1,68	2,17	3,07	4,34	5,31	6,86	8,11	9,7	17,6	23,5	8	34,9

Таблиця 19 – Значення коефіцієнта К4 залежно від швидкості вітру

Швидкість вітру, м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
К4	1	1,33	1,67	2	2,34	2,67	3	3,34	3,67	4	5,68

Таблиця 20 – Швидкість перенесення переднього фронту хмара зараженого повітря, км/год

Ступінь вертикальної стійкості повітря	Швидкість вітру, м/с										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
інверсія	5	10	16	21							
ізотермія	6	12	18	24	29	35	41	47	53	59	88
конвекція	7	14	21	28							

Таблиця 21 – Коефіцієнт Ф, який залежить від швидкості вітру (м/с)

V, м/с	<0,5	0,6-1,0	1,1-2,0	>2
Ф	360	180	90	45

Таблиця 22 – Можливі втрати населення, робітників та службовців, які опинилися у ЗМХЗ (ПЗХЗ), %

Умови перебування людей	Без протигазів	Забезпеченість людей протигазами, %								
		20	30	40	50	60	70	80	90	100
На відкритій місцевості	90–100	75	65	58	50	40	35	25	18	10
у будівлях	50	40	35	30	27	22	18	14	9	4

## Таблиця 23 – Дегазація та захист від найпоширеніших НХР

### АМІАК, NH<sub>3</sub>

Дегазація газу – розбризкувана вода (2т/1т НХР), 10% розчин соляної к-ти (2т/1 т НХР) або кислотні відходи, 2% розчин амонію сірчанокиислого, розчини мінеральних к-т. Дегазація рідини – додатково ґрунт, пісок (2–5 т / 1 т НХР).

Захист органів дихання: ізолюючий протигаз КПП-в, АСВ-2, АДІ-ГС, ІІ-4; протигаз фільтруючий, типу КД, М, В, ГП-4У з ДП-2;

### БРОМИСТИЙ ВОДЕНЬ, HBr

Дегазація: осадження газу – розбризкувана вода.

Дегазація рідини – розчини лугів (на 1 т НХР 20 т 10% NAOH).

Захист органів дихання: ізолюючий протигаз, протигаз фільтруючий типу А, В, БКФ.

### СІРЧИСТИЙ АНГІДРИД, SO<sub>2</sub>

Дегазація: гашене вапно, аміак, луґи, рН соди або каустика, вода, їдкий натр, карбонат натрію, гідроокис кальцію. На 1 т НХР 10 т води, 13 т 10 % NAOH або 4 т 25 % аміаку.

Захист органів дихання: ізолюючий протигаз типу АСВ-2, ІІ-4М, КПП-8; протигаз фільтруючий типу В (жовтий.), БКФ (защ.), М (червоний);

### СІРКОВУГЛЕЦЬ, CS<sub>2</sub>

Дегазація: гашене вапно, вода, сірчистий натрій або калій. Вапно, каустик, їдкий натр, лужна целюлоза, сульфід натрію.

Захист органів дихання: ізолюючий протигаз типу АСВ-2, фільтруючий протигаз типу А, В, М, БКФ, Г, Е, ГП-4У, КД;

### СОЛЯНА КИСЛОТА, ВОДЕНЬ ХЛОРИСТИЙ, HCl

Дегазація: гашене вапно, аміачна вода, р-н кальцинованої соди, лужні р-ни, їдкий натр. (На 1 т НХР 10 т 10% NAOH).

Захист органів дихання: ізолюючий протигаз; протигаз фільтруючий типу В (жовтий.), М (червоний), А, БКФ.

### СИНІЛЬНА КИСЛОТА, HCN

Дегазація: дегазація рідини – 10 % р-н гіпохлориту кальцію, формалін (3 т / 1 т НХР), гашене вапно, луґи, аміак, аміачна вода, відходи, речни окиснювальної і окиснювально-хлоруючої дії, каустична сода.

Захист органів дихання: ізолюючий протигаз, фільтруючі типу Е, М, В, БКФ, ГП-4У з ДП-2

### ФОСГЕН, SOCl<sub>2</sub>

Дегазація: дегазація газу – вода (10 т / 1 т НХР), 10% р-н їдкого натру (20 т / 1 т НХР), гаряча аміачна вода (3 т 25 % на 1т НХР), лужні відходи, аміак, уротропін, активоване вугілля, р-н каустичної соди, р-ни їдкого натру, кальцинованої соди, вапняних і гіпсових відходів. Дегазація рідини 10 % р-н їдкого натра (16 - 20т / 1т НХР).

Захист органів дихання: ізолюючий протигаз типу ПП-4М, АСВ-2, КІП-8; протигаз фільтруючий типу В, М, БКФ, Е, КД, ГП-4у з ДП-2; ХЛОР, Cl<sub>2</sub>

Дегазація: осадження газу – розбризкувана вода (330 т / 1 т НХР), 5% р-н їдкою натру або каустичної соди (22-25 т на 1т НХР, сульфід натрію, гашене вапно, лужні відходи, окрім аміачної води (оскільки утворюється вибухо-небезпечний хлористий азот). Дегазація рідини – вода (0,6 – 0,9 т /1т НХР), 5% р-н їдкою натру (22,5-23,0 т / 1т НХР), ґрунт, пісок, зола (2,3–3,5 т / 1 т НХР), сніг (3–4 т на 1т НХР).

Захист органів дихання: ізолюючий протигаз типу АДІ-ГС, КІП-8, АСВ-2; протигаз фільтруючий типу В, А, М, БКФ, Е.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс Цивільного захисту України. Київ : Алерта, 2025. 130 с.
2. Левченко О. Г., Землянська О. В., Праховнік Н. А., Зацарний В. В. Безпека життєдіяльності та цивільний захист : підручник. 2-ге вид. Київ : Каравела, 2021. 268 с.
3. Особливості навчання розділу «Основи цивільного захисту» предмета «Захист України» у закладах загальної середньої освіти : методичні рекомендації / за ред. І. В. Удовиченко. Суми : НВВ КЗ СОШПО, 2020. 80 с.
4. Рачков С. М., Горпинченко В. М. Цивільний захист в закладах загальної середньої освіти : навч.-метод. посібник. Харків : НМЦ ЦЗ та БЖД Харківської області, 2019. 176 с.
5. Сонько С. П. Надзвичайні ситуації та цивільний захист населення. Львів : Магнолія 2006, 2024. 232 с.
6. Стеблюк М. І. Цивільна оборона та цивільний захист. 3-те вид., стер. Київ : Знання, 2013. 487 с.
7. Цивільний захист : гонспект лекцій для студентів всіх спеціальностей і форм навчання / В.О. Васійчук та ін. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. 208 с.
8. Цивільний захист / Д. В. Зеркалов та ін. . Київ : Основа, 2014. 234 с.
9. Цивільний захист / О. І. Запорожець та ін. Київ : Центр навчальної літератури, 2020. 264 с.
10. Юр'єва Ю. Г., Омельченко Ю. С., Тимошевська Л. В. Методичні рекомендації щодо організації цивільного захисту в закладі дошкільної освіти. Херсон : НМЦ ЦЗ та БЖД Херсонської області, 2020. 68 с.