Хмельницький національний університет

Повна назва вищого навчального закладу

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Повна назва факультету

Кафедра будівництва та цивільної безпеки

Повна назва кафедри

ДИПЛОМНА РОБОТА

магістр

Освітньо-кваліфікаційний рівень

Галузь знань *26 – Цивільна безпека*

Шифр і назва галузі знань

Спеціальність *263 – Цивільна безпека*

Шифр і назва спеціальності

Спеціалізація *Охорона праці (за галузями)*

на тему «*Розробка моделі оцінки хімічного забруднення територій*»

Шифр *ДРЦВБ.22456.22.01.01 ПЗ*

Виконав: студент групи *ЦВБмз-22-1* _____ *Войтюк В.М.*

Підпис

Керівник: _____ *Соколан Ю.С.*

Підпис, дата

До захисту допускаю: _____ *Калда Г. С.*

Підпис, дата

Зав. кафедри _____

_____ _____ 2023 р.

Хмельницький, 2023

АНОТАЦІЯ

Дипломної роботи студента групи ЦВБмз-22-1
Войтюк Володимир Михайлович

(прізвище, ім`я та по батькові)

Керівник: к. т. н., доц. каф. БЦБ, Соколан Юлія Сергіївна
(прізвище, ім`я та по батькові, посада, наукова ступінь та вчене звання)

Рецензент: к.т.н., доц. каф. МАЕЕС Майдан П.С.
(посада, наукова ступінь та вчене звання) (прізвище, ім`я та по батькові)

Кафедра будівництва та цивільної безпеки
Тема: Розробка моделі оцінки хімічного зараження територій

Розрахунково–пояснювальна записка на 75 аркушах

Перелік графічного матеріалу

1 – титульний; 2 – вступ; 3 – актуальність, мета і завдання дослідження; 4 – основні небезпечні хімічні речовини; 5 – хімічна зброя; 6 - засоби захисту людей від хімічно-небезпечних речовин; 7-10 - Розробка моделі оцінки хімічного зараження; 11 - висновки

Стислий зміст роботи та висновки

У дипломній роботі було розроблено модель оцінки хімічного забруднення територій. В дипломній роботі проаналізовано властивості найбільш поширених хімічно-небезпечних речовин в промиловостях та як заряд хімічної зброї, наведено ознаки отруєння та першу допомогу при отруєнні цими речовинами. Також підібрано засоби індивідуального захисту. Надано стандартизовану методику, на якій базується проведення оцінки наслідків хімічної катастрофи та наведено функціональні можливості розробленої моделі.

Рік виконання роботи – 2023

Студент **В.М. Войтюк**

ЗМІСТ

с.

ВСТУП 5

1 АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК ВІД ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН 7

1.1 Види існуючих хімічно-небезпечних речовин та шляхи нейтралізації їх витоків 7

1.2 Історія виникнення хімічної зброї та заборони її використання 16

1.3 Загальна характеристика та види хімічної зброї 22

2 ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ ВІД ВПЛИВУ ХІМІЧНО-НЕБЕЗПЕЧНИХ РЕЧОВИН. 29

2.1 Законодавча та нормативно-правова база захисту населення від впливу хімічно-небезпечних речовин 29

2.2 Ознаки отруєння та перша допомога при отруєнні хімічно-небезпечними речовинами 39

2.3 Засоби захисту людей від хімічно-небезпечних речовин 43

2.4 Порядок дій при виникненні хімічної небезпеки 50

3 РОЗРОБКА МОДЕЛІ ХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ТЕРИТОРІЙ 53

3.1 Методика оцінки хімічного забруднення територій та викиду хімічних речовин 53

3.2 Опис платформи, яка використовувалась для розробки моделі хімічного забруднення територій 65

3.3 Функціональні можливості розробленої моделі хімічного забруднення територій 66

ВИСНОВОК 75

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ 76

					ДРЦВБ.22456.22.01.01 ПЗ		
Зм.	*Арк.*	*№докум.*	*Підпис*	*Дата*			
Виконав		Войтюк В.М.			Розробка моделі оцінки хімічного забруднення територій	*Літера*	*Аркуш*	*Аркушів*
Перевір.		Соколан Ю.С.				н	4	75
Н.контр.		Паршенко К.А.				гр. ЦВБм – 22 – 1		
Затв.		Калда Г.С.						

ВСТУП

В сучасному промисловому суспільстві широкого застосування набули хімічні речовини як елементи, розчини, емульсії, суміші та сполуки. В більшості навчальних закладах, університетах, школах також використовуються хімічні речовини для навчання дітей та підлітків правильному поводженню з ними. Однак більшість хімічних речовин не можна змішувати або допускати їх контакт з іншими речовинами, оскільки в результаті такого контакту можуть утворитись побічні продукти, які матимуть вибухові, канцерогенні, токсичні продукти. Задля уникнення нещасних випадків та катастроф необхідно підтримувати достатній рівень хімічної безпеки.

В Україні наявна велика кількість підприємств, які в тому чи іншому вигляді використовують небезпечні або потенційно небезпечні хімічні речовини. Задля підтримання належного стану хімічної безпеки на таких підприємствах дуже важливим є дотримання основних правил поводження із хімічними речовинами. Але, навіть у випадку дотримання всіх правил немає стовідсоткової впевненості у тому, що не відбудеться розливу хімічно небезпечної речовини хоча б по причині постійного бомбардування території України з лютого 2022 року.

Окрім можливого зараження територій в результаті виливу небезпечних хімічних речовин кожного дня протягом останніх двох років в Україні існує загроза використання хімічної зброї з боку армії ворога.

Таким чином, **актуальною є задача** вдосконалення та пришвидшення проведення оцінки хімічної обстановки та зараження території небезпечними хімічними речовинами із застосуванням інформаційних технологій.

Мета і завдання дослідження полягають у розробці моделі хімічного забруднення територій із застосуванням інформаційних технологій з метою подальшого швидкого проведення хімічної обстановки у випадку виникнення аварій або застосування хімічної зброї.

Об'єктом дослідження є небезпечні хімічні речовини та методика оцінки наслідків їх розливу (викиду) у випадку виникнення аварій або застосування хімічної зброї.

Предметом дослідження є розробка моделі хімічного забруднення території.

Наукова новизна полягає у використанні інформаційних графічних технологій в режимі реального часу з метою проведення оцінки наслідків хімічної катастрофи.

Одержані результати дипломної роботи:

— проаналізовано законодавчу та нормативно-правову базу із забезпечення належного стану хімічної безпеки на підприємствах та населення в цілому;

— виокремлено найбільш оптимальні засоби індивідуального захисту для цивільного населення у разі настання хімічної катастрофи;

— розроблено програмний модуль для проведення оцінки хімічної обстановки у випадку аварій;

— оптимізовано роботу програмного модуля таким чином, що він не потребує доступу до інших сторонніх ресурсів, наприклад, до мережі інтернет;

— проведено розрахунок наслідків хімічної катастрофи.

Результати дипломної роботи з практичної точки зору можуть використовуватись підрозділами цивільного захисту населення для миттєвої оцінки масштабів хімічної катастрофи. Також практичне застосування програмного модулю можливе на підприємствах, які використовують в своїй діяльності небезпечні хімічні речовини для прогнозування потенційного хімічного забруднення території.

1 АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК ВІД ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН

1.1 Види існуючих хімічно-небезпечних речовин та шляхи нейтралізації їх витоків

Токсичність – це здатність речовини викликати різноманітні патологічні зміни в організмі людини. Основними шляхами, якими небезпечні хімічні речовини (НХР) потрапляють до організму це: пероральний, мікстний, інгаляційний та шкірно-резорбтивний [15].

Класифікуються НХР за різними ознаками. У випадку потрапляння в організм людини інгаляційним та пероральним шляхом за ступенем дії на організм НХР поділяються на чотири класи (табл. 1.1), а за ступенем токсичності – на шість груп, які наведені в табл. 1.2.

При цьому, характеристикою НХР за ступенем дії на організм людини є середня смертельна доза (LC_{50}), яка означає дозу, що призводить до загибелі близько 50% тварин або людей протягом 2-4 годин інгаляції НХР [26]. Як видно з табл. 1.2, у випадку класифікації за ступенем токсичності пороговим значенням виступає гранично-допустима концентрація (ГДК), тобто така концентрація, при якій симптоми отруєння ще не наступають. По своїй суті ця характеристика регламентує максимально допустимий ступінь зараження НХР повітря робочої зони і визначена, як максимально допустима концентрація протягом 8-годинного робочого дня.

Таблиця 1.1 – Клас небезпеки за ступенем дії на організм

Клас небезпеки	LC_{50}, мг/м^3	Характеристика класу небезпеки
4	> 50001	Мало небезпечні
3	5001-50000	Помірно небезпечні
2	501-5000	Високо небезпечні
1	< 500	Надзвичайно небезепечні

Таблиця 1.2 – Класифікація НХР за ступенем токсичності

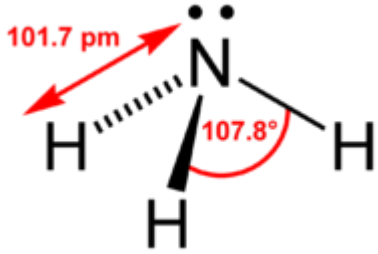
ГДК у повітрі робочої зони, мг/м^3	Клас токсичності	Середні смертельні показники	
		Доза в разі внутрішнього надходження	Концентрація, мг/л
-	Практично не токсичні	> 15000	> 160
> 10	Мало токсичні	5001-15000	81-160
1.1-10	Помірно токсичні	501-5000	21-80
1.1-10	Сильно токсичні	51-500	6-20
0.1-1	Високо токсичні	1-50	1.5
< 0.1	Надзвичайно токсичні	< 1	< 1

Відзначається, що існує більше 44 тисяч НХР різної дії та типу. Але за ступенем небезпечності перші десять позицій займають наступні НХР (від останнього до першого місця).

Аміак. Клас небезпеки – 4, формула аміаку – NH_3 (рис. 1.1, а). Представляє собою безбарвний газ із різким запахом, схожим на нашатир, легший за повітря, при цьому у поєднанні із повітрям утворює вибухонебезпечні суміші. Горить за наявності джерела вогню, температура самозаймання становить 651 °С. При зберіганні у закритій ємності утворюються вибухонебезпечні суміші аміачного пару із повітрям.

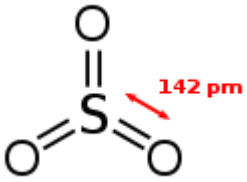
Основними небезпеками виробництва аміаку є:

- транспортування аміаку магістральними трубопроводами;
- очищення конвертованого газу;
- синтез аміаку;
- компресування азотоводневої суміші;
- конверсія метану та отримання водню.

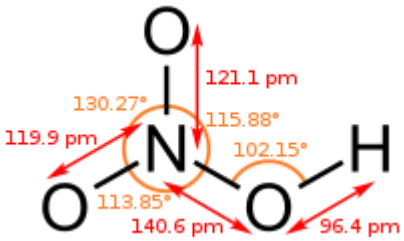


а)

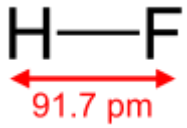
б)



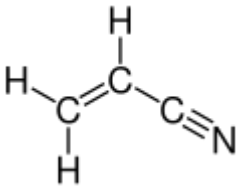
в)



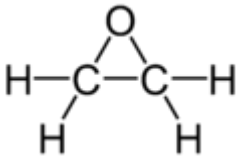
г)



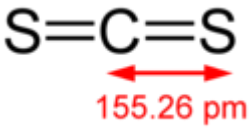
д)



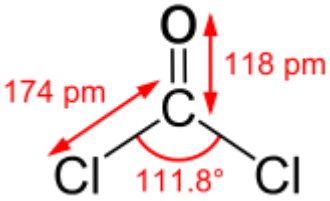
е)



є)



ж)



з)

и)

Рисунок 1.1 – Хімічні формули деяких небезпечних хімічних речовин: а – аміак; б – синильна кислота; в – сірчаний ангідрид; г – азотна кислота; д –фтористий водень; е – акрилонітрил; є – оксид етилену; ж – сірковуглець; з – фосген; и – хлор

Аміак є небезпечним газом під час вдихання, при вдиханні високих концентрацій можливе настання летального випадку. Може викликати удушення

та сильний кашель, в той час як пари сильно подразнюють покриви шкіри та слизові оболонки. При прямому контакті шкіри людини із аміаком він викликає обмороження, а під час виливання у водоймища викликає їх забруднення. Симптомами отруєння аміаком є порушення частоти пульсу, кашель, нежить, свербіння та почервоніння шкіри, подразнення в горлі, сльозотеча та різь в очах.

При концентраціях, які попадають у межі 40-80 мг/м^3, у людини спостерігається різке подразнення дихальних шляхів та очей, а також головний біль. Смертельними вважаються концентрації аміаку 1500-2700 мг/м^3 за умови тривалості дії протягом 0,5-1 години.

Не дивлячись на токсичні властивості аміаку, уникнути його використання у багатьох видах промисловостей практично неможливо. Це основний продукт для отримання великої кількості азотовмісних речовин, які, в свою чергу, використовуються в побуті, сільському господарстві та промисловості. Саме тому світове виробництво аміаку сягає десятків мільйонів тон на рік.

У випадку виникнення аварії, яка пов’язана із витоком аміаку, першочергово необхідно провести ізоляцію небезпечної зони в радіусі 600 м та евакуювати звідти людей. Нейтралізація аміаку проводиться 10%-м розчином сульфатної або хлоридної кислоти або ж 2%-м розчином амонію сульфату. Тобто, у випадку витоку 1т аміаку для його нейтралізації необхідно 20-30 т розчину сульфатної кислоти.

Синильна кислота. Шифрується як АС, хімічна формула – NCH (рис. 1.1, б), клас небезпеки – 2. Ця кислота – це прозора, безкольорова рухлива рідина із характерним запахом, який схожий на мигдаль. ГДК в атмосфері становить 0,3 мг/м^3. Синильна кислота є леткою та низько киплячою рідиною, розчинення якої у воді необмежено. Оскільки пари синильної кислоти важчі за повітря, то її пари накопичуються в основному в підвалах, низинних місцях та тунелях.

В першу чергу синильна кислота діє на легені. Вона є надзвичайно токсичною і швидкодіючою отруйною речовиною. При концентрації близько 0,01 мг/м^3 вплив на організм людини відсутній, але ситуація змінюється при

збільшенні концентрації до 0,06-0,07 мг/м^3. При таких значеннях у людини настає миттєва смерть.

Отруєння організму може відбуватись як під час потрапляння через кров, рани і порізи, так і під час вдихання. Симптомами отруєння є гіркота в роті, головний біль, подразнення слизової оболонки очей, блювота, подразнення дихальних шляхів і очей, розширення зіниць, втрати свідомості, задишка, нудота, судоми, порушене серцебиття.

До виникнення основних симптом отруєння синильною кислотою приводять концентрації 50-60 мг/м^3. Середня смертельна концентрація становить 220 мг/м^3 впродовж 5 хвилин або 130 мг/м^3 протягом 960 хвилин, в той час як уражаюча концентрація становить 200 мг/м^3, а смертельна концентрація – 1500 мг/м^3.

У випадку виникнення аварії необхідно провести ізоляції ділянки у радіусі 500 м, при виведенні людей бажано триматись навітряного боку та категорично заборонено палити. Нейтралізація проводиться лужними речовинами, 10%-м розчином гіпохлориту кальцію, водою, залізним купоросом. Після виливу як ліквідацію наслідків необхідно провести утилізацію забрудненого поверхневого шару ґрунту.

Сірчаний ангідрид, також відомий як триоксид сірки (рис. 1.1, в). За звичайних умов представляє собою безбарвну рухливу рідину, яка має стійкий специфічний запах. Він може спричиняти серйозні отруєння та ушкодження шлункового тракту, а також опіки шлунково-кишкового тракту. Крім цього йому характерне сильне подразнення дихальних шляхів та їх хімічні опіки. Першими симптомами отруєння є кашель, першіння в горлі, ускладнення дихання після чого наступає набряк легень [32].

Азотна кислота. Клас небезпеки – 2, формула HNO_3 (рис. 1.1, г). Важча за воду безкольорова рідина із низькою температурою кипіння. Сама по собі рідина не горюча, але здатна викликати самозаймання матеріалів під час контакту з ними. Основними небезпеками виробництва азотної кислоти є:

– вибух або загоряння від контакту із органічними речовинами;

– утворення вибухонебезпечних сумішей;

– накопичення та утворення нітратних солей;

– загазованість територій та виробничих приміщень;

– вибух під час змішування;

– загоряння знежиреної апаратури та замасленої поверхні.

Ця кислота небезпечна під час вдихання в аерозольному стані, потрапляння на слизову оболонку та шкіру, а також проковтування. Симптомами ураження є сухий кашель, дертя в горлі, задишка, важке дихання, охриплість голосу, опіки губ, слизової ротової порожнини, шкіри підборіддя, шлунку, стравоходу, подразнення слизових очей і носа, болісна блювотина з кров'ю.

У разі виникнення аварії із азотною кислотою необхідно вивести людей із небезпечної зони та триматись навітряної сторони. Оскільки азотна кислота в 2,2 рази важча за повітря, вона накопичується і низьких територіях, тому при евакуації варто никати низьких ділянок місцевості. Ізоляція небезпечної зони проводиться в радіусі 800 м від епіцентру аварії.

Нейтралізація впливу розлитої азотної кислоти проводиться вапном, каустичною содою, подрібненим вапняком, содовим порошком та іншими лужними сумішами. При цьому особливої уваги слід приділити тому, щоб речовина не потрапила у каналізацію та водойми.

Фтористий водень. Хімічна формула – HF (рис. 1.1, д), клас небезпеки – 2. Представляє собою безбарвний газ або рідину із різким запахом, яка за густиною ближче до повітря. Він необмежено розчиняється у воді, інтенсивно реагує з багатьма силікатними матеріалами, а також із кварцом, склом, піском.

Фтористий водень проникає глибоко в шкіру і розчиняє білки. Запах цієї речовини людський організм здатен сприймати при концентраціях 0,03 мг/м^3, при цьому подразнююча дія починається із концентрацій у 8 мг/м^3. При концентрації в 50 мг/м^3 у людини виникає сльозотечія, нежить, подразнення слизових оболонок, в деяких випадках блювота. При потраплянні на шкіру ця речовина викликає виразки та пухирцеві дерматити.

Високі концентрації цієї речовини, які становлять близько 1500 мг/м^3, призводять до спазмів органів дихання, а при впливі протягом 5 хвилин або більше, речовина викликає смерть.

Ізоляції небезпечної зони при аваріях із цією речовиною відбувається на відстані до 500 м від місця розливу. Суворо заборонено торкатись до розлитої речовини. При цьому при аварії зона евакуації населення становить 2 км.

Нейтралізують фтористий водень наступними розчинами:

- 10 %-м водним розчином кальцинованої соди;
- 10 %-м водним розчином гашеного вапна;
- 10 %-м водним розчином аміаку;
- вапняним молоком.

Нітрил акрилової кислоти або *акрилонітрил.* Хімічна формула (рис. 1.1, е) – C_3H_3N. Отруйна безбарвна рідина із слабким запахом. Представляє собою НХР із групи подразнюючих, який легко всмоктується через шкіру, навіть якщо в ній немає пошкоджень. Токсична дія акрилонітрилу схожу на дію ціанідів.

Запах акрилонітрилу людина здатна відчути при його концентраціях 0,008-0,04 мг/м^3. У випадку його вдихання в концентрації 0,3-0,5 мг/л протягом 5-10 хвилин часу, у людини виникає печіння верхніх дихальних шляхів, слизових оболонок та сльозотеча. При впливі 0,035-0,22 мг/л акрилонітрилу протягом 20-45 хвилин у людини з’являються відчуття страху, збудження, свербіння шкіри, ниття у грудях та тупий головний біль.

Симптомами гострого отруєння акрилонітрилом є [3]:

- блювання;
- нудота;
- слабкість;
- пронос;
- пітливість;
- головний біль.

У важких випадках виникають судоми, сильна задишка, втрата свідомості, тахікардія, зниження температури тіла та ціаноз (рис. 1.2).

Оксид етилену. Хімічна формула – C_2H_4O (рис. 1.1, є). Клас небезпеки – 2. За кімнатної температури представляє собою газ із слабким солодкуватим запахом. Скупчення відбувається в низинних місцях, тунелях, підвалах.

При потраплянні в людський організм оксид етилену впливає на протоплазму, в результаті чого виникає денатурація білка. При впливі на людський організм має наркотичну, сенсибілізуючу та подразнювальні дії. Уражальний ефект оксиду етилену може проявлятись лише через 72 години після самого отруєння.

Рисунок 1.2- Ціаноз як один із симптомів отруєння акрилонітрилу

При викиді оксиду етилену небезпечна зона ізолюється в радіусі 400 м, з неї евакують людей, при цьому їм рекомендується триматись навітряної сторони.

Сірковуглець. Хімічна формула (рис. 1.1, ж) – CS_2. Клас небезпеки – 2. Безкольорова рідина, якій притаманний запах хлороформу, яка жовтіє на повітрі і важча за воду. Має нейротоксичні та психотропні властивості і подразнювальну дію. Під час отруєння сірковуглецем у людей спостерігається втрата свідомості, судоми, запаморочення, головний біль. При цьому непритомний стан може різко змінюватись рухомим та психічним збудженням. У разі перорального отруєння спостерігається болі в животі, блювота та нудота. Контакт із шкірою викликає хімічні опіки та гіпермію.

Сікровуглець людина за запахом здатна відчути при його концентраціях від 0,08 мг/м^3. При впливі концентрації у 1500 мг/м^3 протягом 30 хвилин у людини виникає запаморочення, головний біль та нудота. Концентрація у 5000-10000 мг/м^3 викликає глибокий наркоз після знепритомлення. Смертельна концентрація для людей становить 12400 мг/м^3 у випадку її дії протягом 30 хвилин.

При аварії евакуація працівників відбувається з навітряної сторони, а ізоляція місця аварії проводиться в радіусі 200 м. Нейтралізація сірковуглекю відбувається 10 %-м розчином гіпохлориту. Місце розливу необхідно промити великою кількістю води, провести його ізоляцію піском або механічною піною.

Фосген. Хімічна формула (рис. 1.1, з) – $COCl_2$. Клас небезпеки – 2. За звичайних умов фосген – це безбарвний газ із запахом гнилих фруктів або прілого сіна. Розчинність у воді недостатня. Має задушливу дію, при чому отруйною речовина являється тільки у випадку вдихання людиною її парів.

Перші яскраві ознаки отруєння фосгеном можуть з'являтись після закінчення прихованого періоду, який складає від 4 до 8 годин. Для людини небезпечною концентрацією є 0,005 мг/л, а смертельна (у випадку 30 хвилинної дії) – від 0,1 до 0,3 мг/л. Смертельною є концентрація у 5 мг/л, після впливу якої смерть настає за декілька секунд.

На відміну від більшості НХР, фосгену властивий кумулятивний ефект, при якому безпечні концентрації залишаються в організмі, а їх збільшення із часом при переході через поріг небезпечності може з часом привести до виникнення ускладнень, в тому числі і до смертельного результату.

Отруєнню середньої та легкої важкості характерне протікання, яке схоже на токсичний бронхіт, а в більш важких випадках ця НХР викликає нервово-психічні розлади. Повторні гострі отруєння можуть викликати плеврит, хронічний бронхіт, астенію, пневмонію, при подальшому впливі на оргіназм – абсцес, гангрену легень, бронхоектаз.

Поріг відчуття на запах становить 4,4 мг/м^3. При впливі протягом 10 хвилин концентрації у 5 мг/м^3 вважається мінімально небезпечною. Смерть настає у

випадку вдихання 100 мг/м^3 протягом 1 години, 300 мг/м^3 протягом 15 хвилин, 400 мг/м^3 – протягом 5 хвилин, 5000 мг/м^3 – протягом 2-3 секунд.

Діями під час аварії із фосгеном є ізоляція небезпечної зони в радіусі 500 м. Зона евакуації населення у випадку аварії становить до 25 км.

Хлор. Формула – Cl_2, клас небезпеки – 2. Хлор – це жовтувато-зелений газ із різким задушливим запахом. Виразний запах хлору відчувається при концентраціях 3-6 мг/м^3, при яких вже може відбуватись подразнення слизових оболонок носа та очей. Подразнення носоглотки відбувається при концентрації у 15 мг/м^3, а інтенсивні напади кашлю – при концентрації 90 мг/м^3. Небезпечні концентрації для людини протягом 30-60 хвилин – це 120-180 мг/м^3, летальність результату настає при концентраціях 2500 мг/м^3.

Нейтралізацію хлору при його витіканні проводиться 5 %-м водним розчином їдкого натрію або 5 %-м водним розчином кальцинованої соди. Ізоляція проводиться в радіусі 500 м.

1.2 Історія виникнення хімічної зброї та заборони її використання

Більшість людей помиляється припускаючи, що вперше хімічна зброя була використана у часи Першої світової війни. Насправді найбільш проста та примітивна ХЗ використовувалась ще в період до нашої ери. Тоді отруйні речовини застосовувались у військових конфліктах у вигляді зараження води в містах та річках або ж застосування стріл, змочених зміїною отрутою [33].

Найпершим задокументованим в історії випадком дослідження та збирання мінеральних, рослинних та тваринних отрут на державному рівні сталося у 3000 р. до н. е. зацікавленість першого правителя Стародавнього Єгипту Менеса, який видав указ про збір та використання такої примітивної ХЗ. Саме єгиптяни вперше виявили отруйним та смертельний вплив парі синильної кислоти.

Індійські династії на початку 2000 р. до н.е. використовували дими заколисливої дії. В давньо китайських літописах, які датовані1000 р. до н.е., відмічаються тисячі способів виготовлення подразнювальних та отруйних димів.

Саме в Стародавньому Китаї вперше були винайдені конструкції шрапнелей та рудних бомб.

Міста-держави Стародавньої Греції застосовували отруйні речовини під час Пелопоннеської війни, яка тривала з 431 по 404 р. до н.е. Тоді війська Спарти під час облоги афінського міста Платеї розпалювали під мурами деревину, яка попередньо була просочена сіркою та смолою. В результаті горіння така деревина виділяла отруйний та подразнювальний дим. На даний момент застосування військами Спарти такої деревини та отруйного диму вважається першим зареєстрованим в історії прототипом ХЗ на територіях сучасної Західної цивілізації.

Війська Стародавнього Риму між 82 та 72 роками до н.е. використовували токсичні дими, які мали подразнювальну та засліплювальну дію при потраплянні в організм людини через повітряно-крапельні шляхи. За симптомами отруєння ця ХЗ нагадує дію фосгену.

В свою чергу Монгольські війська близько 1000 року н.е. використовували газові бомби, які були виготовлені із дерев'яного вугілля, смоли, нафти, селітри та отруйної рослини аконіт. Вага таких бомб становила понад 2 кг.

Із настанням епохи Відродження, якій характерний був розвиток артилерійської справи, потреба у розробці хімічної зброї різко зросла. Леонардо да Вінчі пропонував провести модифікацію звичайних гарматних ядр шляхом додавання в них суміші з солей міді, отруйного сульфіду арсену та подрібненої крейди. Саме да Вінчі запропонував першу модель захисної маски, яка конструктивно представляла собою змочену у воді щільну тканину для захисту рота і носа.

Впродовж 1618-1648 років під час Тридцятирічної війни при облозі фортеці використовували смердючі гранати. Такі гранати виготовлялися із перемелених копит, рогів, смоли та асафетидів. У 1672 році при оточенні голландського міста Гронінген війська мюнстерського єпископа Галена використали снаряди отруйної беладони.

Вперше про неможливість використання хімічної зброї заговорили у 1675 році. Тоді між Францією та Священною Римською імперією була підписана Стасбурзька угода про заборону застосування «підступних» знарядь. Ця угода стала першою в історії задокументованою забороною використання токсичних речовин.

У 1854 році коли тривала Кримська війна, барон Лайон Плейфейр, британський хімік, запропонував використати проти Російської імперії снаряди, які містили ціанід какодилу (хімічна формула – CH_3AsCN). Вже в той час командування Британського артилерійського управління розцінило цей метод настільки ж неприйнятним, як і отруєння колодязів ворога під час облоги міста. Окрім пропозиції Плефейера в Кримській війні британці активно використовували інші отруйні речовини, такі як снаряди із діоксидом сірки, аміаком, тощо.

В Сполучених Штатах Америки під час Громадянської війни також були численні пропозиції використати хімічну зброю. Наприклад, пропонувалося використовували отруйний газ при облозі форту Пікенс у 1861 році, або балонів із хлором для оборони фортів. Крім того, під час облоги міста Пітерсбург в штаті Вірджинія у 1864 році генералу Гранту запропонували використати суміш сульфатної та хлоридної кислоти. Проте не дивлячись на численні пропозиції використання ХЗ в Громадянській війни в США, не було зареєстровано жодного факту її використання.

У 1874 році відбулася Брюссельська конференція, членами якої стали представники 14 країн. На цій конференції 27 серпня була затверджена міжнародна декларація щодо засудження ХЗ та заборони її використання при проведенні воєнних дій. Сама декларація не набрала чинності, але стала підґрунтям для проведення мирної конференції у Гаазі в 1899 році. Під час Гаазької конференції делегати із 26 країн підписали домовленість про використання отрут і отруйної зброї у воєнних цілях. Окрема декларація про заборону задушливих речовин також була підписана у Гаазі 25 країнами, окрім Сполучених Штатів Америки.

Перша світова війна отримала неофіційну назву війни хіміків. Протягом всього конфлікту отруйні речовини застосовувались практично під час кожної операції, а спектр отруйних речовин мав найрізноманітнішу дію. Основні отруйні речовини, які застосовувались, були новостворениими, а саме: хлоропікрин (1848), іприт (1822), фосген (1812), хлорціан (1802), синильна кислота (1782) та хлор (1774). Крім цього використовувались акролеїн, бромоацетон, хлороацетон, бензилбромід, етилбромоацетат.

Вперше під час Першої світової війни ХЗ застосувала Франція, яка проти німецьких військ використала гранати із сльозогінним етилбромоацетатом у 1914 році. Тестування ці гранати пройшли ще до початку війни.

Великобританія також проводила дослідження хімічної зброї, спочатку досліджувались сльозогінні речовини, а потів більш токсичні речовини. У травні 1915 року на Вінстону Черчилю представили на розгляд Британському Адміралтейству проєкт, в якому передбачалось використання проти німецьких військ діоксиду сірки, а також димові завіси для проведення військових маневрів та захисний шолом-маску для британської армії. План був відхилений, але в результаті такого розгляду була створена комісія із досліджень застосування димів.

Німеччина під час Першої Світової війни активно проводила дослідження із властивостей НХР, а також постійно оновлювали захисне спорядження для власних військ. Дослідження очолював Фріц Габер, розробник нового методу отримання аміаку. Крім цього методу він запровадив поняття про ступінь летальності речовин, а також встановив математичнузалежність між концентрацією НХР та часом її дії, яке отримало назву правила Габера.

Вперше Німеччина застосувала хімічну зброю у 1914 році у битві при Нев-Шапель. Бойові дії велись із використанням шрапнелей, що містили хлоросульфонат діанізидину та тринітротолуол, які є речовинами поздразнювальної дії. У 1915 році на Російському фронті в битві при Болімові німецькі війська використали гаубичні снаряди із ксилілбромідом. Але бажаного

результату німці не отримали, оскільки ця речовина дієва лише при розпилюванні, але за умови низьких температур вона є малотоксичною.

Вперше під час Першої світової війни хлор був використаний в бельгійському місті Іпр. Під час слабкого вітру балони із хлором не давали бажаного результату, а ось коли вітер став сильним, війська за наказом Габера випустили 168 тон хлору. В результаті по фронту утворилась жовто-зелена стіна диму, висота якої була 15 метрів, а швидкість пересування сягала 30 м/хв. За підрахунками під час тієї атаки від хлору загинуло від 3 до 15 тисяч людей.

З вересня 1915 року війна переросла у гонку хімічних озброєнь. Ще до кінця 1915 року були використані сльозогінний бензилйодид, перхлорометилмеркаптан, фосген, який у 18 разів більш токсичний, ніж хлор, хлороціан та синильна кислота. У 1917 році поблизу Іпру Німеччина вперше використала іприт.

За загальними підрахунками під час Першої Світової Війни від дії газів близько 91 тисяч солдат загинуло, а 1,2 мільйона отримали ушкодження. У 1919 році країни-учасники війни підписали Версальський договір. 171 стаття договору постановляла заборону використання отруйних, задушливих та інших газів.

По закінченню війни більша кількість країн підписала заборону використання НХР у збройних конфліктах. В женеві 17 червні 1925 року в Женеві був підписаний Женевський протокол, який забороняв використання у війні отруйних, задушливих та інших газів. Перші країни, які підписали договір – це СРСР, Ірак, Німеччина та США.

Не дивлячись на підписання Женевського протоколу у 1935 році Італія активно використовувала іпритні бомби у війні проти Ефіопії. З 1937 по 1945 році під час озброєного вторгнення Японії у Китай було проведено 1045 хімічних атак. В ході цих атак використовувались люїзит, іприт, фосген, синильна кислота та інші НХР.

На початок Другої Світової Війни Німеччина стала лідером у накопиченні та розробки нової ХЗ. Вони синтезували синильну кислоту, зарин, хлороціан,

табун. Японія також володіла ХЗ, і за час війни виготовила 8 тисяч тон отрут різного характеру.

Протягом Другої Світової Війни розробка нових отруйних речовин не припинялась. У 1935 році було створено азотний іприт, а також його модифікації, які були взяті на озброєння Великою Британією та США.

По закінченню війни не дивлячись на Женевський протокол, більшість країн продовжила розробляти та використовувати різновиди хімічної зброї під час менш масштабних військових конфліктів. В результаті у 1993 році була підписана Конвенція про заборону виробництва, розробки, накопичення та використання ХЗ, а також про її знищення, яка також отримала назву Конвенції про хімічну зброю. Ця Конвенція стала першої в історії угодою, яка передбачала повну заборону використання ХЗ та знищення зброї масового ураження [33].

Конвенція вступила в дію у 1997 році. Станом на 2015 рік 192 країни світу підписали та ратифікували Конвенцію, а 1 країна (Ізраїль) підписала, але не ратифікувала. На рис. 1.3 зображені країни та їх стан підписання Конвенції.

В тексті Конвенції сформульоване саме поняття хімічної зброї. За Конвенцією ХЗ – це в сукупності або окремо:

– токсичні хімікати ті їх прекурсори, окрім тих випадків, коли вони призначені та використовуються для потреб, які не заборонені Конвенцією, і тільки за тієї умови, що кількість та види відповідають таким цілям;

– пристрої та боєприпаси, які були спеціально розроблені для смертельно ураження або нанесення будь-якої іншої шкоди внаслідок дії токсичних властивостей вказаних у першому пункті токсичних хімікатів, які вивільняються в результаті використання таких пристроїв та боєприпасів;

– будь-яке обладнання, яке було навмисно розроблене для використання при застосуванні пристроїв та боєприпасів, які зазначені у пункті два.

Рисунок 1.3 – Підписання Конвенції про заборону хімічної зброї країнами-світу

В рамках дії Конвенції було започатковано діяльність Організації із заборони ХЗ, про яку більш детально буде описано у розділі 2.1.

1.3 Загальна характеристика та види хімічної зброї

Хімічна зброя (ХЗ) представляє собою один із видів зброї масового ураження. Це можуть бути речовини бойового застосування, якості яких базуються на токсичній дії отруйних речовин на людський організм. Бойові якості ХЗ визначають її специфічні особливості:

– здатність вибірково уражати людей без знищення матеріальних засобів;

– біохімічний характер уражальної дії на живий організм людини;

– здатність проникати в організм людини різними шляхами;

– тривалість збереження уражальної дії на зараженій території;

– труднощі своєчасного виявлення факту застосування отруйних речовин (ОР);

– сильну морально-психологічну дію на людей;

– здатність заражати повітряний простір та територію у районі застосування ХЗ;

– здатність аерозолів, газів, парі проникати з повітрям у споруди.

Бойові властивості хімічної зброї зображені на рис. 1.4 [28].

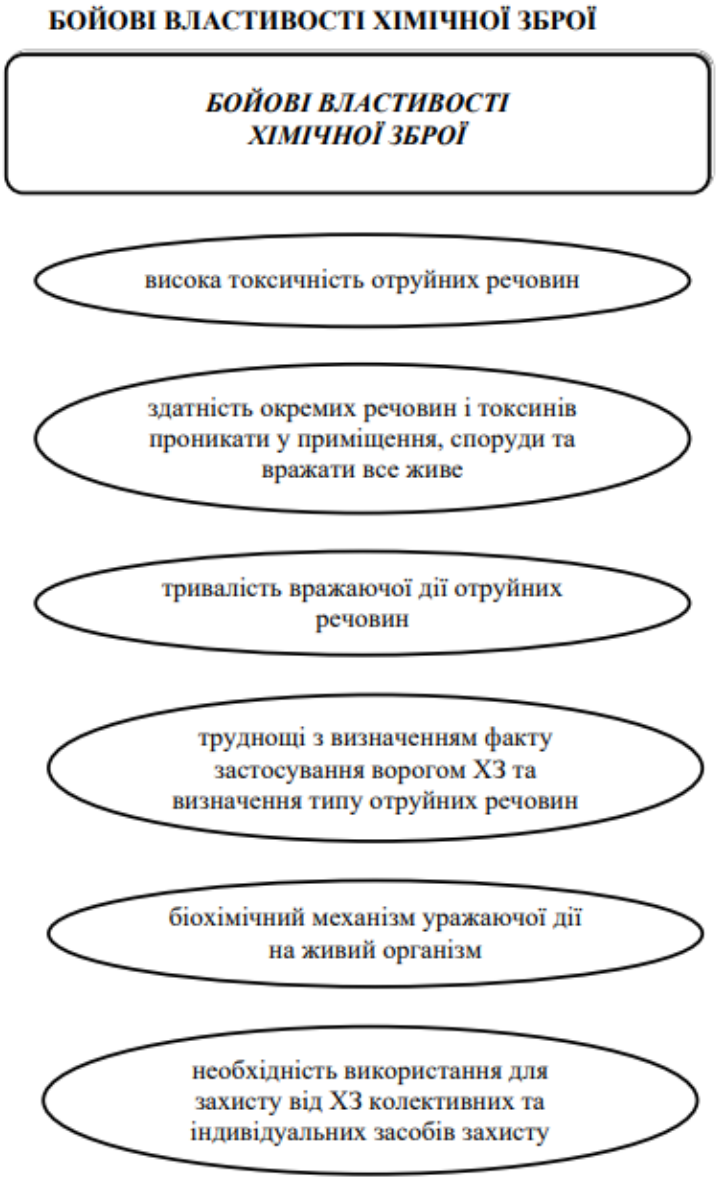


Рисунок 1.4 – Бойові властивості хімічної зброї

Наявність великої кількості ОР, які є представниками різних класів сполук, а також мають різні хімічні, токсичні та фізичні властивості, привела до створення низки класифікацій для бойової хімічної зброї (БХЗ).

Токсикологічна класифікація, тобто класифікація за токсичною дією на організм людини, групує БХЗ за характером дії на організм людини та симптомами уражень. Відповідно до токсикологічної класифікації, БХЗ поділяють на:

– нервово-паралітичної дії (зоман, зарин, V-гази);

– шкіронаривної дії (люїзит, іприт);

– загальноотруйної дії (хлорціан та синильна кислота);

– задушливої дії (фосген);

– подразнювальної дії (адамсит, хлорацетофенон);

– психотоміметичні (діетиламід лізергінової кислоти, Бі-Зет).

За *тактичною* класифікацією БХЗ поділяються за бойовим призначенням на:

– смертельнодіючі, призначені для знищення людей;

– несмертельної дії.

За поведінкою на місцевості в умовах бойового застосування бувають [35]:

– нестійкі – речовини та гази з температурою кипіння до 140 °С;

– стійкі – речовини, які здатні зберігати свою уражальну дію більше однієї години після застосування.

За швидкістю настання уражальної дії:

– сповільненої дії (мають період прихованої дії, який триває більше години);

– швидкодіючі ОР (не мають періоду прихованої дії).

В залежності від *запасів та рівня виробництва*:

– резервні, які не виготовляються, але при цьому розроблена технологія одержання;

– табельні, тобто ті, які перебувають на озброєнні.

Хімічна класифікація ділить ХЗ базуючись на їх належності до певних класів сполук, які залежать від хімічної структури [35].

Зарин відноситься до бойових отруйних речовин (БОР) нервово-паралітичної дії. Він представляє собою летку безбарвну речовину майже без

запаху. Дія зарину розвивається швидко, у речовини немає прихованого періоду дії. У випадку впливу смертельних доз у потерпілого спостерігаються наступні симптоми: блювання, виділення слини, звуження зіниць, утруднення дихання, напади сильних судом, параліч, втрата свідомості, порушення координації рухів та смерть.

Хімічна формула зарину зображена на рис. 1.5, а. За умови середніх метеорологічних умов пари зарину можуть поширюватись від місця застосування на відстань до 20 км.

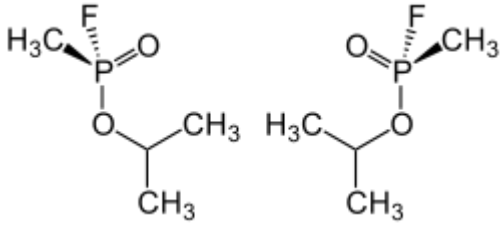
Зоман (рис. 1.5, б) – це рідина без кольору та майже без запаху, яка подібна до зарину, але при цьому більш токсична (приблизна в 5-10 разів). Основна відмінність зоману від зарину в тому, що він заражає місцевість на більш тривалі терміни.

Іприт (рис. 1.5, в) відноситься до БОР шкіронаривної дії та виглядає як світло-жовта речовина із слабким запахом. Він уражує очі та шкіру, легені і дихальні шляхи. Якщо використовується в аерозольному, пароподібному або краплинно-рідинному стані, то спричиняє не тільки ураження шкіри, але й загальне отруєння серцево-судинної та нервової системи.

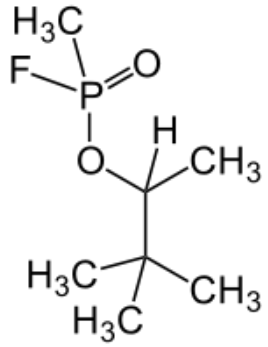
Відноситься до речовин, які мають період прихованої дії. Через 2-6 годин після впливу іприту, ураження шкіри починається з почервоніння. Через 24 години на цьому місця з’являються дрібні пухирці, всередині яких знаходиться жовта прозора рідина. Такі пухирці лопаються через 2-3 доби, на шкіри утворюються виразки, які не можуть загоїтись протягом 20-30 діб. Якщо іприт використовувався як аерозоль, у важких випадках у людини розвивається запалення легень, а смерть настає на 3-4 добу.

Люїзит (рис. 1.5, г) достатньо стійкий у навколишньому середовищі, влітку здатен зберігати токсичні властивості протягом 4-12 годин, а взимку протягом декількох діб. Температура замерзання становить -45 °С, тобто такий БОР майже не має кліматичних обмежень у застосуванні. Пари люїзиту важчі, ніж повітря, тому окрім шкірних уражень, він здатен уражати органи дихання. Люїзит

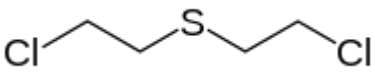
розчинається у жирах, мастилах, органічних розчинниках, а також всмоктується в пористі матеріали, гуму, лакофарбові покриття.



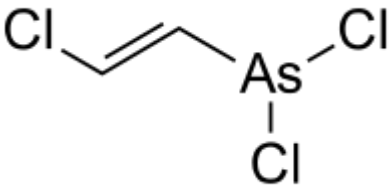
а)



б)

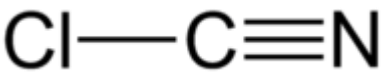


в)

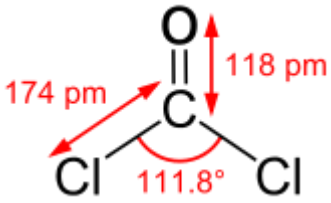


г)

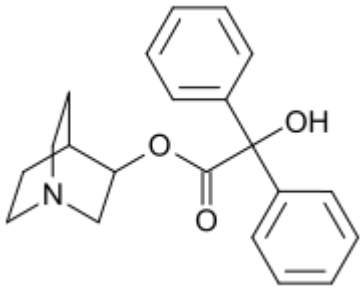
д)



е)



є)



ж)

Рисунок 1.5 – Формули деяких бойових отруйних речовин

а – зарин; б – зоман; в – іприт; г – люїзит; д – синильна кислота; е – хлорціан; є – фосген; ж – хінуклідил-3-бензилат

Оскільки люїзит погано розчиняється у воді, а також у водному середовищі легко гідролізується, внаслідок чого утворюється не менш токсична речовина

(хлорвініларсеноксид), то отруєння водоймищ люїзитом буде заражувати їх на тривалий час.

В організм людини люїзит проникає через слизові оболонки, шкіру, шлунково-кишковий тракт, органи дихання, поверхні ран та опіків. У цієї БОР прихований період майже відсутній, тобто він відноситься до БОР швидкої дії, а ознаки ураження організму проявляються вже через 3−5 хв після отруєння.

Синильна кислота (рис. 1.5, д) швидко випаровується на відкритій місцевості, протягом 10-15 хвилин, а також не діє на тканини та метали. Її можуть використовувати у хімічних авіаційних бомбах великого калібру [35]. Вплив синильної кислоти на організм можливий лише за умови вдихання зараженого повітря, в результаті чого уражається центральна нервова та кровоносна системи. Під час вдихання цієї БОР у роті з’являється металевий присмак, наряду із слабкістю, подразненням горла, запамороченням, відчуттям страху. У випадку тяжкого отруєння у постраждалого посилюються вищезазначені симптоми, крім того сповільнюється пульс, з'являється болісна задишка, сильні судоми, настає втрата свідомості, розширюються зіниці.

Хлорціан (рис. 1.5, е) – це швидкодіюча ОР, яка стійка до води, якісно сорбується пористими матеріалами. Ураження організму хлорціаном відбувається через органи дихання, в результаті чого у постраждалого з’являється подразнення очей, неприємний металевий присмак у роті, дряпання в горлі, відчуття гіркоти, слабкість. Ці симптоми переростають у напад судом, після чого настає параліч. Хлорціан спричиняє рожеве забарвлення слизових оболонок і обличчя, а також набряк повік, пекучий біль в очах, кон’юнктивіт.

Фосген (рис. 1.5, є) – нестійка речовина, яка важча за повітря, в результаті чого може потрапляти у щілини різних об'єктів. У випадку використання фосгену в якості заряду і при розриві боєприпасів, утворена хмара зараженого повітря зберігає свою небезпечну дію не більше 15-20 хвилин. На більш щільних територій, типу ярах, лісах, уражальна дія фосгену може тривати 2-3 години.

Вплив на організм людини проявляється в першу чергу в ураженні органів дихання, в результаті чого виникає гострий набряк легень. Після цього

відбувається різке порушення надходження кисню, як наслідок потерпілий помирає. Першими ознаками отруєння фосгеном є загальна слабість, сльозотеча, слабке подразнення очей, запаморочення. Ці ознаки зникають при виході із зараженої території, в результаті чого починається прихований період, який триває 4-5 годин. Після цього стан ураженого різко погіршується, оскільки в легенях розвивалось ураження легеневої тканини. Спостерігається кашель, задишка, підвищення температури тіла до 39 °С, головний біль, ціаноз губ і щік. У випадку присутності високих концентрацій, які становлять більше 40 г/м^3, смерть настає практично миттєво.

Хінуклидил-3-бензилат, або BZ (рис. 1.5, ж) використовується в аерозольному стані. Такою БОР можуть споряджуватись авіаційні хімічні бомби, шашки, касети. BZ уражає організм через шлунково-кишковий тракт або органи дихання. Дія BZ проявляється через 0,5-3 години після вдихання зараженого повітря, після чого впродовж декількох годин уражений відчуває сухість у роті, прискорене серцебиття, хитку ходу, сухість шкіри, сплутаність свідомості, розширення зіниць і затуманений зір, блювання. Невеликі дози спричиняють зниження працездатності та сонливість. Протягом наступних 8 годин настає заціпеніння, в результаті чого особа перебуває в одній й тій самій застиглій позі і втрачає здатність реагувати на зовнішні подразники.

На третьому етапі дії BZ настає навпаки, період збудження, який триває приблизно 4 доби. Особа в такому випадку стає метушливою, посилюється її активність, балакучість, з’являється хаотичність дій, утруднення у сприйнятті подій.

2 ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ ВІД ВПЛИВУ ХІМІЧНО-НЕБЕЗПЕЧНИХ РЕЧОВИН

2.1 Законодавча та нормативно-правова база захисту населення від впливу хімічно-небезпечних речовин

На міжнародному рівні діє Конвенція про заборону хімічної зброї, в рамках якої була створена Організація із заборони хімічної зброї (ОЗХЗ). ОЗХЗ (рис. 2.1) – це установа, яка проводить контроль над процесом знищення ХЗ, в тому числі тої зброї, що знаходиться у покинутих сховищах, та виробничих потужностей із виготовлення ХЗ. У діяльність ОЗХЗ входить відстежування неучасті хімічних підприємств та державних установ у забороненій Конвенцією діяльності, надає допомогу країнам-учасникам Конвенції, а також країнам, що стали жертвами хімічного нападу, сприяє розвитку економічного та технічного потенціалу цих країн, а також слідкує за торгівлею потенційно небезпечними речовинами [33].

Рисунок 2.1 – Штаб-квартира Організації із заборони хімічної зброї в Гаазі

ОЗХЗ має три основні органи:

- Технічний секретаріат;
- Виконавча рада;
- Конференція держав-учасників.

Головним органом ОЗХЗ є Конференція держав-учасників. До її складу входять всі члени ОЗХЗ. Збори проходять щонайменше один раз на рік. На цих зборах розглядаються питання в межах дії Конвенцію про заборону ХЗ [24]. Конференція здійснює нагляд за дотриманням Конвенції, наряду із вжиттям заходів щодо сприяння реалізації її цілей та предмету, а також дотримання таких цілей. Раз на п’ять років Конференція збирається для розгляду дії Конвенції на спеціальну сесію.

Виконавчим органом ОЗХЗ є Виконавча рада. На щорічних зборах Конференції подається звіт про діяльність Виконавчої ради. Вона діє у відповідності із рішеннями Конференції та забезпечує виконання таких дій. Завданнями Виконавчої ради є сприяння дотримання та реалізації Конвенції, а також нагляд за діяльністю Технічного секретаріату.

Технічний секретаріат в свою чергу допомагає Виконавчій раді та Конференції у виконанні їх функцій. Він здійснює заходи перевірки дотримання Конвенції, систематизує та отримує щорічні та первинні дані держав-учасниць. До таких даних відносяться інформація про існуючі запаси ХЗ, про колишні об’єкти виробництва ХЗ, тощо.

Однією із головних сфер діяльності Технічного секретаріату є ведення інспекцій, а саме планування, підготовка та аналіз результатів проведених інспекцій. Більша частина інспекційної діяльності здійснюється на об’єктах, які пов’язані із ХЗ. В період знищення хімічної зброї на об’єктах їх знищення (ОЗХО) повинна бути постійна присутність інспекторів.

Конвенція передбачає можливість проведення таких інспекцій за запитом. В такому випадку інспекція може проводитись у будь-якій державі-учасниці за попереднім запитом іншої держави-учасниці, при чому без права відмови. В такому випадку держава зобов’язана надавати повний доступ в межах запиту з метою встановлення фактів, які можуть мати або мають відношення до занепокоєння іншої держави-учасниці щодо можливого недотримання умов Конвенції. Але жодного разу за роки існування Конвенція жодна із держав не проводила такі запити.

У разі загрози або встановлення факту застосування ХЗ, Конвенція передбачає допомогу та захист державі, проти якої було використано ХЗ. Відповідно до положень, така допомога передбачає надання медичних антидотів та засобів лікування, консультування в питаннях захисту від ХЗ, надання засобів виявлення та систем сигналізації щодо наявності ХЗ, а також дегазаційного та захисного обладнання.

Якщо на міжнародному рівні основою законодавчого захисту населення від ХЗ є Конвекція про заборону ХЗ та діяльність ОЗХЗ, то на державному рівні захист від ХЗ входить в дію Кодексу цивільного захисту (ЦЗ) України. У повноваження центрального органу виконавчої влади, який забезпечує державну політику в сфері цивільного захисту входить повноваження щодо забезпечення формування державної політики в питаннях хімічного та радіаційного захисту, а також встановлення вимог до засобів хімічного та радіаційного захисту населення (стаття 17 Кодексу ЦЗ). Також у сферу діяльності центрального органу входить реалізація державної політики, а також координація та контроль за здійсненням заходів захисту територій та населення в разі надзвичайних ситуацій (НС), які пов’язані із виливом НХР [17].

У повноваження місцевих державних адміністрацій у відповідністю із статей 19 Кодексу ЦЗ входить:

– організація невідкладних та аварійно-рятувальних робіт з ліквідації наслідків НС на території, а також хімічного, медичного, біологічного та радіаційного захисту населення, наряду із інженерним захистом територій від можливих наслідків таких НС;

– завчасне накопичення та підтримання на належному рівні і в стані постійної готовності відповідних засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) для населення, яке проживає у можливих зонах хімічного забруднення.

В основні завдання сил ЦЗ входить, у відповідністю із статтею 22 Кодексу ЦЗ, ліквідація наслідків НС в умовах екстремальних температур, загазованості, задимленості, загрози вибухів, зсувів, затоплень, обвалів, біологічного зараження, радіоактивного та хімічного забруднення.

При цьому обов’язкова евакуація населення проводиться та завчасно планується у разі виникнення аварії з виливом або викидом НХР та радіоактивних речовин. Загальна евакуація населення проводиться для всіх категорій із зон можливого хімічного забруднення.

Хімічний та радіаційний захист територій та населення у відповідності із статтею 35 Кодексу ЦЗ включає:

– виявлення та оцінку хімічної та радіаційної обстановки;

– здійснення та організацію хімічного та дозиметричного контролю;

– використання засобів колективного захисту;

– використання приладів хімічної розвідки, ЗІЗ, хімічного контролю відповідними аварійно-рятувальними службами, спеціалізованими службами ЦЗ та формуваннями ЦЗ;

– надання населенню можливості придбати в необхідній кількості та в особисте користування ЗІЗ, а також приладів хімічного контролю;

– розробку методів, методик спостереження та загальних критеріїв щодо оцінки хімічної обстановки;

– інші засоби хімічного захисту в залежності від ситуації, що склалася на території.

Економічні, організаційні та правові засади в сфері забезпечення управління хімічною продукцією та хімічної безпеки, які спрямовані на запобігання настання хімічної катастрофи, встановлюються відповідним Законом України «Про забезпечення хімічної безпеки та управління хімічною продукцією».

До основних цілей в сфері забезпечення хімічної безпеки належать:

– забезпечення державного керування хімічною продукцією та хімічною безпекою;

– захист здоров’я людини та довкілля під небезпечного впливу хімічних продуктів протягом її повного життєвого циклу;

– унеможливлення імпорту, виробництва, розробки та використання ХЗ;

– запобігання виникненню хімічних інцидентів, які пов’язані із потенційно небезпечною хімічною продукцією;

– відновлення стану навколишнього середовища після хімічного забруднення;

– використання передових практик та досвіду в сферах хімічної безпеки;

– підвищення рівня науково-технічного, наукового, освітнього та інформаційного забезпечення в сфері управління хімічною продукцією та забезпечення хімічної безпеки.

У відповідністю із статтею 22 Закону, основними джерелами загроз хімічній безпеці є [13]:

– здійснення бойових дій на території України;

– наявність хімічних речовин, які розміщені на території України без забезпечення умов належного зберігання;

– наявність ХЗ, яка була затоплена у Чорному морі;

– можливість створення, імпорту або застосування ХЗ;

– відсутність захисту цільових об’єктів від технологічного тероризму та несанкціонованого доступу;

– відсутність використання передових практик та досвіду у сфері відновлення забрудненого хімічними речовинами довкілля та управління небезпечними відходами;

– неналежне управління небезпечними відходами, які можуть утворитись та утворюються при виробництві та/або використанні різнопланової хімічної продукції;

– накопичення НХР, а також заборонених до використання та непридатних агрохімікатів та пестицидів;

– обіг продукції, який містить особливо НХР, отруйні хімічні речовини із порушенням норм законодавства України;

– імпорт, розробка, виробництво та використання нових хімічних речовин, для яких відсутня проведена оцінка ризиків;

– забруднення НХР або хімічною продукцією певних територій;

– порушення вимог інформаційного супроводу хімічної продукції;

– низький рівень обізнаності населення та персоналу хімічних виробництв щодо небезпеки, яку потенційно становлять хімічні речовини;

– використання у різних галузях промисловості технологій, в яких не забезпечено належний рівень хімічної безпеки.

В ДСанПіН 2.2.7.029-99 наведено перелік і гранично-допустимі концентрації (ГДК) для більш ніж 500 видів НХР. У табл. 2.1 наведено витяг із ДСанПіН 2.2.7.029-99, в якому зазначені ГДК для найбільш поширених та розповсюджених НХР [12].

Окрім того, в цьому документі встановлена класифікація НХР за ступенем небезпеки. В табл. 2.2 наведена класифікація основних НХР у відповідності із ДСанПіН 2.2.7.029-99.

Гарантія хімічної безпеки в Україні у відповідністю із [13] забезпечується шляхом здійснення заходів щодо зменшення та мінімізації загроз хімічної безпеки:

– забезпечення епідеміологічного та санітарного благополуччя, наряду із охороною здоров’я населення та охорони праці;

– забезпечення охорони довкілля;

– забезпечення належного стану безпечності хімічної продукції, що надається на ринку, виготовляється або імпортується;

– здійснення моніторингу загроз хімічній безпеці;

– безпечне управління відходами;

– запобігання технологічному тероризму;

– заборона на ринку або обмеження у використання НХР, що становлять не контрольований ризик.

Крім того за Законодавством України регламентована безплатна видача ЗІЗ працівникам хімічних виробництв, яка регламентується НПАОП 24.0-3.01-04. В цих нормах встановлені строки та номенклатура використання спецвзуття, спецодягу та інших ЗІЗ працівникам хімічних виробництв [23].

Таблиця 2.1 – Гранично-допустимі концентрації найбільш поширених НХР [12]

Назва НХР	ГДК у повітрі, мг/м^3		
	населених пунктів		робочої зони
	добова	одноразова	
Хлорпікрин	0,007	0,007	0,7
Хлор	0,03	0,1	1,0
Фосген	-	-	0,5
Формальдегід	0,003	0,0035	0,5
Соляна кислота	0,2	0,2	5,0
Сірковуглець	0,005	0,003	1,0
Сірководень	0,008	0,008	10,0
Сірчаний ангідрид	0,05	0,5	10,0
Окис етилен	0,3	0,3	1,0
Нітрил акрилової кислоти	0,03	-	0,5
Метил хлористий	-	-	20,0
Метил бромистий	-	-	1,0
Метиламін	-	-	1,0
Диметиламін	0,005	0,005	1,0
Ціаністий водень	0,01	-	0,3
Фтористий водень	0,005	0,02	0,5
Хлористий водень	0,01	0,2	5,0
Ацетонціангідрин	0,001	-	0,9
Ацетонітрил	0,002	-	10
Аміак	0,04	0,2	20
Азотна кислота	0,15	0,4	5,0

Вимоги НПАОП 24.0-3.01-04 є обов’язковими для установ, організацій та підприємств в галузі хімічної промисловості, які займаються будівництвом, виготовленням продукції, розробки технології та проєктуванням продукції.

Таблиця 2.2 – Класифікація основних НХР за ступенем небезпеки [12]

НХР	ГДК, мг/м^3	Клас небезпеки
Окис етилену	1	2
Хлороформ	5	3
Хлорсульфанова кислота	1	2
Хлорбензол	50	3
Хлорпікрин	0,7	2
Хлор	1	2
Фурфурол	10	3
Фтористий водень	0,5	2
Оцтова кислота	5	3
Толуол	50	3
Трихлоретилен	10	3
Трихлорсилон	1	2
Сікровуглець	1	2
Сікроводень	10	2
Соляна кислота	5	2
Перхлоретилен	10	3
Перекис водню	1,4	3
Пропілен оксид	1	2
Олеум	1	2
Нітрил акрилової кислоти	0,5	1
Хлористий метил	5	2
Бромистий метил	1	1
Метил акрилат	20	3
Метанол	5	3
Дихлоретан	10	2
Диметиламін	1	2

Продовження таблиці 2.2.

Гідрозингідрат	0,1	1
Бромистий гептил	0,5	3
Бромбензол	3	2
Бром	0,5	2
Хлористий бензол	0,5	1
Бензол	5	2
Ацетоноціангідрид	0,9	2
Оцтовий ангідрид	0,9	2
Сірчаний ангідрид	10	3
Анілін	0,1	2
Азотна кислота	5	2
Аміак	20	3

В нормах зазначаються професії та посади, а також їх кодування у видповідності із ДК 003-95, яким роботодавець повинен на безоплатній основі видати спецвзуття, спецодяг та інші ЗІЗ. В цих нормах зазначається позначення захисних властивостей та навіть марка ЗІЗ в залежності від професії та посади, яку займає працівник. Наприклад, апаратникам підготовки обов'язково повинні видати захисні окуляри ЗН, термін придатності яких до зносу.

Регламентуються не тільки професії та посади, а також і види робіт, для яких необхідно видати працівнику ЗІЗ. При чому для кожного окремого виду робіт видається свій унікальний набір ЗІЗ. В НПАОП регламентовані ЗІЗ для наступних видів робіт:

– виготовлення аміаку;

– перевантаження аміаку;

– виробництво міцної азотної кислоти (у випадку застосування методу концентрування);

– виробництво міцної азотної кислоти (у випадку застосування методу прямого синтезу);

– виробництво особливо чистої та слабкої азотної кислоти;

– виробництво висококоцентрованого олеуму;

– виробництво оцтової кислоти;

– виробництво мурашної кислоти;

– виробництво стеарату кальцію;

– виробництво карбамідоформальдегідних смол;

– концентрація та денітрація відробленої сірчаної кислоти;

– виробництво вуглекислоти;

– виробництво органічних кислот, а саме щавлевої, глутарової, янтарної, адипінової кислот;

– виробництво мінеральних солей;

– виробництво вуглеамонійних солей, натрієвої та калійної селітри;

– виробництво сечовини;

– перевантажування сечовини;

– виробництво рідких мінеральних добрив;

– виробництво аміачної селітри;

– одержання бромистого літію та бромистого натрію;

– одержання хромного заліза, бромного заліза та рідкого брому;

– виробництво бромистих сполук та дибромпропану;

– складування кислот та лугів;

– складування пропілену;

– злив та зберігання рідкого хлору;

– виробництво окису магнію;

– виробництво нітропродуктів;

– виробництво пентаеритриту;

– виробництво амінів;

– виробництво кетонів та спиртів;

– виробництво ацетилену та інш.

2.2 Ознаки отруєння та перша допомога при отруєнні хімічно-небезпечними речовинами

Основні шляхи, якими людина може отруїтись НХР наведені на рис. 2.2.

Рисунок 2.2 – Шляхи ураження небезпечними хімічними речовинами

Хлор. Ознаками отруєння при вдиханні парі хлору є ураження легень, яке супроводжується їх набряком. Під час кашлю киснево-поглинальні альвеоли можуть розірватись, в результаті чого буде виділятись мокрота з кров'ю. В такому випадку існує небезпека смерті від нестачі кисню в організмі людини.

При отруєнні хлором в першу чергу необхідно одягнути на потерпілого протигаз та вивести його на свіже повітря. Заборонено виконувати штучне

дихання, у важких випадках слід застосовувати кисневу інгаляцію. Потерпілому необхідно забезпечити повний спокій та тишу. Для зменшення рівня подразнення рекомендується вдихати пари нашатирного спирту, а також промити ніс, рот та очі 2%-м розчином харчової соди.

На схемі 2.3 узагальнено ознаки фізико-хімічні властивості хлору, а також ознаки отруєння хлором та першу допомогу при отруєнні.

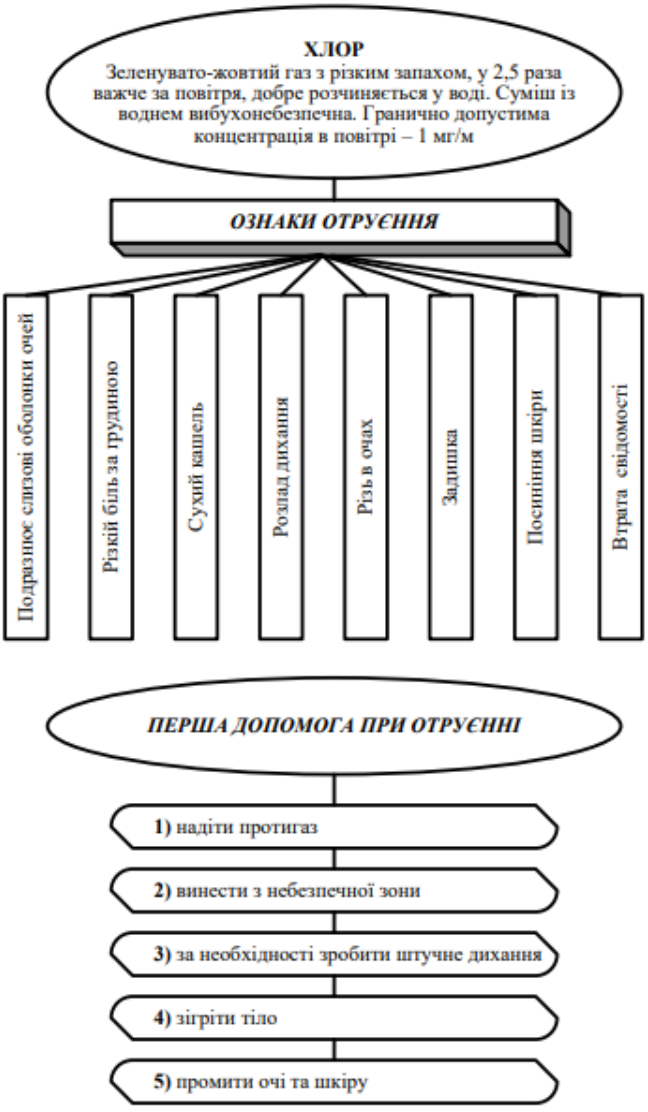


Рисунок 2.3 – Ознаки отруєння та перша допомога при отруєнні хлором

Аміак. Якщо відбувся розлив аміаку в рідкому агрегатному стані, до розлитої речовини не можна торкатись в будь-якому випадку. Ознаками отруєння аміаком є [34]:

– обмороження при контакті з рідким аміаком, можливе виникнення виразок та опіків шкіри з пухирцями;

– порушена частота пульсу;

– підвищене серцебиття;

– задуха;

– кашель;

– нежить;

– важке дихання.

При отруєнні особи аміаком (рис. 2.4) перша допомога складається з наступних кроків [34]:

– вивести потерпілого на свіже повітря, попередньо надягнувши на нього протигаз;

– дати потерпілому подихати зволоженим повітрям (підійдуть теплі водяні пари розчину ментолу в хлороформі);

– дати ураженому суміш теплого молока із харчовою содою;

– надати вільний доступ до кисню;

– при ураженні шкіри необхідно обмити ділянку чистою водою, а також зробити примочки з 5%-го розчину лимонної, соляної або оцтової кислоти;

– при потраплянні в очі для промивання використовується вода або 0,5-1% розчин квасців, також підходить оливкова або вазелінова олія;

– при зупинці дихання необхідно невідкладно провести серцево-легеневу реанімацію;

– при спазмі голосових щілин необхідно забезпечити потерпілого теплом на ділянці шиї, також рекомендується провести інгаляцію.

Метан. При отруєнні метаном обов’язково треба винести ураженого із зони зараження. В потерпілого може статись зупинка дихання. В такому випадку йому необхідно зробити штучне дихання [37].

Чадний газ. Алгоритм дій аналогічний алгоритму дій при отруєнні метаном.

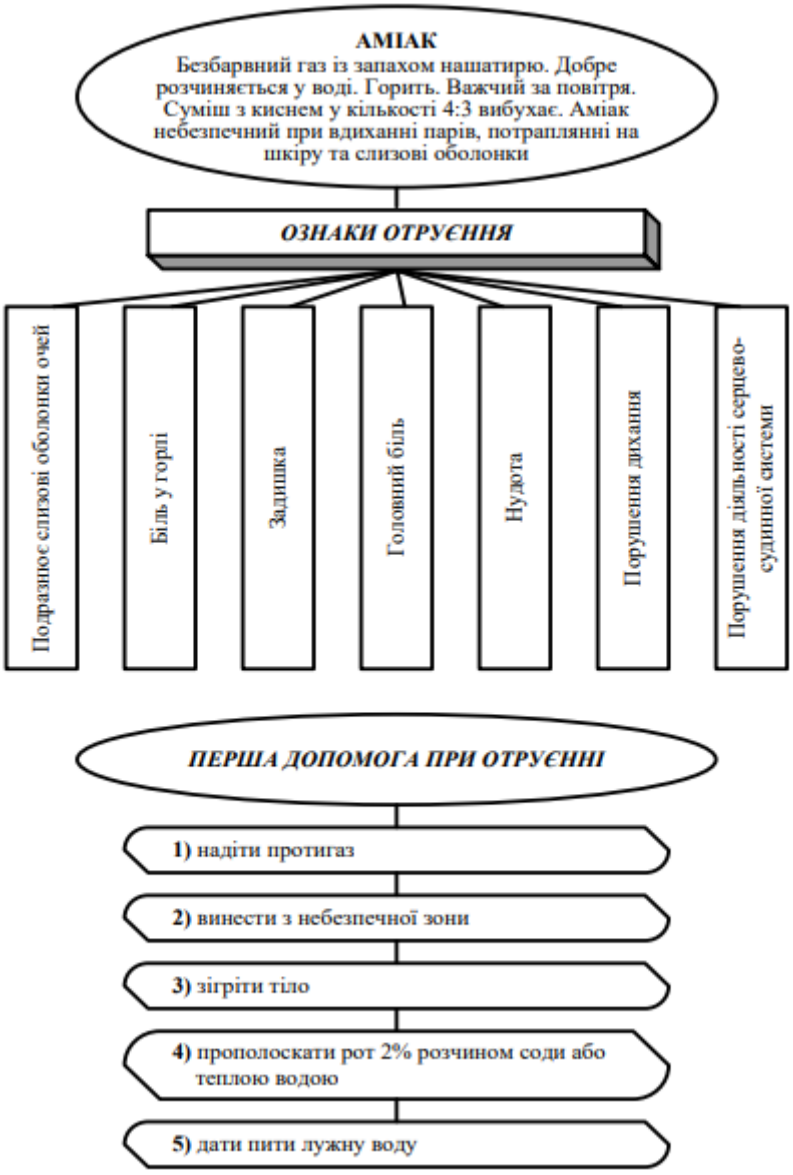


Рисунок 2.4 – Ознаки отруєння та перша допомога при отруєнні аміаком

Фосген. Окрім того, що необхідно винести потерпілого на свіже повітря, також треба промити йому очі тепловою водою та надати вільний доступ до кисню. За потерпілим необхідно спостерігати наступні 48 годин, оскільки отруєння фосгеном може призвести до набряку легень.

Оксиди азоту. З постраждалого на відкритому повітрі необхідно змивати можливо забруднення протягом 15 хвилин як мінімум. Крім того, обов'язково необхідно змінити одяг, та промити очі також протягом не менше 15 хвилин. Обмежувати кількість випитої води недопустимо, необхідно надати потерпілому вільний доступ до води.

2.3 Засоби захисту людей від хімічно-небезпечних речовин

Засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) називаються спеціальні засоби, які використовуються працівником для зменшення або відвертання дії на організм небезпечних та шкідливих факторів, а також при необхідності забезпечення захисту від забруднення. ЗІЗ використовується в тих випадках, коли повна безпека робіт не забезпечується конструкцією устаткування, архітектурно-планувальними рішеннями, організацією виробничих процесів та засобами колективного захисту [14].

Класифікація ЗІЗ наведена на рис. 2.5. За принципом захисту ЗІЗ бувають ізолюючі та фільтруючі. За призначенням вони поділяються на:

– медичні засоби захисту;

– засоби захисту шкіри;

– засоби захисту органів дихання.

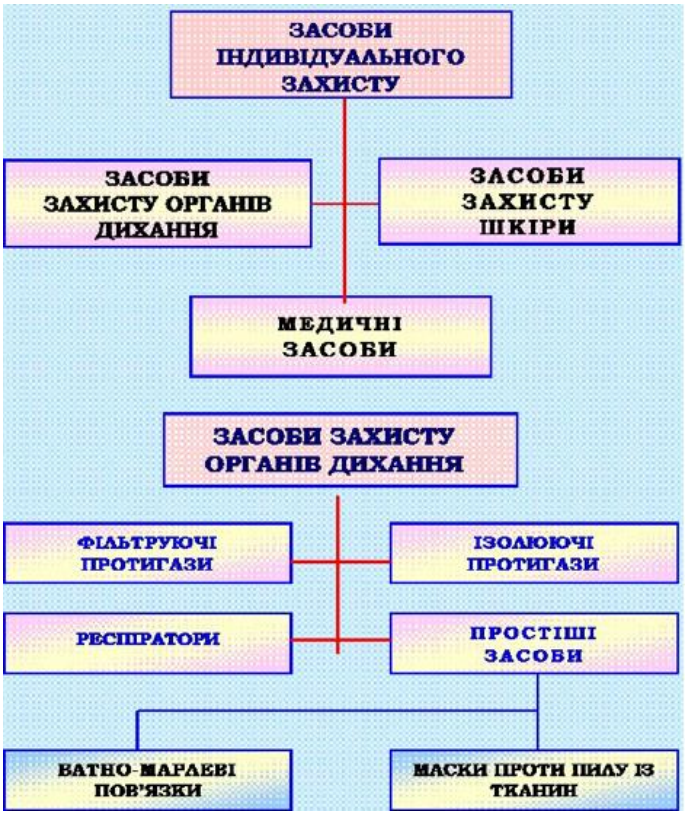


Рисунок 2.5 – Класифікація ЗІЗ

У випадку виникнення хімічної небезпеку в першу чергу необхідно забезпечити працівникам та населенню захист органів дихання, оскільки більшість НХР потрапляє в організм людини саме повітряно-крапельним шляхом.

Для забезпечення належного стану захисту органів дихання, такі ЗІЗ повинні відповідати наступним вимогам [22]:

– забезпечення подачі чистого повітря;

– забезпечення низької опірності дихання;

– підтримувати достатній рівень комфорності;

– швидко та легко збиратись;

– мати низький рівень шуму клапану дихання;

– мати низьку вагу та високий показник міцності, тощо.

Найбільш поширеними засобами індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД) є фільтруючі протигази. Такі протигази поділяються на наступні групи:

1. Цивільні – використовуються населенням та формуваннями цивільного захисту не воєнізованого характеру;

2. Загальновійськові – використовуються Збройними силами України;

3. Промислові – використовуються персоналом шкідливих виробництв.

До цивільних протигазів (рис. 2.6) належать протигази моделей ГП-7, ГП-5 та ГП-7В. Такі протигази використовуються для захисту не тільки органів дихання, але й обличчя та очей працівників, а також біологічних аерозолів та ряду СДОР.

Вибір протигаза працівнику базується в першу чергу на розмірі, оскільки тільки у випадку відповідності розміру буде забезпечено належний рівень захисту. Розмір протигазу визначають шляхом замірів голови за замкнутою лінією (рис. 2.7), яка проходить через підборіддя, маківку та щоки.

Промислові протигази (рис. 2.8) використовуються для захисту працівників від впливу шкідливих речовин. Вони укомплектовані лицьовими частинами від цивільних протигазів. Протигазові коробки спеціалізуються за призначенням,

тобто в залежності від складу хімічних речовин. Таке маркування відрізняється кольором та літерою і маркується наступним чином:

– жовтий або чорний колір, літера Г – захист від парів ртуті;

– червоний колір, літера М – захист від аміаку, оксиду вуглецю, фосфористого та арсенового водню;

– білий колір, літери СО – захист від оксиду вуглецю;

– сірий колір, літери КД – захист від сірководню, аміаку та їх сумішей.

а) б) в)

Рисунок 2.6 – Зразки цивільних протигазів:
а – ГП-7В; б – ГП-7; в – ГП-5

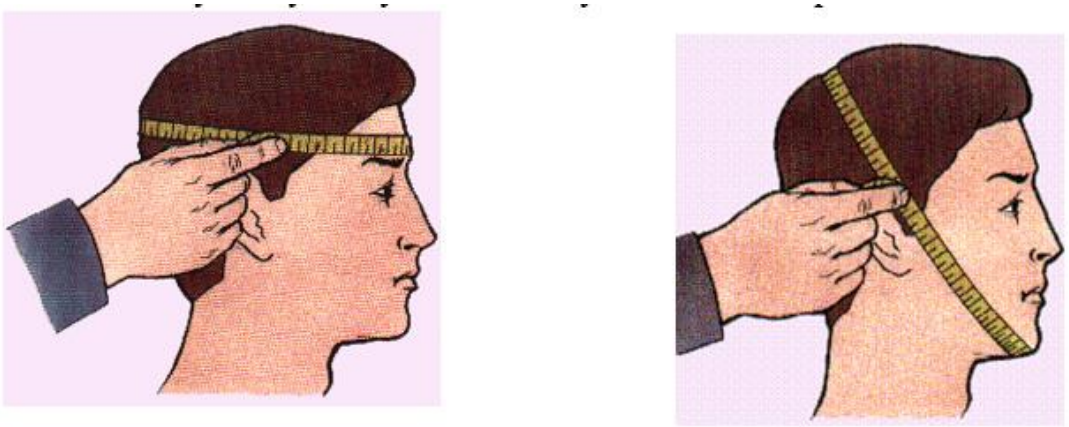


Рисунок 2.7 – Вертикальне та горизонтальне обмірювання голови для підбору ЗІЗОД

Рисунок 2.8 – Промисловий протигаз

В цілому характеристики промислових протигазів наведені у табл. 2.3.

У випадку необхідності забезпечити працівників повним та комплексним захистом шкіри від небезпечних речовин біологічного та хімічного походження рекомендується використовувати комплекти хімічного захисту. Такі комплекти використовуються також при проведенні робіт щодо дегазації, дезактивації та при здійсненні дезінфекційних заходів у приміщеннях.

Такі костюми застосовуються багаторазово, оскільки вони легко піддаються знезараженню. Костюми моделі Л-1 (рис. 2.9) також захищають від парів кислоти, радіації та радіоактивного пилу, але не врятують від опіків та повинні доповнюватись ЗІЗОД.

Легкий захисний костюм Л-1 захищають від [18]:

– суспензій, парів аерозолів;

– негативної дії радіоактивного пилу;

– небезпечних для організму газоподібних, рідких та твердих сполук.

Обов’язкову увагу слід звернути на те, що такий костюм дозволяється використовувати лише у випадку, коли склад небезпечних речовин у повітрі добре відомий.

Таблиця 2.3 – Характеристики різних видів промислових протигазів

Тип коробки	Марка	Захист від СДОР
1	*2*	*3*
Коричнева	А8, А	Пари органічних сполук (тетраетилсвинць, анілін, ефіри, спирти, сірковуглець, ксилол, толуол, бензин, ацегон, бензол, гас)
Коричнева із білою смугою (вертикальною)	А	Ті ж самі СДОР, а також туман, пил та дим
Жовта	В8, В	Кислі пари та гази (фосген, хлористий водень, окисли азоту, синильна кислота, сірководень)
Жовта із білою смугою (вертикальною)	В	Ті ж самі СДОР, а також туман, пил та дим
Чорно-жовта	Г8, Г	Пари ртуті
Чорно-жовта із білою смугою (вертикальною)	Г	Ті ж самі СДОР, а також туман, пил та дим, суміш пару хлору та ртуті
Чорна	Е8, Е	Фосфористий та миш'яковий водень
Чорна із білою смугою (вертикальною)	Е	Ті ж самі СДОР, а також туман, пил та дим
Сіра	КД8, КД	Сірководень, аміак та їх сполуки
Сіра із білою смугою (вертикальною)	КД	Ті ж самі СДОР, а також туман, пил та дим
Червона	М	Аміак, фосфористий та миш'яковий водень, кислі гази, оксиди вуглецю за наявності органічного пару
Червона із білою смугою (вертикальною)	М	Ті ж самі СДОР, а також туман, пил та дим

Продовження таблиці 2.3

1	*2*	*3*
Зелена із білою смугою (вертикальною)	БКФ	пари органічних речовин, ксилі пари і гази, фосфористий та миш'яковий водень, аерозолі
Біла	СО	Оксиди вуглецю

Рисунок 2.9 – Захисний костюм Л-1

Костюм хімічного захисту Л-1 складається із:

– куртки (верхня частина з капюшоном);

– рукавички із прогумованої тканини;

– напівкомбінезону (нижня частина).

Випускається в чотирьох розмірах:

– більше 192 см зросту, розмір взуття 46-48;

– 182-190 см зросту, розмір взуття 44-45;

– 172-180 см зросту, взуття 42-43 розмір;

– до 170 см зросту, взуття 39-41 розміру.

Вага такого костюму складає приблизно 3,3-3,5 кг. Костюм Л-1 виготовляється із спеціального матеріалу УНКЛ-3 та Т-15 тканини. Прогумована оболонка посилює захисні властивості герметичних якостей тканини Т-15. Експлуатація костюму допускається в температурному діапазоні від -40 до +36 °С. Гарантія на зберігання складає 10,5 років. Після кожної експлуатації обов'язковою є обробка дезінфікуючими засобами (до прикладу, хлораміном).

Для захисту шкіри від НХР в зонах виникнення аварії використовуються в основному ЗІЗ ізолюючого типу. До прикладу, комплекти КІХ-4У, КІХ-4Т, КІХ-4 (рис. 2.10).

а) б) в)

Рисунок 2.10 – Комплекти ізолюючого типу захисту шкіри:
а – КІХ-4У; б – КІХ-4Т; в – КІХ-4

Такі комплекти складаються із захисного костюму, бавовняних та гумових рукавичок. У своїй конструкції це захисний герметичний комбінезон з капюшоном, при чому лицьова частина працівника в такому костюмі захищена панорамним склом. Для зняття та надягання костюму використовується лаз на спині. Герметизація цього лазу проводиться шляхом скручування костюмної тканини. Комплекти типу КІХ-4 укомплектовані дихальними системами типу КІП-8 або АСП-2 [4].

Технічні характеристики герметичних костюмів серії КІХ:

– мінімальна кратність застосування – 5;

– максимальний час безперервного виконання робіт при 25°С і нижче – 40 хвилин;

– мінімальна стійкість до відкритого полум'я – 10 секунд;

– мінімальна стійкість до концентрованих мінеральних кислот –60 хвилин;

– мінімальний час захисної дії від газоподібного хлору –60 хвилин;

– гідрид сірки, нітрил акрилової кислоти, паро- та газоподібний ацетонітрил, фтористий водень – 60 хвилин;

– рідкий хлор та аміак – 2 хвилини.

У випадку відсутності у цивільного населення ЗІЗ, можна скористатись такими примітивними побутовими аналогами, як побутові гумові рукавички, звичайні гумові чоботи, тощо. Використання таких ЗІЗ допускається лише за умови повної відсутності будь-яких інших ЗІЗ.

2.4 Порядок дій при виникненні хімічної небезпеки

Катастрофи та аварії на підприємствах, продуктопроводах та транспорті можуть супроводжуватись виливом та/або викидом в атмосферу та на сусідні території НХР, наприклад, фосгену, сірчаного ангідриду, хлору, синильну кислоту, тощо. Факторами небезпеки при розливі або викиді НХР є [34]:

– виникнення сильних руйнувань внаслідок вибуху;

– забруднення навколишнього середовища;

– потенційна небезпека для всього живого.

У випадку загрози виникнення хімічної небезпеки ДСНС України рекомендує притримуватись наступного алгоритму дій. В першу чергу населення почує переривчасті гудки не підприємствах та сирени через систему оповіщення населення. Ці звуки означають сигнал Увага всім. В такому випадку населенню необхідно негайно увімкнути офіційні засоби сповіщення населення та уважно

слухати інформацію про власне саму надзвичайну ситуацію та порядок дій, встановленого для населення.

Головне для населення в такому випадку уникати паніки. Якщо у людей є можливість, рекомендується надати допомогу дітям, літнім людям та особам з інвалідністю. За необхідності також рекомендується попередити сусідів.

Першочерговим захистом цивільного населення власними силами є спроба зменшення проникнення отруйних речовин в приміщення. Це можна зробити шляхом зачинення дверей та вікон, в яких варто заклеїти щілини.

Наступним кроком буде підготовка достатнього запасу питної води. Для цього рекомендується використовувати герметичні ємності, а також підготувати найпростіші засоби для проведення санітарної обробки. Для цього підійде мильний засіб або розчин для обробки рук.

В місцевих органів влади можна буде дізнатись про місце збору населення у випадку його евакуації, а також час початку такої евакуації. Перед евакуацією рекомендується провести підготовку, тобто упакувати документи у герметичні ємності, а також гроші та цінності. Крім того, у валізу необхідно скласти такі предмети першої необхідності, як запас консервованих продуктів на термін приблизно 2-3 доби, ліки, невелику кількість білизни та одягу.

У випадку евакуації з місцевості перед виходом із приміщення необхідно вимкнути джерела водо-, газо- та електропостачання, а також взяти з собою підготовлені речі. Якщо під рукою немає повноцінних ЗІЗ, рекомендується використовувати такі примітивні ЗІЗ, як побутові гумові рукавички, мокру ганчірку для органів дихання, респіратор, тощо.

Якщо загроза виникнення хімічної небезпеки все ж таки переросла у прямий факт виникнення хімічної небезпеки, ДСНС України наполегливо рекомендує негайно покинути зону хімічного зараження. Якщо у населення відсутня можливість покинути зону викиду хімічних речовин та відсутні навіть примітивні ЗІЗ, варто залишитись у приміщенні, яке необхідно максимально можливо герметизувати.

При евакуації населення покидати заражену територію необхідно у напрямку, який перпендикулярний напрямку вітру. Слід триматись подалі від ярів, тунелів та низин, оскільки більшість НХР важча за повітря та накопичується сам в низинах.

Після виходу із зони ураження НХР необхідно зняти верхній одяг, по можливості прийняти душ. Якщо такої можливості немає, обов’язково необхідно ретельно вимити рот, ніс та очі.

При підозрі на ураження НХР особі необхідно уникати фізичних навантажень, рекомендується пити велику кількість рідини, до прикладу, воду, молоко, сік, чай, а також звернутись до лікаря або медичного закладу. З прибуттям на нове місце перебування рекомендується дізнатись в місцевих органів влади адреси організацій, які відповідальні за надання допомоги потерпілим.

3 РОЗРОБКА МОДЕЛІ ХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ТЕРИТОРІЙ

3.1 Методика оцінки хімічного забруднення територій та викиду хімічних речовин

Оцінка хімічної обстановки та її прогнозування при аваріях на хімічно-небезпечних об’єктах та при хімічному забрудненні територій проводиться з метою виявлення масштабів хімічного зараження територій для своєчасного оповіщення населення і, як наслідок, організації заходів для його захисту. Наслідки аварій на хімічно-небезпечному об’єкті визначаються тривалістю хімічного зараження, ступенем небезпечності та масштабом [16].

Масштаб хімічного зараження території характеризується наступними чинниками:

– площею S_1 і глибиною $Г_1$ зони поширення первинної хмари сильно-діючих отруйних речовин (СДОР);

– площею S_a і радіусом R_a району аварії;

– площею S_2 і глибиною $Г_2$ зони поширення вторинної хмари СДОР.

Територія, яка внаслідок аварії була заражена СДОР в концентраціях, які небезпечні для життя людей, називається зоною зараження. В неї входять територія, над якою поширюються пари СДОР та власне ділянку (район) викиду (розливу) небезпечної речовини.

При аваріях виникають первинна та вторинна хмари (рис. 3.1). Первинною хмарою називається хмара СДОР, що утворюється в результаті миттєвого переходу в атмосферу частини СДОР протягом 1-3 хвилин в результаті руйнування ємностей, в яких вона знаходиться. Вторинною хмарою називається хмара СДОР, яка утворилась в результаті її випаровування з поверхні (площі) розливу СДОР внаслідок аварії.

Район аварії обмежовується радіусом, який позначається R_a, і визначає площу кола. Це коло характеризує площу, в межах якої хмара СДОР найбільше уражає людей. Розміри цього кола залежать від умов зберігання та/або

використання СДОР, їх кількості та виду. Приклади значень R_a для різних хімічно-небезпечний речовин (ХНР) наведений у табл. 3.1.

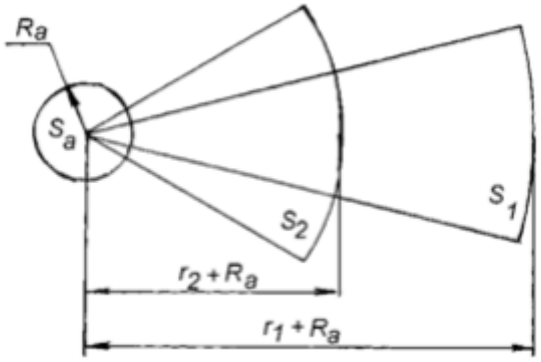


Рисунок 3.1 – Зони хімічного зараження

Таблиця 3.1 – Значення R_a для ХНР (оксид азоту, фосген, ціаністий водень, хлор, фосфор, аміак, сірчистий ангідрид, оксид вуглецю)

Ємність, т	Значення R_a, км
Більше 100	1
До 100	0,5

Радіус району аварії також не постійний та залежить від декількох факторів. Наприклад, у випадку виникнення пожежі, він може бути збільшений в 1,5-2 рази. Це можна пояснити потенційною можливістю розкидання СДОР за рахунок вибуху та викиду великої кількості СДОР.

Глибина поширення ($Г_1$) первинної хмари СДОР визначається із врахуванням метеорологічних умов та впливу температури на кількість СДОР (K_t), яка все ж таки переходить у первинну хмару. Визначається за формулою:

$$\Gamma_1 = K_n \cdot K_{t1} \cdot \Gamma_{1\text{табл}}, \qquad (3.1)$$

де K_n – коефіцієнт пропорційності, яким враховується зміна маси СДОР від її теплової ємності (визначається за табл. 3.2);

K_{t1} - поправочний коефіцієнт, яким враховується температура повітря (визначається за табл. 3.3);

$\Gamma_{1\text{табл}}$ – довідникове значення глибини поширення первинної хмари (визначається за табл. 3.4).

Таблиця 3.2 – Значення коефіцієнта пропорційності K_n

Вертикальна стійкість повітря	$Q_{\text{зад}}/Q_{\text{табл}}$									
	10	8	6	4	2	1	0,8	0,6	0,4	0,2
Інверсія	4,6	4	3,4	,6	1,6	1	0,9	0,7	0,5	0,3
Ізотермія	3,8	3,3	2,8	2,2	1,5	1	0,9	0,8	0,6	0,4
Конвекція	3,0	2,7	2,4	1,9	1,4	1	0,9	0,8	0,6	0,5

Таблиця 3.3 – Значення коефіцієнта K_{t1}

СДОР	Температура повітря, °С								
	40	30	20	10	0	-10	-20	-30	-40
Оксиди азоту	1,5	1							
Сірчистий ангідрид	1,4	1,2	1	0,8	0,6				
Ціаністий водень	2,2	1							
Фосген	1,8	1,4	1	0,3					
Аміак, хлор	1,2	1,1	1	0,9	0,8	0,7	0,5	0,3	

Ступінь вертикальної стійкості повітря характеризується трьома різними станами атмосфери. Інверсія вирізняється тим, що нижні шари повітря більш холодні, ніж верхні. Тобто інверсії характерне збільшення температури повітря із збільшенням висоти. Завдяки цьому не відбувається розсіювання повітря по вертикалі, що, в свою чергу, створює найбільш сприятливі умови для збереження високих рівнів концентрацій повітря, що заражене ХНР.

Інверсія виникає при малих швидкостях вітру, які становлять до 4 м/с та при ясній погоді приблизно за 1 годину до заходу сонця. Вона руйнується

протягом 1 години після сходу сонці. Інверсії характерна максимально можлива глибина поширення хмари зараженого повітря.

Таблиця 3.4 – Глибина поширення первинної хмари, км ($Г_{1табл}$)

Ємність для зберігання СДОР, т	Інверсія		Ізотермія			Конвекція	
	Швидкість повітря, м/с						
	2	1	6	4	2	2	1
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
Оксиди азоту							
100	20	30	4,7	5,9	8,8	1,7	2,3
50	13	20	3,2	4	5,9	1,2	1,7
10	4,9	7,5	1,3	1,6	2,4	0,6	0,8
Сірчистий ангідрид							
25	0,9	1,4	<0,5		0,6	0,5	
Ціаністий водень							
100	3,7	5,6	1	1,2	1,8	0,5	0,7
50	2,4	3,7	0,6	0,8	1,2	0,5	
10	0,9	1,3	0,5				
1	0,5						
Аміак							
3000	43,6	<60	10,4	13,1	19,5	3,8	5,3
1000	22	33,7	5,5	7	10,4	2,3	3,1
500	12	18,3	3,2	4	6	1,4	2,0
100	4,4	6,7	1,3	1,6	2,4	0,	0,9
50	3,2	5,0	0,8	1,1	1,6	0,5	0,7
Фосген							
100	11	16,7	3,5	4,4	6,5	2,6	3,6
10	27	41	09	1,2	1,7	0,5	1,2
1	1,2	1,8	0,5		0,6	0,5	

Продовження таблиці 3.4

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
Хлор							
1000	24	37	6,1	7,7	11,4	2,5	3,4
500	<60		14	1,7	2,5	4	5,5
100	20	30	5,1	6,4	9,5	2	2,9
10	5,7	8,7	1,	1,8	2,7	0,6	0,9
1	2,4	2,1	0,5		0,6	0,5	

Ізотермія характеризується більш стабільним рівнем рівноваги повітря в межах 20-30 км від поверхні землі. Це пояснюється тим, що температура у вказаному шарі майже не збільшується із збільшенням висоти. Такий стан вертикальної стійкості повітря характерний для хмарної погоди, і, як виключення, може виникати ввечері і вранці в якості перехідного стану від конвекції до інверсії і навпаки. Такий стан повітря сприяє більш тривалому застою парі ХНР в населених пунктах, лісах та на відкритій місцевості.

Конвекція – стан повітря, при якому нижні шари близько поверхні землі нагріваються сильніше, ніж верхні, в результаті чого утворюються вертикальні рухи повітря, а хмара СДОР достатньо швидко розсіюється. Виникає в ясну погоду при швидкостях вітру більше 4 м/с через 2 години після сходу сонця. Руйнується конвекція за 2-2,5 години до заходу сонця. Конвекції характерне мінімальне значення глибини поширення хмари СДОР [25].

Для визначення ступеню вертикальної стійкості повітря варто користуватись графіком, наведеним на рис. 3.2.

Рисунок 3.2 – Графік для визначення вертикальної стійкості повітря

Для визначення коефіцієнта K_n необхідно спочатку знайти відношення даної кількості СДОР до обраного табличного значення, а потім, оперуючись даними табл. 3.2 знайти значення поправочного коефіцієнту. У випадку відсутності конкретного значення у таблиці рекомендується проводити інтерполяцію значень.

Визначення глибини поширення вторинної хмари відбувається за формулою:

$$\Gamma_2 = K_n \cdot K_{t2} \cdot \Gamma_{2\text{табл}}, \quad (3.2)$$

де K_{t2} - температурний поправочний коефіцієнт, яким враховується температура повітря і ґрунту (визначається за табл. 3.5);

$\Gamma_{2\text{табл}}$ – довідникове значення глибини поширення вторинної хмари (визначається за табл. 3.6).

Таблиця 3.5 – Значення коефіцієнта K_{t2}

СДОР	Температура повітря, °С								
	40	30	20	10	0	-10	-20	-30	-40
Оксиди азоту	1,6	1,3	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
Сірчистий ангідрид	1,2	1,1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
Ціаністий водень	1,1	1	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3
Фосген	1,2	1,2	1	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3
Аміак, хлор	1,2	1,1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5

Площі поширення хмар СДОР (первинної та вторинної, відповідно S_1 та S_2), визначаються за формулами 3.3-3.4:

$$S_1 = \frac{\varphi_1 \cdot (R_a + \Gamma_1)^2}{60}, \text{ км}^2, \quad (3.3)$$

$$S_2 = \frac{\varphi_2 \cdot (R_a + \Gamma_2)^2}{60}, \text{ км}^2, \quad (3.4)$$

де Γ_1 і Γ_2 – глибини поширення відповідно первинної та вторинної хмари;

φ_1 і φ_2 – половина кута сектору, в рамках якого існує можливість поширення відповідно первинної та вторинної хмари СДОР (в градусах) (табл. 3.7);

R_a – радіус району хімічної аварії, км.

Таблиця 3.6 – Глибина поширення вторинної хмари, км ($\Gamma_{2табл}$)

Ємність зберігання СДОР, т	Інверсія	Ізотермія	Конвекція
1	*2*	*3*	*4*
Оксиди азоту			
100	4	2,2	0,6
50	5,2	3,2	0,8
10	2	1,3	<0,5
Сірчистий ангідрид			
100	1	0,5	
50	0,7	0,5	
10	0,5		
Ціаністий водень			
100	1,1	0,7	0,5
50	1,5	1	0,5
10	0,6	0,5	
1	0,5		
Фосген			
100	3,8	2,1	0,7
10	2,1	1,4	0,5
1	0,6	0,5	

Продовження таблиці 3.6

1	*2*	*3*	*4*
Хлор			
1000	8,7	4,6	1,2
500	4,5	2,6	0,7
100	2	1,2	0,5
10	1,1	0,8	0,5
1	0,5		
Аміак			
3000	5,4	4	0,8
1000	3,5	2,8	0,7
500	1	0,6	0,5
100	0,5		
<50	0,9	0,6	<0,5

Таблиця 3.7 – Значення половин кута сектору (φ_1 і φ_2) для, відповідно, первинної та вторинної хмар СДОР в залежності від вертикальної стійкості повітря (ймовірність становить 75%)

Вертикальна стійкість повітря	Вид хмари	Значення половин кута, в град.	
		φ_2	φ_1
Конвекція	Вторинна	35	
Ізотермія		25	
Інверсія		20	
Конвекція	Первинна		25
Ізотермія			20
Інверсія			15

Межі площі поширення вторинної та первинної хмари СДОР, а також площі району аварії прийнято позначати суцільною лінією синім кольором, а сама площа зафарбовується жовтим кольором. Поблизу схеми умовного

відображення району аварії виконується відмітка (напис) синім кольором, в якому в знаменнику вказується час виникнення аварії, а в чисельнику кількість СДОР та їх тип.

При визначенні ступеня небезпечності хімічного зараження території СДОР, він характеризується наступними факторами:

– кількістю заражених засобів захисту та техніки, які в подальшому потребують проведення спеціальної обробки;

– потенційно можливою кількістю уражених осіб в зонах поширення СДОР та в районі аварії.

У випадку наявності 100 відсоткового забезпечення людей засобами індивідуального захисту (ЗІЗ), кількість уражених не буде перевищувати 3-5%, при чому ця цифра пояснюється потенційною технічною несправністю ЗІЗ.

При поширенні хмари СДОР найбільш високі концентрації спостерігаються при надходженні первинної хмари, яка власне і зумовлює найбільшу кількість уражених осіб. Для людей, які не були забезпечені ЗІЗ, орієнтований відсоток уражених визначається за табл. 3.8 (при поширенні первинної хмари СДОР).

Таблиця 3.8 – Орієнтовний відсоток уражених людей при відсутності ЗІЗ

Тип СДОР	Кількість уражених людей, %
Фосген, ціаністий водень	30-40
Сірчистий ангідрид, аміак, хлор	20-30
Оксиди азоту	10-20

При визначенні тривалості хімічного зараження, яке позначається *T*° слід враховувати, що тривалість залежить від багатьох факторів, а саме:

– рельєфу місцевості;

– метеорологічних умов;

– характеру впливу СДОР;

– фізико-хімічних властивостей СДОР.

До прикладу, тривалість хімічного зараження приземного шару повітря буде визначатись часом випаровування цього типу СДОР. Якщо швидкість вітру становить 1 м/с, то дані слід брати з табл. 3.11. У табл. 3.11 літерою «г» позначена тривалість у годинах. У випадку наявності інших умов в методиці вводиться поправочний коефіцієнт, який позначається *К*. Цей коефіцієнт враховує швидкість вітру, яка відрізняється від швидкості, вказаній у таблиці 3.11 та береться із таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Значення поправочного коефіцієнта *К* для врахування швидкості вітру

Швидкість вітру, м/с	8	7	6	5	4	3	2	1
Поправочний коефіцієнт *К*	0,5	0,33	0,25	0,2	0,16	0,14	0,12	1

Якщо на відомий характер впливу СДОР при аварії, то розрахунок тривалості дії ураження можна розраховувати за наступною формулою:

$$T^0 = \frac{d \cdot h}{K_3 \cdot K_2 \cdot K_1}, \quad (3.5)$$

де K_2 – допоміжний коефіцієнт (табл. 3.10);

K_3, K_1 – допоміжні коефіцієнти (табл. 3.12).

d – густина СДОР, т/м^3 (табл. 3.13);

h - товщина шару СДОР, яка пролилась, м;

Таблиця 3.10 – Значення коефіцієнта K_2 в залежності від швидкості вітру

Швидкість вітру, м/с	15	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
K_2	5,68	4	3,67	3,34	3	2,67	2,34	2	1,67	1,33	1

Таблиця 3.11 – Час випаровування *T*° (стійкість) СДОР якщо швидкість вітру становить 1 м/с, днів

Ємність зберігання, т	Температура повітря, °С								
	40	30	20	10	0	-10	-20	-30	-40
Оксиди азоту									
100	11	14,3	15,5	21	26	Більше місяця			
50	18,5 г	1	1,2	1,6	2	2,7	3,4	4,8	6,3
10	16 г	21 г	25 г	1,4 г	1,8	2,5	3,1	4,4	5,8
Сірчистий ангідрид									
100	3,7	4,5	5,3	6,5	7,8	9,6г	11,3	14,4	17,5
50	7 г	8,2 г	9,4 г	11,8г	14,2г	16,6г	21,3г	1,1	1,3
< 25	6,8г	7,9г	9г	11,3г	13,6г	15,9г	20,4г	1	1,2
Аміак									
3000	15	17,8	20,4	24,3	28,2	Більше місяця			
1000	13	15	17	20,3	23,5	28,4	Більше місяця		
100	3,7	8	9,4	11,3	13,1	15,9	18,6	23,2	27
50	8 г	10г	11,3г	13,4г	16г	18,3г	21,7г	1,1	1,3
Фосген									
100	2,3г	2,9г	3,4г	4,4	5,2	6,6	8,1	11	13,6
10	3,4г	4,5г	5,6г	6,5г	7,4г	9,3г	11,2г	14,9г	18,6г
1	2,8г	3,6г	4,5г	5,2г	6г	7г	9г	12г	15г
Хлор									
1000	4,5	5,3	6	7	8,1	9,2	10,9	12,5	14,7
500	3,7	4,5	5,1	5,8	6,8	7,7	8,9	10,5	12,3
100	2,6	3,1	3,4	4,1	4,7	5,3	6,3	7,3	8,6
10	3,8г	4,4г	5,4г	5,9г	6,9г	7,9г	9,9г	11,9г	13,9г
1	3,3г	3,8г	4,6г	5,2г	6г	6,9г	8,6г	10,3г	12г

Таблиця 3.12 – Значення допоміжних коефіцієнтів K_3 та K_1

СДОР	K_3					K_1
	40 °С	20 °С	0 °С	-20 °С	-40 °С	
Фосген	2,7/1	1/1	0/0,7	0/0,3	0/0,1	0,061
Сірчистий ангідрид	1,7/1	1/1	0,3/1	0/0,5	0/0,2	0,049
Оксид азоту	1	1	0,1	0	0	0,04
Ціаністий водень	1,3	1	0,4	0	0	0,026
Аміак	1,4/1	1/1	0,6/1	0,3/1	0/0,9	0,025
Хлор	1,4/1	1/1	0,6/1	0,3/1	0/0,9	0,052

Таблиця 3.13 – Характеристики СДОР

СДОР	Уражаюча токсодоза, л/м^3	Температура кипіння, °С	Густина, т/м^3
Фосген	0,5	8,2	1,432
Сірчистий ангідрид	1,8	-10	1,462
Оксид азоту	1,5	21,0	1,491
Ціаністий водень	0,2	25,7	0,687
Аміак	1,5	-33,4	0,681
Хлор	0,6	-34,1	1,553

У таблиці 3.12 в чисельнику зазначені дані для первинної хмари СДОР, в той час як для вторинної хмари СДОР наведені у знаменнику.

Товщина n шару СДОР у випадку вільного виливу на поверхню слід приймати із значенням 0,05 по всій площі розливу. У випадку виливу СДОР у піддон або її обвалування, товщина n шару визначається за формулою:

$$n = H - 0.02, \tag{3.6}$$

де H – це висота обвалування або піддону, м.

3.2 Опис платформи, яка використовувалась для розробки моделі хімічного забруднення територій

Програма для визначення хімічної обстановки на виробництві з викидом СДОР розроблена у вигляді самодостатнього додатку, для якого не треба встановлювати допоміжні модулі та програмні засоби. На початку програма запакована в архів із назвою chemical_disaster.

При установці програми на комп'ютер необхідно розархівувати архів. Це можна зробити за допомогою будь-якого стандартного архіватору, але рекомендується використовувати для цього WinRar [2]. Для розпаковки архіву достатньо відкрити його подвійним кліком лівої кнопки миші, після чого відкривається типове вікно роботи у WinRar (рис. 3.3). На екрані роботи із WinRar необхідно натиснути кнопку Розпакувати, після чого відкривається діалогове вікно (рис. 3.4), в якому користувачу необхідно вказати місце розпакування архіву, тобто теку на якомусь із жорстких дисків.

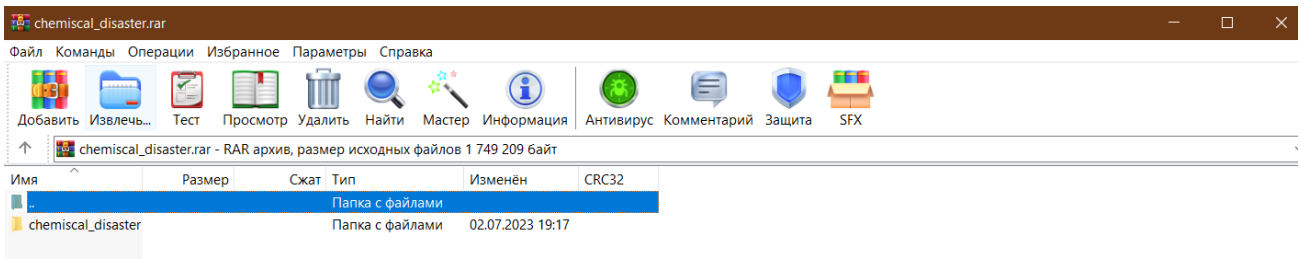


Рисунок 3.3 – Розпаковка архіву із програмою

В папці з програмою наявні файли коду (рис. 3.5) та власне файл додатку під назвою index. Для початку роботи користувачу необхідно запустити цей файл будь-яким із браузерів. Додаток тестувався на браузерах Google Chrome та Firefox, тому рекомендується використовувати ці браузери. В теорії програма повинна коректно працювати і в інших браузерах, типу Opera Microsoft або Edge, але перевірка на цих браузерах не проводилась.

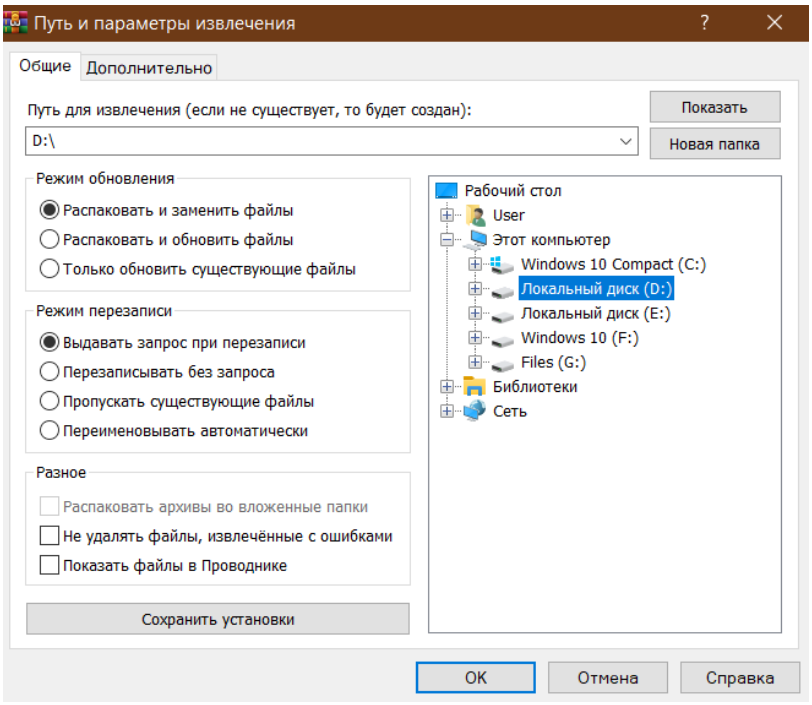


Рисунок 3.4 – Вибір теки для розпаковки архіву із програмою

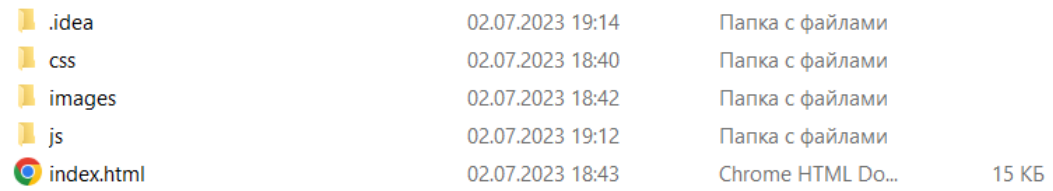


Рисунок 3.5 – Вміст програми для оцінки хімічної аварії

В якості модулю для відображення карти світу використовувався MapBox, який преставляє собою онлайн-сервіс, для публікації та створення власних карт. Дані, які використовує MapBox, взяті із відкритих джерел, наприклад Nasa або OpenStreetMap. Ця готова технологія заснована на використанні ряду інших, таких як Leaflet, GDAL, Mapnik, Node.js [1].

3.3 Функціональні можливості розробленої моделі хімічного забруднення територій

Після запуску програми у браузері відкриється нова вкладка, яка називається Карта хімічної катастрофи. Як видно з рис. 3.6, інтерфейс вкладки

поділений на дві частини – зліва знаходиться карта для відображення даних, а у правій частині – вікно для вводу даних.

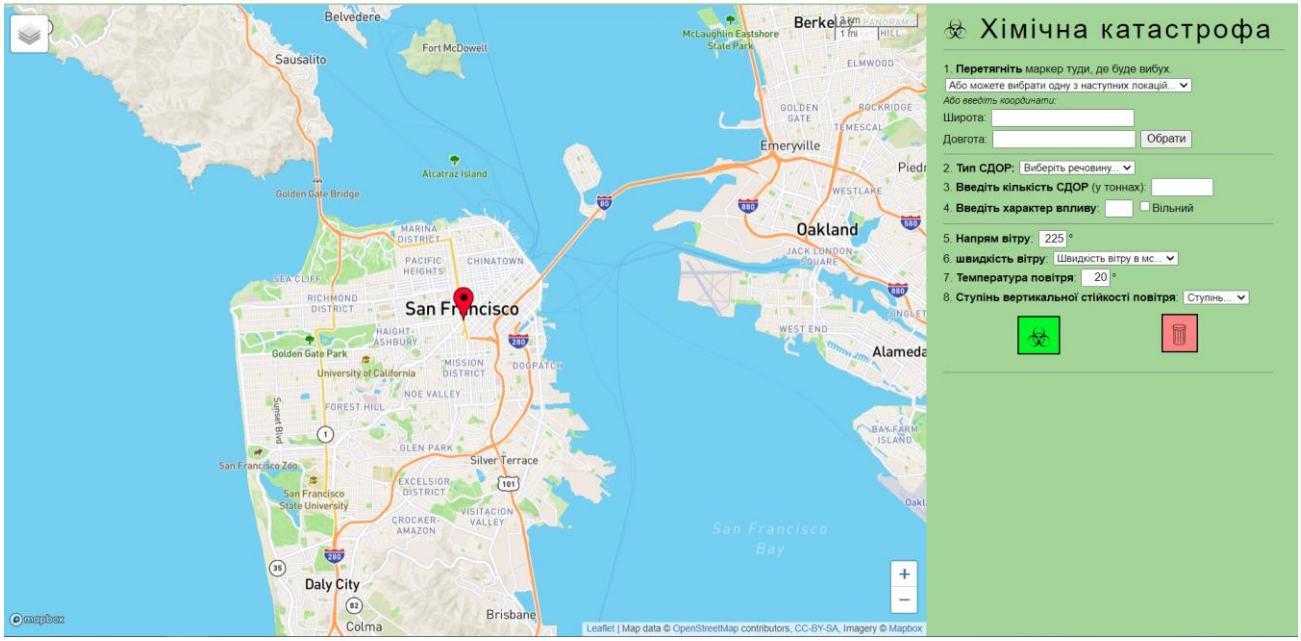


Рисунок 3.6 – Інтерфейс програми для оцінки хімічної катастрофи

За замовченням початкова точка, для якої користувачу пропонується провести оцінку викиду хімічно-небезпечних речовин розташована у місті Сан-Франциско, США. Це пояснюється тим, що MapBox був розроблений саме у місті Сан-Франциско і використання цього сервісу пропонує рідне місто за замовченням.

Для зміни розташування виробництва, в якому необхідно провести оцінку хімічної катастрофи можна використовувати три методи. Перший метод – це вибір із списку запропонованих міст, який знаходиться у правій частині екрану під номером 1. Натискання на напис Або можете вибрати одну з наступних локацій (рис. 3.6) призводить до відкриття випадаючого списку (рис. 3.7), в якому запропоновані наступні локації по світу:

– Вашингтон, округ Колумбія, США;
– Бостон, Массачусетс, США;
– Нью-Йорк, США;
– Тель-Авів, Ізраїль;

– Сан-Франциско, Каліфорнія, США;
– Тегеран, Іран;
– Сеул, Південна Корея;
– Чикаго, Іллінойс, США;
– Пхеньян, Північна Корея;
– Гонолулу, Гаваї, США;
– Токіо, Японія;
– Лондон, Англія;
– Нью-Делі, Індія;
– Пекін, Китай;
– Париж, Франція.

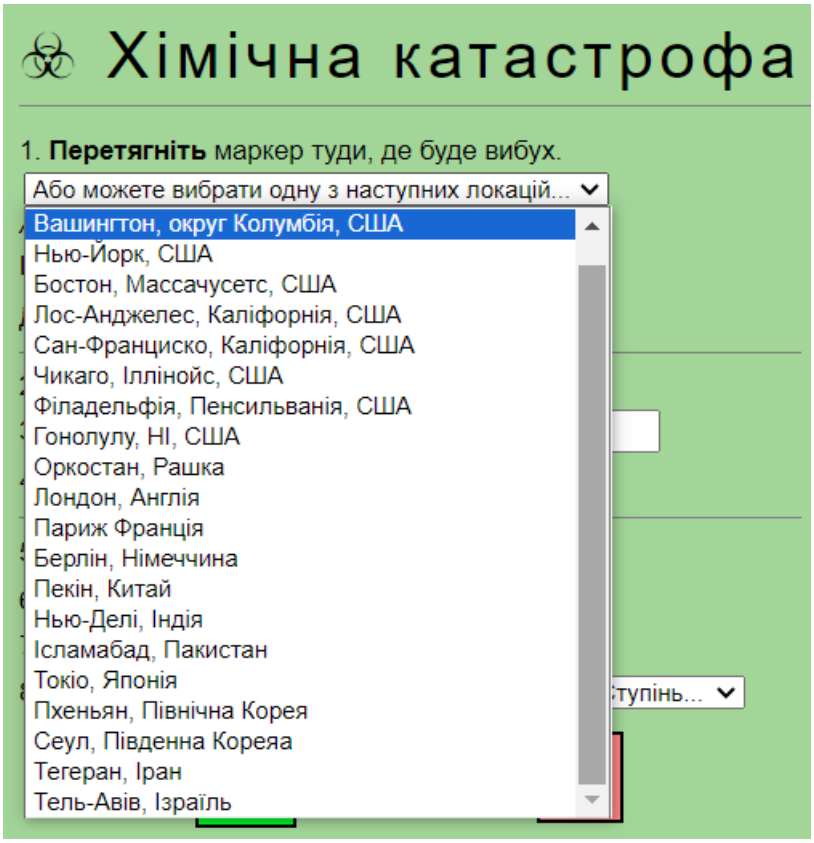


Рисунок 3.7 – Вибір місця, де сталася хімічна аварія

Другий спосіб – це ввести у відповідні віконця під випадаючим списком значення широти та довготи конкретного об’єкту. Третій спосіб зводиться до

ручного перетягування червоного маркеру відмітки локації по карті світу. При цьому зменшення або збільшення масштабу карти відбувається прокручуванням колеса миші відповідно на себе та від себе. Для перетягування маркеру локації необхідно натиснути на нього лівою кнопкою миші та потягнути на необхідне місце на карті.

Далі користувачу слід обрати СДОР, для якої буде проводитись прогнозування наслідків розливу та хімічної катастрофи. Для вибору типу СДОР у другому пункті із такою назвою необхідно із випадаючого списку обрати одну із запропонованих СДОР (рис. 3.8). Відповідно до методики, описаній в 3.1, програма орієнтується на наступні НХР:

– окис азоту;
– хлор;
– сірчаний ангідрид;
– фосген;
– ціаністий водень;
– аміак.

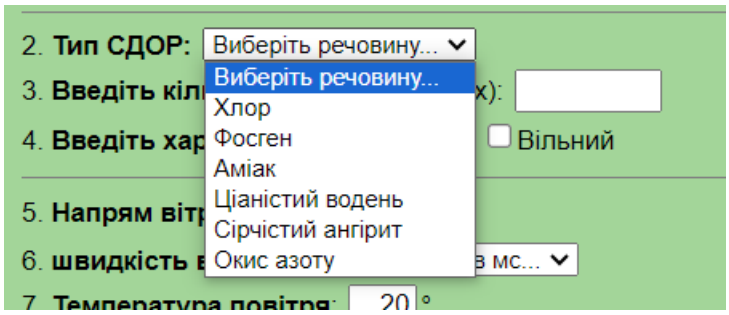


Рисунок 3.8 – Вибір типу СДОР

Після вибору типу СДОР користувачу необхідно вказати її кількість у тонах у рядку під номером 3. На цьому етапі у програмі реалізована можливість зазначення кількості СДОР у відповідності із табл. 3.4 (для первинної хмари) та 3.6 (для вторинної хмари). Тобто, в даному рядку необхідно вводити для обраної речовини одне із табличних значень.

У рядку під номером 5 користувач вказує напрям вітру у градусах. За замовченням встановлено значення 225°. У рядку 6 користувач обирає швидкість вітру в м/с (рис. 3.9). Цей рядок програми призначений для врахування поправочного коефіцієнта *K* для вторинної хмари, який зазначений у табл. 3.10, та первинної хмари (табл. 3.9).

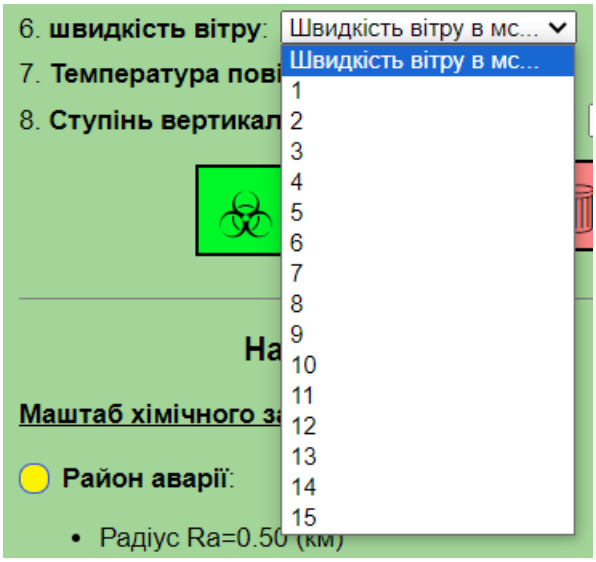


Рисунок 3.9 – Вибір швидкості вітру

Аналогічно у рядку 7 Температура повітря враховується значення таблиць 3.3 для первинної хмари та 3.5 для вторинної хмари. Значення користувач вводить вручну з клавіатури.

У пункті 8 обирається вертикальна стійкість повітря. У випадаючому списку (рис. 3.10) запропоновано один із трьох можливих варіантів вертикальної стійкості – інверсія, конвекція, ізометрія.

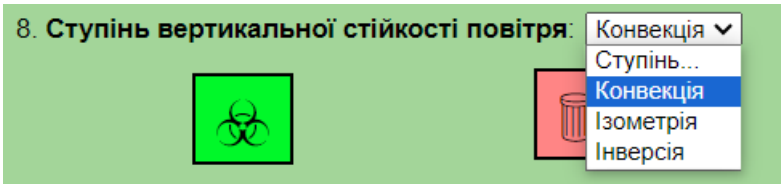


Рисунок 3.10 – Вибір вертикальної стійкості повітря

Після введення всіх вхідних даних користувачу необхідно натиснути в нижній частині ліву кнопку (рис. 3.11, а), яка відповідає за проведення прогнозування розливу ХНР та відображення первинної та вторинної хмар, що утворились, на карті. В результаті на карті в лівій частині вікна програми буде відображено поширення хмар та радіус розливу НХР (рис. 3.12) на карті.

Якщо користувач ввів помилкові дані або планує провести оцінку хімічного зараження іншої території, йому слід очистити карту. Очистка карти від зображених схем реалізована на натискання червоної кнопки із символом смітника (рис. 3.11, б).

а) б)

Рисунок 3.11 – Кнопки для відображення (а) та очистки (б) хімічного зараження території на карті

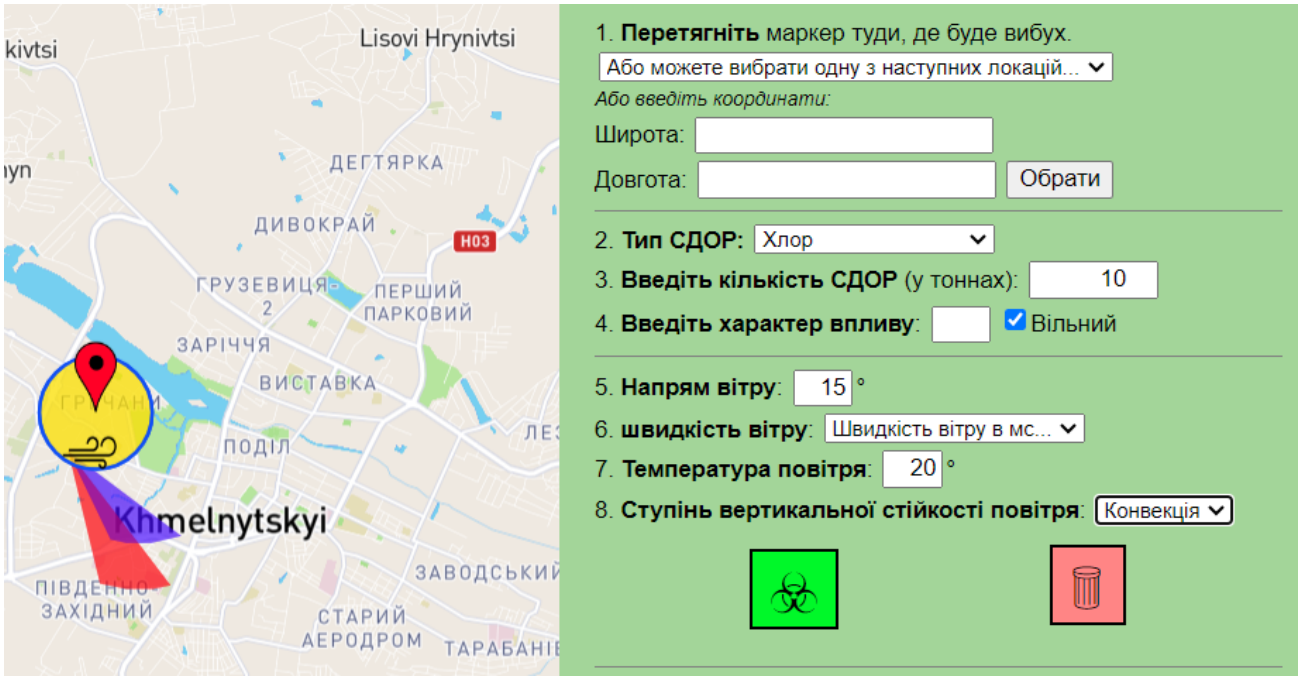


Рисунок 3.12 – Відображення результатів на карті

Як видно з рис. 3.12, на карті кожен колір відповідає за окреме значення результатів прогнозування хімічного зараження території. Для спрощення сприйняття інформації та розуміння масштабів забруднених територій в програмі в лівій частині вікна, під кнопками (рис. 3.11) проведена лінія, після якої будуть відображатись наслідки хімічної катастрофи в текстовому вигляді (рис. 3.13).

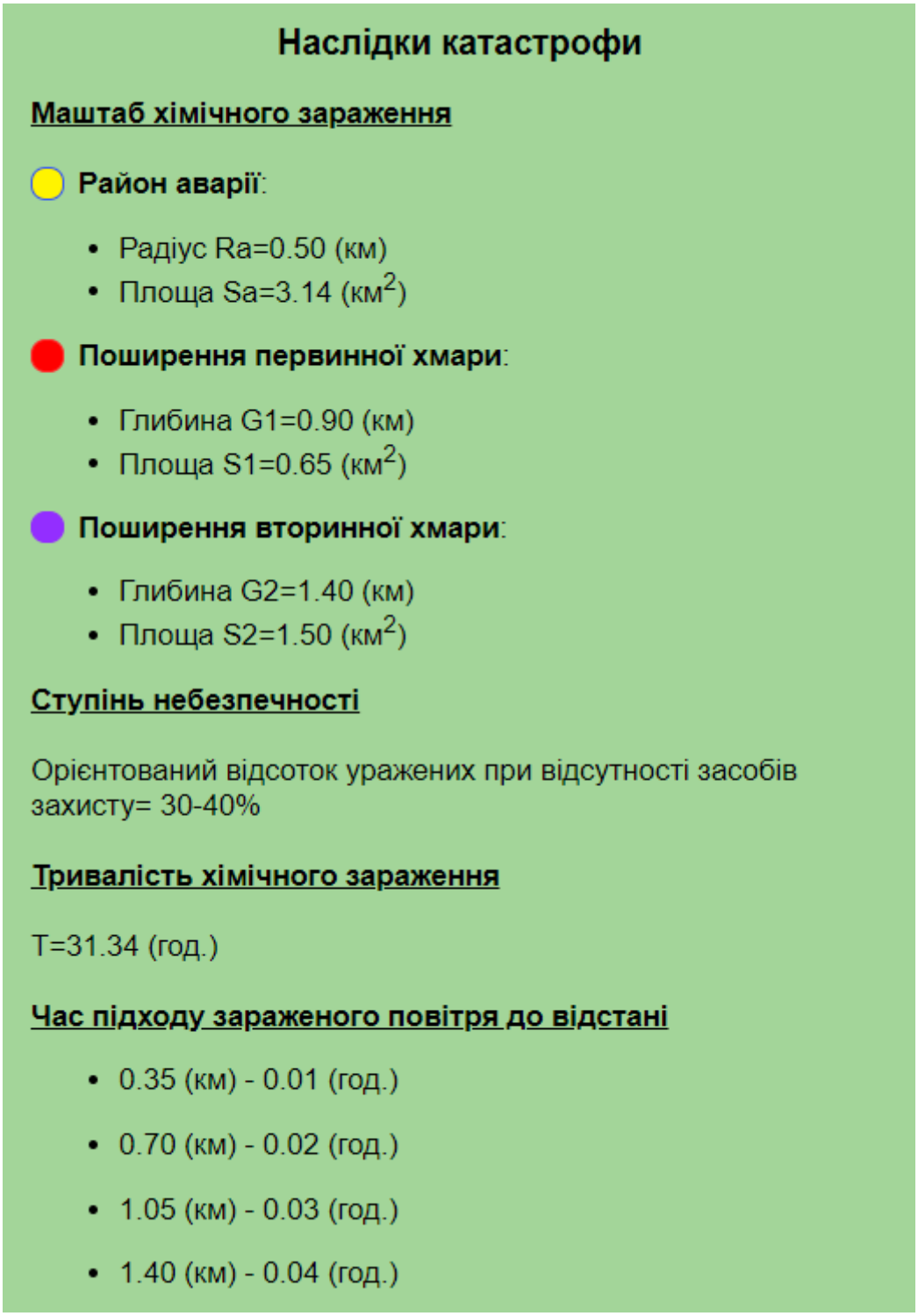


Рисунок 3.13 – Роз’яснення (легенда) прогнозованих наслідків хімічної аварії

Перший рядок називається масштаб хімічного зараження, який наводить пояснення кольоровим зонам, зображеним на карті та виводить конкретні числові значення. Жовтим кольором позначається площа аварії, а в текстовому вигляді наводяться радіус аварії та площа розливу НХР. Тобто, для побудови цього радіусу розливу НХР та розрахунку площі аварії використовувались рис. 3.1 та значення табл. 3.1.

Червоним кольором на карті відображається поширення первинної хмари, а фіолетовим – поширення вторинної хмари СДОР. Територія поширення первинної хмари СДОР реалізує розрахунок формули 3.1 на основі автоматичного вибору у програмі значень, введених користувачем у відповідні поля та їх вибору із табл. 3.2-3.5 у відповідності із методикою, описаною у розділі 3.1. Розрахунок площі поширення первинної хмари СДОР проведений програмою у відповідності із формулою 3.3.

Аналогічним чином територія забруднення вторинною хмарою СДОР реалізована на основі обрахунку формули 3.2 на основі даних із табл. 3.5 та 3.6, а площа забруднення обрахована у відповідності із формулою 3.4, які наведені у розділі 3.1.

Наступним результатом у програмі є ступінь небезпечності НХР при аварії, якій відображає орієнтований відсоток уражених людей у випадку відсутності в них засобів індивідуального захисту. Тобто, в цьому рядку реалізується автоматичний вибір та візуалізація результатів із табл. 3.8.

В наступному рядку програма автоматично прораховує та відображає результати із обрахунку тривалості хімічного зараження території. На прикладі, наведеному на рис. 3.13, тривалість хімічного зараження території міста Хмельницького у випадку розливу 10 т фосгену та ізометрії повітря при швидкості вітру 6 м/с, температури повітря 20 °С, тривалість зараження території становить 31,34 години.

В останніх рядках відображається час підходу зараженого повітря до відстаней. Як видно з рис. 3.13, час підходу відображається в годинах.

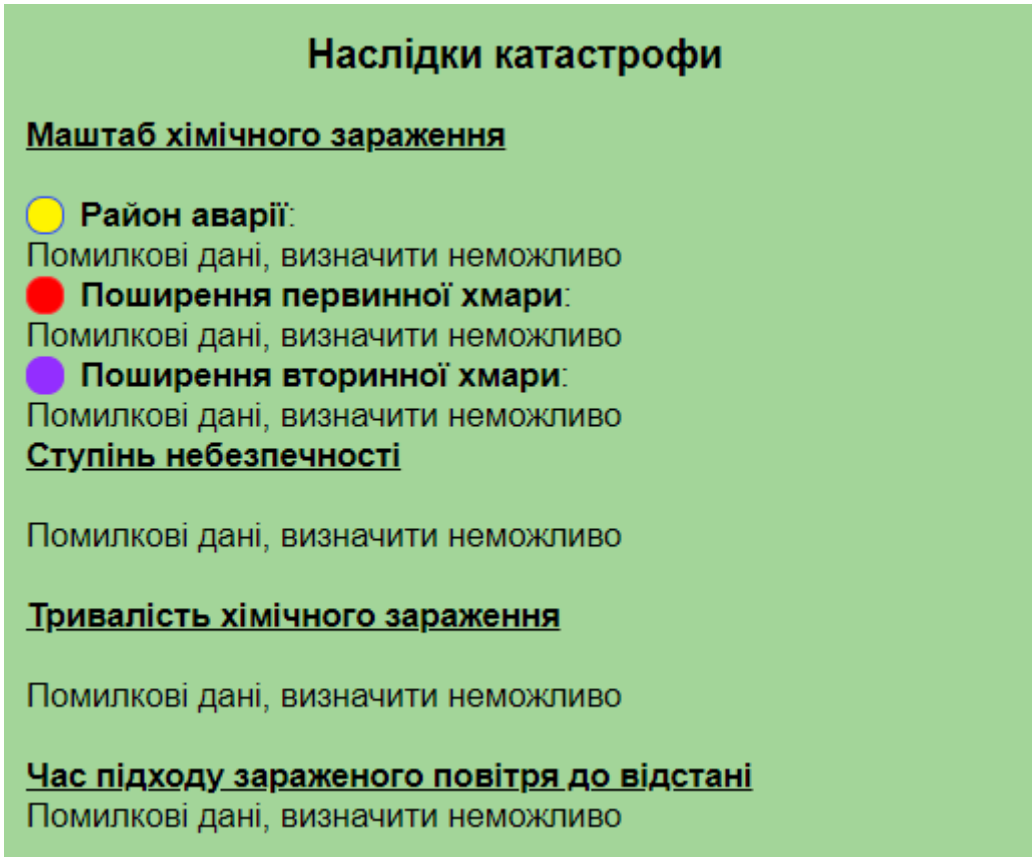


Рисунок 3.14 – Сповіщення користувача про введення помилкових даних

Якщо користувач випадково ввів у програму помилкові дані, для яких неможливо провести прогнозування хімічного зараження території, то програма відобразить відповідний напис Помилкові дані, визначити неможливо (рис. 3.14) в області відображення результатів (в легенді).

ВИСНОВОК

У І розділі магістерської роботи було проаналізовано потенційні небезпеки від хімічних речовин. Серед десятків тисяч наявних хімічних речовин було виокремлено та описано фізико-хімічні властивості найбільш поширених та найбільш небезпечних хімічних речовин. Також було проаналізовано види наявних хімічних речовин, які можуть використовуватись у якості хімічної зброї.

У ІІ розділі розглянуто стан законодавчого та нормативно-правового захисту населення від НХР. Наведено ознаки отруєння та першу допомогу у разі отруєння окремими видами хімічних речовин. Розглянуті засоби індивідуального захисту, які можуть використовуватись при хімічній катастрофі підрозділами сил цивільного захисту та цивільним населенням. Також систематизовано порядок дій цивільного населення у разі виникнення хімічної небезпеки в результаті аварії на підприємстві або можливого використання хімічної зброї.

ІІІ розділ присвячений розробці моделі хімічного забруднення територій. В цьому розділі наведено стандартизовану методику, яка використовувалась в подальшому як базис при розробці моделі для оцінки масштабів хімічної катастрофи. Наведено опис платформи, яка дозволяє проводити оцінку хімічної обстановки в будь-якій точці світу без підключення до мережі інтернет. Крім того, в розділі детально описуються функціональні можливості розробленої моделі проведення оцінки хімічного забруднення територій.

Результати дипломної роботи з практичної точки зору можуть використовуватись підрозділами цивільного захисту населення для миттєвої оцінки масштабів хімічної катастрофи. Також практичне застосування програмного модулю можливе на підприємствах, які використовують в своїй діяльності небезпечні хімічні речовини для прогнозування потенційного хімічного забруднення території.