

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ, ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЦИВІЛЬНОЇ ТА ПРОМИСЛОВОЇ БЕЗПЕКИ
ІМЕНІ ГЕРОЯ УКРАЇНИ ЧУБА ОЛЕКСАНДРА СЕРГІЙОВИЧА

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри
_____ Б.Д.Халмурадов
« ____ » _____ 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА
ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 263 «ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА»

Тема: «Прогнозування та розробка заходів щодо попередження і ліквідації надзвичайної ситуації на хімічно небезпечному об'єкті»

Виконавець: студентка групи 413 ЦБ Охремчук Дарина Олегівна

Керівник: к. військ. н., доцент, Вальченко Олександр Іванович

Нормоконтролер: _____ Козлітін О.О.

КИЇВ 2024

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій

Кафедра цивільної та промислової безпеки імені Героя України Чуба
Олександра Сергійовича

Спеціальність 263 «Цивільна безпека»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Б.Д. Халмурадов

«__» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи

Охремчук Дарини Олегівни

1. Тема роботи **«Прогнозування та розробка заходів щодо попередження і ліквідації надзвичайної ситуації на хімічно небезпечному об'єкті»** затверджена наказом ректора від «17» квітня 2024 року № 579/ст.
2. Термін виконання роботи 20.05.2024р. по 16.06.2024 р.
3. Вихідні дані роботи: дані про потенційно небезпечні об'єкти, споруди та технологічні процеси підприємств, особливості їх діяльності в умовах впливу уражаючих чинників надзвичайних ситуацій
4. Зміст пояснювальної записки: аналітичний огляд літературних джерел з тематики кваліфікаційної роботи. Оцінка обстановки у випадку виникненні надзвичайної ситуації на потенційно небезпечному об'єкті. Організація моніторингу обстановки та визначення заходів при виникненні аварії на хімічно небезпечному об'єкті. Розробка заходів та надання рекомендацій щодо захисту населення та довкілля у випадку аварії на хімічно небезпечному об'єкті.
5. Перелік обов'язкового ілюстративного матеріалу: таблиці, рисунки.

6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1	2	3	4
1	Постановка задачі та аналіз інформаційних джерел	20.05.2024-22.05.2024	
2	Збір інформаційних даних та обґрунтування вибору рішення	22.05.2024-25.05.2024	
3	Аналіз даних та їх класифікація	26.05.2024	
4	Робота над розділом №1	26.05.2024-28.05.2024	
5	Робота над розділом №2	28.05.2024-30.05.2024	
6	Робота над розділом №3	30.05.2024-04.06.2024	
7	Підготовка графічного матеріалу, оформлення і друк пояснювальної записки	05.06.2024-06.06.2024	
8	Оформлення презентації в Power Point	07.06.2024-08.06.2024	
9	Отримання рецензій від опонентів	09.06.2024	
10	Захист в ДЕК	11.06.2024	

7. Дата видачі завдання: «20» травня 2024 р.

Керівник кваліфікаційної роботи: _____ Вальченко О.І.

Завдання прийняв до виконання: _____ Охремчук Д.О.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота складається із вступу, основної частини, що містить 3 розділи, висновку та списку бібліографічних посилань використаних джерел. Загальний обсяг роботи – 64 сторінки. Робота містить 5 рисунків та 2 таблиці. Список бібліографічних посилань включає 18 джерел.

Ключові слова: НАДЗВИЧАЙНА СИТУАЦІЯ, ХІМІЧНО НЕБЕЗПЕЧНІ ОБ'ЄКТИ, МОНІТОРИНГ ХІМІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ, УРАЖАЮЧІ ФАКТОРИ, ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ.

Об'єкт дослідження – робота потенційно небезпечних підприємств в умовах надзвичайних ситуацій.

Мета роботи – виявлення уразливих місць в роботі хімічно небезпечних підприємств в умовах надзвичайних ситуацій та вироблення рекомендації, направлених на попередження і ліквідацію надзвичайної ситуації на хімічно небезпечному об'єкті.

Методи, застосовані в кваліфікаційній роботі: метод аналізу для дослідження технічних схем, попередній аналіз небезпек, оцінка збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного походження.

Матеріали дипломної роботи можна використовувати для оцінки потенційних небезпек, на навчальних заняттях.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень.....	7
Вступ.....	8
РОЗДІЛ 1. ОЦІНКА ХІМІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ ПРИ ВИНИКНЕННІ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ХІМІЧНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ.....	11
1.1. Потенційно небезпечні об'єкти із наявністю небезпечних хімічних речовин	11
1.2. Основні ризики та небезпеки на хімічно небезпечному об'єкті.....	18
РОЗДІЛ 2. МОНІТОРИНГ ХІМІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЗАХОДІВ У ВИПАДКУ АВАРІЇ НА ХІМІЧНО НЕБЕЗПЕЧНОМУ ОБ'ЄКТІ	22
2.1. Моніторинг та контроль на хімічно небезпечних об'єктах	22
2.2. Ліквідація наслідків аварії пов'язаних з небезпечними хімічними речовинами.....	24
2.2.1. Організація управління рятувальними роботами в зонах хімічного ураження	30
2.2.2. Проведення розвідки та оцінка оперативної обстановки при аварії за наявності небезпечних хімічних речовин	32
2.3. Комплекс заходів безпеки для роботи в умовах хімічного забруднення.....	37
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ У ВИПАДКУ АВАРІЇ НА ХІМІЧНО НЕБЕЗПЕЧНОМУ ОБ'ЄКТІ.....	43
3.1 Аналіз техногенної безпеки хімічного підприємства на якому зберігається аміак.....	43
3.2 Захист населення у разі викиду небезпечних хімічних речовин.....	45
3.3 Захист персоналу під час ліквідації аварії.....	49
3.4. Шкідливий вплив на навколишнє середовище у випадку аварії на хімічно небезпечному об'єкті	52
Висновки	59

Список бібліографічних посилань використаних джерел.....	61
Додатки.....	64

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

НХР – небезпечні хімічні речовини;

АСУ – автоматизовані системи управління;

ХНО – хімічно небезпечний об'єкт;

ПНО – потенційно небезпечний об'єкт;

КАРР і ГП – керівник аварійно-рятувальних робіт і гасіння пожежі;

ОРС ЦЗ – Оперативно-рятувальна служба цивільного захисту;

ЗІЗ – засоби індивідуального захисту;

КПП – контрольний пропускний пункт;

ОЗБП – охорона здоров'я та безпека праці.

ВСТУП

Актуальність теми. Аналіз розвитку та діяльності людства свідчить про те, що значні здобутки щодо забезпечення людей необхідними для нормального життя засобами та матеріалами, відбулися завдяки винаходу та забезпеченню виробництва деяких хімічних речовин без застосування яких сучасні виробничі процеси можуть або значно уповільнитися, або стануть загалом неможливими.

До таких необхідних речовин ми можемо віднести значну кількість небезпечних хімічних речовин (НХР), які у певній мірі, значно спростили технологічні процеси виробництва багатьох необхідних для людей речовин та матеріалів, без яких ускладнено або не можливе виробництво інших засобів, а іноді навіть покращення їстівних продуктів.

Наявність на території України значної кількості підприємств, на яких знаходяться в обігу одне або декілька НХР обумовлює велику проблему щодо безпечної експлуатації хімічно небезпечних об'єктів (ХНО).

Хімічна промисловість швидко розвивається, що збільшує контакт людей з хімічними речовинами під час роботи з ними та із більш загрозливими масштабами у випадку надзвичайних ситуацій. Це призводить до збільшення ризику аварій, які охоплюють широкі області ураження. Аварії на хімічних об'єктах класифікуються як техногенні і пов'язані з небезпечними хімічними речовинами. Основна загроза таких аварій полягає у великих викидах токсичних речовин, вибухах та швидкому поширенні пожеж, що завдає серйозної шкоди населенню та навколишньому середовищу.

Природно-техногенно-соціальна система України потребує дієвих способів попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій (НС). На жаль, ризик

виникнення аварії на ХНО збільшився у наслідок військової агресії Російської Федерації, тому це також необхідно враховувати у сучасних умовах.

Неоголошена військова агресія терористичної Російської Федерації проти України призвела до виникнення складних надзвичайних ситуацій, гуманітарних криз та інших серйозних наслідків, таких як аварії на об'єктах хімічної промисловості. Хімічна промисловість є одним з основних секторів економіки України. За даними статті Scientific Reports, у 2019 році в Україні було накопичено загальний об'єм небезпечних хімічних речовин понад 5,1 мільярда тон [1]. Тому напад на підприємства хімічної промисловості може призвести до катастрофічних наслідків, значних хімічних аварій. Агрегаційний ризик обстрілу груп хімічних підприємств на Сході України також високий через тривалу війну. Тому ризики аварій в хімічній промисловості для Сходу України під час складних надзвичайних ситуацій в Донецькій та Луганській областях високі, з точки зору, ймовірності та наслідків для життя та здоров'я, навколишнього середовища, майна та швидкості розвитку. Атака на хімічні промислові підприємства та місця зберігання НХР може призвести до хімічних інцидентів [2].

Україна має промислові об'єкти, де виробляють, зберігають або транспортують небезпечні хімічні речовини, які можуть бути можливими джерелами токсичного впливу, особливо якщо їх атакують або пошкоджують частими обстрілами. На жаль, сховища або виробничі підприємства, які містять токсичні промислові хімікати та інші токсичні матеріали, розташовані поблизу міських центрів, тому атака на хімічні об'єкти буде функціональним еквівалентом атаки хімічною зброєю. З моменту повномасштабного вторгнення, Всесвітня організація охорони здоров'я повідомила про кілька хімічних інцидентів як безпосередній результат збройного конфлікту. Наприклад, 21 березня 2022 року Всесвітня організація охорони здоров'я повідомила про витік аміаку на

промислового об'єкті поблизу м. Суми, крім того було повідомлено про витік азотної кислоти в Рубіжному на Луганщині [3, 4].

За сучасних умов військової агресії зі сторони РФ на території нашої країни, дослідження питань прогнозування та розробка заходів щодо попередження і ліквідації надзвичайної ситуації на хімічно небезпечному об'єкті є актуальним питанням.

Об'єкт дослідження – робота потенційно небезпечних підприємств в умовах надзвичайних ситуацій.

Мета роботи – виявлення уразливих місць в роботі хімічно небезпечних підприємств в умовах надзвичайних ситуацій та вироблення рекомендації, направлених на попередження і ліквідацію надзвичайної ситуації на хімічно небезпечному об'єкті.

Методи, застосовані в кваліфікаційній роботі: метод аналізу для дослідження технічних схем, попередній аналіз небезпек, оцінка збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного походження.

РОЗДІЛ 1

ОЦІНКА ХІМІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ ПРИ ВИНИКНЕННІ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ХІМІЧНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ

1.1. Потенційно небезпечні об'єкти із наявністю небезпечних хімічних речовин

Хімічне забруднення навколишнього середовища, пожежі та вибухи під час аварій і катастроф призводять до хімічного забруднення, що створює все більший ризик для суспільства через технологічний прогрес. Удосконалення штучного середовища (техносфери) призвело до підвищення якості життя, але це середовище тепер стає джерелом небезпеки через збільшення потужності промислових підприємств, складніші технології та зростаючий вплив між підприємствами. Зросли ризики і масштаби аварій, особливо, на хімічно небезпечних об'єктах, що становлять серйозну загрозу, як для працівників, так і для населення. Тому необхідні заходи для захисту людей і навколишнього середовища від небезпек (промислових аварій і катастроф), що виникли у наслідок дії техносфери. Це пов'язано з тим, що хімічне забруднення під час таких аварій часто перевищує допустимі норми і серйозно впливає на життя населення та потреби проведення рятувальних і відновлювальних заходів. У свою чергу, це має тісний зв'язок із потенційно небезпечними об'єктами (ПНО) та діями внаслідок загрози, запобіганню та ліквідації наслідків аварії на такому підприємстві.

Події, які виникають, або можуть виникнути на потенційно небезпечному об'єкті регулюються законом України “Про об'єкти підвищеної небезпеки” від

18.01.2001 N 2245-III (поточна редакція від 01.01.2024). Закон визначає, що Потенційно небезпечний об'єкт – це об'єкт, на якому можуть використовуватися або виготовляються, переробляються, зберігаються чи транспортуються небезпечні речовини, біологічні препарати, а також інші об'єкти, що за певних обставин можуть створити реальну загрозу виникнення аварії [5].

Потенційно небезпечні об'єкти підпадають під особливий режим регулювання та контролю, оскільки вони можуть становити значний ризик для безпеки та здоров'я людей, а також навколишнього середовища. До таких об'єктів можуть відноситися промислові підприємства на яких зберігаються або використовуються хімічні речовини, енергетичні установки, заводи з виробництва хімічної продукції, склади з небезпечними речовинами, транспортні комунікації, ядерні установки тощо.

Критерії виявлення ПНО включають характеристику небезпечних технологічних процесів, визначення кількості та видів небезпечних речовин на об'єкті, оцінку їх токсичності та впливу на навколишнє середовище і здоров'я людей у разі аварії, а також можливість поширення негативних наслідків за межі об'єкта. Ці критерії дозволяють оцінити ризики, пов'язані з ПНО, та розробляти необхідні заходи для зниження цих ризиків та забезпечення безпеки для населення і навколишнього середовища.

Хімічно небезпечні об'єкти відіграють важливу роль у сучасній промисловості, однак вони можуть представляти значний ризик для здоров'я і безпеки людей та для навколишнього середовища. Класифікація хімічно небезпечних об'єктів за різними критеріями допомагає краще зрозуміти потенційні загрози і розробити відповідні стратегії управління ризиками.

Одним з основних критеріїв класифікації є вид діяльності, яку виконує об'єкт. Наприклад, виробництво хімічних речовин включає у себе створення широкого спектру хімікатів, таких як кислоти, луги та органічні сполуки, що

часто використовуються в інших галузях промисловості та у побуті. Зберігання хімічних речовин вимагає особливих умов, таких як відповідні контейнери та безпечні складські приміщення для запобігання витоків і забезпечення безпеки. Переробка хімічних речовин, така як нафтопереробка або переробка пластмас, включає перетворення сировини на більш складні або корисні продукти. Нарешті, утилізація хімічних відходів через спалювання або хімічну нейтралізацію допомагає зменшити обсяги небезпечних відходів, перетворюючи їх на менш шкідливі або нейтральні матеріали.

Іншим важливим аспектом класифікації хімічно небезпечних об'єктів є ступінь потенційної небезпеки, що може варіюватися від високої до низької. Об'єкти, що виробляють вибухові речовини або аміак, класифікуються як високонебезпечні через великий ризик аварій, які можуть мати катастрофічні наслідки. Об'єкти, де виробляються фармацевтичні препарати, часто мають середній ступінь небезпеки, адже хоча вони і мають строгі вимоги до чистоти та безпеки, ризики для навколишнього середовища і здоров'я людей менш виражені порівняно з виробництвом вибухових матеріалів. Виробництво побутової хімії, навпаки, вважається відносно низько небезпечним, оскільки речовини, що використовуються і виробляються, зазвичай менш токсичні.

Розуміння цих критеріїв класифікації допомагає в розробці ефективних заходів безпеки та управління ризиками на ХНО, а також у підготовці працівників для забезпечення безпеки і захисту навколишнього середовища.

Промислові підприємства на яких зберігаються або використовуються хімічні речовини

Хімічні заводи відіграють критичну роль у сучасній промисловості, забезпечуючи виробництво широкого спектру хімічних продуктів, від побутових чистих засобів до сировини для фармацевтики. Основна небезпека, яку представляють ці заводи, відбувається у виробництві, зберіганні та використанні

хімічних речовин, які можуть бути токсичними, вибухонебезпечними або шкідливими для довкілля.



Рисунок 1. – Маркування хімічних речовин (Irritant - подразнювальна речовина, Compressed gas – стиснутий газ, Flammable – легкозаймистий, Corrosive – корозійний, Explosive – вибухонебезпечний, Oxidizer – окислювач, Toxic – токсичний, Environmental Hazard – небезпека для навколишнього середовища, Health Hazard – небезпека для здоров'я.)

Процес виробництва на хімічних заводах часто включає синтез складних органічних і неорганічних сполук. Ці процеси можуть вимагати використання сильних кислот, лугів, отруйних газів та інших небезпечних речовин, які потребують спеціальних умов обробки та зберігання для запобігання викидам у навколишнє середовище.

Зберігання хімічних речовин на заводах передбачає використання великих резервуарів, спеціальних контейнерів та інших систем безпеки для зниження ризику витoku чи взаємодії речовини, що може привести до хімічних реакцій або вибухів.

Викиди хімічних речовин можуть забруднювати повітря, ґрунти та воду, створюючи тривалі негативні наслідки для екології. Великі аварії, такі як викид метилізоціанату в Бхопалі, підкреслюють серйозність наявних наслідків створення адекватних заходів безпеки [6].

Нафтопереробні заводи перетворюють сировину нафти на різноманітні продукти, які включають бензин, дизельне пальне, керосин, мастильні матеріали тощо. Процеси, які відбуваються на таких заводах, включають дистиляцію, крекінг та реформінг, кожен з яких має свої ризики.

Первинна переробка нафти, яка включає дистиляцію під високим тиском та температурою, може призвести до неконтрольованих хімічних реакцій та вибухів при технічних збоях. Вторинні процеси, такі як каталітичне розщеплення, збільшують ризик пожежі через високі температури та наявність легкозаймистих газів.

Робота нафтопереробних заводів супроводжує значними забрудненнями повітря викидами вуглецю, сірки та інших шкідливих газів. Забруднення водою відбувається через скидання відходів і неконтрольованих витоків, які можуть вплинути на водні екосистеми і якість питної води.

Аварії на нафтопереробних заводах, такі як вибух на заводі у Техасі, демонструють свою мертву небезпеку, яку становлять такі об'єкти, з особливим ризиком для робітників та прилеглих громад.

Ці два типи об'єктів є прикладами високого ризику, які існують у промисловому секторі, і вимагають правильного регулювання, постійного перегляду та покращення заходів безпеки для мінімізації деяких загроз.

Енергетичні установки на яких зберігаються або використовуються хімічні речовини

Теплові електростанції (ТЕС) є одними з основних джерел викидів небезпечних хімічних речовин у навколишнє середовище. Ці установки працюють на спалюванні викопних палив, таких як вугілля, нафта та природний газ. Процес спалювання призводить до утворення і викиду в атмосферу значної кількості забруднювальних речовин. Серед основних забруднювачів, які викидаються тепловими електростанціями, є діоксид сірки (SO₂), оксиди азоту

(NO_x), вуглекислий газ (CO₂), тверді частки (зола), ртуть та інші важкі метали. Діоксид сірки (SO₂) утворюється при спалюванні вугілля та нафти і є головним компонентом кислотних дощів, які мають шкідливий вплив на екосистеми та людське здоров'я. Оксиди азоту (NO_x), що утворюються при високотемпературному спалюванні палива, сприяють утворенню фотохімічного смогу та кислотних дощів, а також негативно впливають на дихальну систему людей. Вуглекислий газ (CO₂) є одним з основних парникових газів, який сприяє глобальному потеплінню та зміні клімату. Тверді частки (зола) утворюються при спалюванні вугілля і можуть містити різні токсичні метали, такі як ртуть, свинець та кадмій, які при потрапленні у навколишнє середовище можуть забруднювати повітря, воду та ґрунт, що призводить до негативних наслідків для здоров'я людей та екосистем. Ртуть, яка є надзвичайно токсичною, може накопичуватися в харчових ланцюгах і завдавати значної шкоди організмам, включаючи людей, впливаючи на нервову систему та функціонування інших органів.

Гідроелектростанції (ГЕС), хоча й вважаються більш екологічно чистими порівняно з іншими видами електростанцій, також можуть спричиняти викиди небезпечних хімічних речовин під час допоміжних процесів, зокрема будівництва та обслуговування. Будівництво гребель і водосховищ може призводити до викидів твердих часток у повітря, що забруднюють атмосферу та впливають на здоров'я людей, спричиняючи респіраторні захворювання. Під час обслуговування використовуються мастильні матеріали та інші хімікати, які можуть витікати та забруднювати ґрунт і водні ресурси. Забруднення води є особливо критичним, оскільки витіки мастил і інших хімічних речовин можуть потрапляти у річки та водосховища, призводячи до деградації водних екосистем, загибелі риб та інших водних організмів. Також це негативно впливає на якість питної води для населення поблизу ГЕС, спричиняючи захворювання. Важливо впроваджувати заходи для мінімізації викидів, зокрема застосовувати екологічно

чисті матеріали, забезпечувати регулярний моніторинг стану навколишнього середовища та впроваджувати технології для очищення забруднень.

Транспортна інфраструктура як можливе джерело забруднень хімічними речовинами

Викиди небезпечних хімічних речовин на транспортній інфраструктурі пов'язані із перевезенням та їх використанням у транспортних засобах, становлять значну загрозу для навколишнього середовища та здоров'я населення. Основні джерела таких викидів включають автомобільний, залізничний, авіаційний та морський транспорт.

Автомобільний транспорт є одним із головних джерел викидів небезпечних хімічних речовин. Спалювання бензину та дизельного палива у двигунах внутрішнього згоряння призводить до викиду оксидів азоту (NO_x), монооксиду вуглецю (CO), вуглеводнів (HC), твердих часток та вуглекислого газу (CO_2). Ці забруднювачі спричиняють респіраторні захворювання, погіршують якість повітря та сприяють глобальному потеплінню.

Залізничний транспорт також спричиняє викиди небезпечних речовин, особливо якщо локомотиви працюють на дизельному паливі. Викиди оксидів азоту, твердих часток та вуглекислого газу сприяють забрудненню повітря та негативно впливають на здоров'я людей.

Авіаційний транспорт є значним джерелом викидів хімічних речовин, зокрема оксидів азоту, монооксиду вуглецю, вуглеводнів, твердих часток та вуглекислого газу. Викиди на великих висотах мають тривалий вплив на атмосферу та сприяють утворенню парникових газів, що впливають на зміну клімату.

Морський транспорт, що використовує важке паливо, спричиняє викиди оксидів сірки (SO_x), оксидів азоту, твердих часток та вуглекислого газу. Оксиди

сірки сприяють утворенню кислотних дощів, які шкодять екосистемам і можуть завдати шкоди здоров'ю людей.

Окрім цього, перевезення НХР, таких як нафта, нафтопродукти, аміак, хлор, кислоти, луги, вибухові речовини, природний газ, пропан та бутан, також становить серйозну загрозу. Витоки цих речовин під час транспортування можуть призвести до значних аварій, забруднення навколишнього середовища та серйозних наслідків для здоров'я людей. Наприклад, аварія нафтоналивного танкера Exxon Valdez у 1989 році призвела до масштабного розливу нафти в Алясці, завдавши значної шкоди морському середовищу [7].

1.2. Основні ризики та небезпеки на хімічно небезпечному об'єкті

Експлуатація хімічно небезпечного об'єкту несе в собі значні ризики, які можуть вплинути на здоров'я людей, безпеку працівників та навколишнє середовище. Розуміння цих ризиків є ключовим для розробки ефективних заходів запобігання та реагування. Хімічні заводи та інші подібні об'єкти часто вимагають або виробляють токсичні хімічні сполуки, які можуть бути небезпечними при витоку або несанкціонованому викиді в атмосферу. Викиди можуть відбуватися через аварії, недоліки в процесах управління, зношення обладнання або під час транспортування хімікатів. Наслідки таких викидів включають серйозні забруднення повітря, води та можуть призводити до хімічних отруєнь, екологічних катастроф і тривалих проблем зі здоров'ям для місцевих громад.

Хімічні речовини, особливо легкозаймисті рідини та гази, створюють високий ризик вибухів і пожеж. Ці інциденти можуть бути спричинені неправильним зберіганням, технічними несправностями або людськими помилками. Вибухи та пожежі на хімічних заводах можуть призвести до

катастрофічних наслідків, включаючи значні людські жертви, руйнування інфраструктури та широкомасштабне забруднення середовища.

Велика кількість обладнання на хімічних заводах піддається високому тиску, температурі та хімічній корозії, що може спричинити механічні пошкодження. Несправності в системах контролю можуть призвести до втрати контролю над процесами, які можуть спричинити вибухи, витoki хімікатів та інші аварійні ситуації. Забезпечення належного технічного обслуговування та тимчасовий ремонт є критичним для зниження ризиків.

Кожен з цих ризиків вимагає спеціальних стратегій управління, які мають включати інженерні та адміністративні заходи, а також ретельний моніторинг і готовність до надзвичайних ситуацій. Розуміння та правильне управління цими ризиками може передбачати утворення небезпеки, асоційовані з ХНО.

Додатково, для мінімізації ризиків необхідно впроваджувати сучасні технології та системи безпеки. Наприклад, автоматизовані системи контролю процесів можуть допомогти у виявленні і запобіганні потенційних аварійних ситуацій. Системи раннього виявлення витоків і датчики для контролю рівня токсичних речовин можуть зменшити ймовірність великих викидів.

Важливим аспектом є навчання та підготовка персоналу. Працівники хімічних об'єктів повинні бути добре підготовлені до дій у разі аварійних ситуацій, знати основи хімічної безпеки, мати навички роботи з аварійним обладнанням та засобами індивідуального захисту (ЗІЗ). Регулярні тренування та симуляції аварійних ситуацій сприяють підвищенню готовності персоналу до надзвичайних подій.

Важливо враховувати фактори зовнішнього середовища та соціально-економічні умови при розміщенні хімічних об'єктів. Проведення оцінки впливу на навколишнє середовище дозволяє визначити потенційні ризики та розробити стратегії їх мінімізації. Врахування думки місцевих громад та забезпечення їх

обізнаності про можливі ризики та заходи безпеки є важливим елементом управління ризиками.

Крім того, слід впроваджувати систему управління охороною здоров'я та безпекою праці (ОЗБП), яка включає аналіз ризиків, розробку політик і процедур, моніторинг та аудит виконання заходів безпеки. Це допомагає систематично підходити до управління ризиками та забезпечувати постійне вдосконалення процесів.

Для підвищення рівня безпеки також можна використовувати міжнародні стандарти та кращі практики у сфері хімічної безпеки, такі як стандарти ДСТУ ISO 45001:2019 (системи управління охороною здоров'я та безпекою праці) та ДСТУ ISO 14001:2015 (системи екологічного управління) [8, 9].

Загалом, ефективне управління ризиками на ХНО вимагає комплексного підходу, що включає технічні, організаційні та адміністративні заходи, а також постійне вдосконалення та адаптацію до нових викликів і технологій.

Таблиця 1

Потенційно небезпечні об'єкти з небезпечними хімічними речовинами

Назва об'єкту	Розташування	НХР	Кількість НХР	Потенційні ризики
ПАТ «Київський завод хімічних добрив»	Київ	Аміак	500 тон	Вибух, токсичні викиди
ТОВ «Одеснафтопереробка»	Одеса	Бензол	200 тон	Пожежа, токсичні викиди
ТОВ «ДніпроХімСклад»	Дніпро	Хлор	100 тон	Витік, токсичні викиди
ПрАТ «Фармацевтична компанія Львів»	Львів	Метанол	50 тон	Пожежа, токсичні викиди

Висновок до розділу 1

У розділі 1 кваліфікаційної роботи проведено комплексну оцінку хімічної обстановки при надзвичайних ситуаціях на хімічно небезпечних об'єктах (ХНО). Основна увага була зосереджена на аналізі потенційно небезпечних об'єктів та ХНО, їх класифікації за видами діяльності та рівнем потенційної небезпеки. Встановлено, що промислові підприємства, енергетичні установки та транспортна інфраструктура є основними джерелами хімічної небезпеки через наявність на них та використання небезпечних хімічних речовин.

Розглянуті основні ризики на ХНО, серед яких токсичні викиди, пожежі, вибухи та механічні пошкодження, які можуть мати серйозні наслідки для здоров'я людей та навколишнього середовища. Визначено, що ефективне управління цими ризиками вимагає впровадження комплексних інженерних та адміністративних заходів, систем моніторингу і контролю, а також регулярних перевірок та інспекцій для своєчасного виявлення потенційних загроз. Окрема увага приділена важливості систематичного моніторингу та контролю за станом ХНО, що мінімізує ризики виникнення аварій та сприяє своєчасному усуненню потенційних проблем.

Таким чином, проведений аналіз свідчить, що комплексна оцінка хімічної обстановки на хімічно небезпечних об'єктах є критично важливою для забезпечення безпеки населення і мінімізації ризиків при надзвичайних ситуаціях.

РОЗДІЛ 2

МОНІТОРИНГ ХІМІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЗАХОДІВ У ВИПАДКУ АВАРІЇ НА ХІМІЧНО НЕБЕЗПЕЧНОМУ ОБ'ЄКТІ

2.1. Моніторинг та контроль на хімічно небезпечних об'єктах

Для попередження аварій на ХНО необхідно впроваджувати комплексні інженерні рішення. Автоматизовані системи контролю та управління (АСУ) дозволяють безперервно здійснювати моніторинг критичних параметрів, таких як температура, тиск, рівень токсичних речовин і концентрація газів. Ці системи можуть автоматично виявляти аномалії та активувати заходи реагування, наприклад, закриття клапанів чи включення систем аварійного скидання. Використання розподілених систем управління та програмованих логічних контролерів забезпечує автоматизацію виробничих процесів та їх безпечне функціонування.

Ефективні системи вентиляції та очищення повітря мають забезпечувати достатню циркуляцію повітря та видалення небезпечних газів і парів. Високоєфективні фільтри очищують повітря від токсичних речовин перед його випуском у навколишнє середовище, а локалізовані витяжки встановлюються у місцях з високою концентрацією небезпечних речовин для їх швидкого видалення.

Бар'єри та фізичні засоби захисту включають встановлення захисних бар'єрів навколо небезпечних зон для запобігання доступу неуповноважених осіб та мінімізації ризику випадкових контактів. Захисні кожухи на обладнанні запобігають викидам небезпечних речовин у разі пошкодження, а протипожежні

бар'єри у вигляді стін і дверей з високою вогнестійкістю обмежують поширення вогню у разі пожежі.

Системи попередження та сигналізації повинні включати детектори газу, диму та вогню для раннього виявлення небезпечних умов та активації сигналів тривоги. Системи звукового та світлового сповіщення інформують працівників про небезпеку та необхідність евакуації, а зовнішні системи оповіщення інформують населення про аварію та заходи безпеки.

Використання корозійно-стійких матеріалів для виготовлення обладнання та трубопроводів, а також нанесення ізоляційних покриттів на обладнання для захисту від корозії, високих температур та механічних пошкоджень забезпечує додатковий рівень захисту. Впровадження цих інженерних рішень дозволяє ефективно контролювати джерела небезпеки, мінімізуючи ймовірність аварій та їх потенційні наслідки.

Для забезпечення безпеки на ХНО важливо впровадити системи моніторингу та контролю, які включають встановлення датчиків та систем контролю. Ці системи дозволяють виявляти витіки, надмірний тиск, температуру та інші критичні параметри в режимі реального часу. Вони забезпечують своєчасне виявлення потенційних проблем та активацію відповідних заходів реагування, що допомагає запобігти аваріям.

Регулярні перевірки та інспекції обладнання і систем є невід'ємною частиною моніторингу та контролю. Регулярні огляди дозволяють виявляти та усувати потенційні проблеми до того, як вони призведуть до аварійних ситуацій. Це включає перевірку стану обладнання, функціональності систем моніторингу, а також виявлення зношених або пошкоджених компонентів, які можуть спричинити аварію.

Загалом, впровадження систем моніторингу та проведення регулярних перевірок забезпечують ефективний контроль за станом ХНО, мінімізують

ризика виникнення аварій та сприяють своєчасному виявленню і усуненню потенційних проблем.

2.2. Ліквідація наслідків аварії пов'язаних з небезпечними хімічними речовинами

Ліквідація наслідків аварій, пов'язаних з небезпечними хімічними речовинами (НХР), є складним і багатоступеневим процесом, який спрямований на збереження життя і здоров'я людей, а також на локалізацію і усунення хімічного забруднення.

Перший етап включає проведення аварійно-рятувальних робіт, які передбачають розвідку осередку ураження для визначення масштабу руйнувань і встановлення меж зони зараження. Це включає оцінку напрямку і швидкості розповсюдження небезпечних речовин та визначення тривалості дії джерела забруднення.

Наступний крок полягає в оповіщенні рятувальників та населення про загрозу ураження хімічними речовинами. Після цього здійснюються заходи з локалізації осередків ураження, що включають проведення дегазації будівель, споруд, місцевості та техніки. Санітарна обробка особового складу та населення також є важливою складовою цього етапу.

Крім того, надається екстрена медична допомога потерпілим, які потім евакуюються до лікувальних закладів. Евакуація населення у безпечні райони є критичним заходом, який забезпечує безпеку людей в умовах хімічної загрози.

Перед початком ліквідаційних робіт проводиться рекогносцировка району аварії, під час якої оцінюється масштаб аварії та визначаються можливі зони розповсюдження небезпечних речовин. Важливими факторами, що

враховуються, є метеорологічні умови, які можуть вплинути на поширення хімічних речовин.

Таким чином, процес ліквідації наслідків аварій на ХНО включає комплекс заходів, спрямованих на забезпечення безпеки населення та мінімізацію впливу НХР на навколишнє середовище.

Під час ліквідації наслідків аварії, де присутні НХР, першочерговими заходами є блокування або нейтралізація джерел небезпеки. Це включає зменшення інтенсивності їх дії та обмеження поширення небезпечних факторів. Зазвичай це може вимагати відключення або знищення різних видів обладнання, таких як вентиляційні системи, електроустановки, системи газопостачання, каналізації та інші потенційно небезпечні елементи на місці аварії. Наприклад, якщо аварія сталася на хімічному заводі, першочерговим завданням буде ізоляція і контроль над реакторами та іншими технологічними установками, щоб запобігти подальшому витоку небезпечних речовин.

Для запобігання поширенню хімічної хмари, яка утворюється внаслідок аварії, встановлюють водяні завіси та задіють установки нейтралізації і локалізації. Це може включати використання спеціальних розпилувачів, які створюють бар'єр для хімічних речовин, не дозволяючи їм поширюватись на великі відстані. Пожежні автомобілі можуть використовуватись для створення водяних завіс та нейтралізації розлитих НХР, використовуючи для цього великі об'єми води.

Для нейтралізації НХР використовуються спеціальні водяні завіси, розпилувачі та наявні установки. Це дозволяє зменшити концентрацію небезпечних речовин у повітрі та на поверхні, де сталася аварія. Заборонено застосовувати пожежну техніку для нейтралізації НХР спеціальними розчинами, якщо це може пошкодити техніку, оскільки деякі хімічні речовини можуть бути корозійними або небезпечними для матеріалів, з яких виготовлене обладнання.

Використання таких розчинів може призвести до виходу з ладу важливих засобів боротьби з аварією, що може ускладнити або навіть унеможливити ефективну ліквідацію наслідків.

Обов'язкове використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) включає ізоляційні захисні дихальні апарати та газохімзахисні костюми, оскільки фільтруючі протигази заборонені. Засоби захисту повинні відповідати державним стандартам та технічним умовам. Тривалість роботи залежить від типу ЗІЗ, рівня фізичного навантаження, типу роботи та реальної обстановки на місці події.



Рисунок 2. – Газохімзахисний костюм

Роботу доцільно організовувати у трьох змінах: одна зміна працює, друга готова надати допомогу, третя відпочиває. Під час виконання важкої фізичної роботи відпочинок має бути пасивним, а відпочинок включає повноцінний сон тривалістю не менше 7-9 годин. У разі низьких температур відпочинок має

проводитись у теплих приміщеннях, при високих температурах – у прохолодних приміщеннях або в тіні.

При легкому навантаженні час роботи становить 180 хвилин, при середньому – 75 хвилин, при важкому – 40 хвилин. Використання ізоляторного газохімзахисного костюма дозволяє працювати 180 хвилин при легкому навантаженні, 60 хвилин при середньому та 30 хвилин при важкому [10].

Необхідно дотримуватись правил безпеки праці, державних стандартів та технічних умов. Інструменти мають бути перевірені на наявність пошкоджень та справності. Заходи для підтримання працездатності включають охолодження захисних засобів, забезпечення тимчасової заміни особового складу, організацію відпочинку у відповідних умовах та постійний медичний контроль. Проводиться регулярне опитування про самопочуття, візуальний контроль зовнішнього вигляду, а при необхідності – медичний огляд.

Для підвищення тривалості роботи в ізолюючих газохімзахисних костюмах у спекотну погоду застосовується періодичне поливання захисних костюмів холодною водою або використання охолоджуючих накидок.

Для забезпечення безперервності проведення робіт з ліквідації наслідків аварії необхідно створити резерв сил та засобів, включаючи ізолюючі газохімзахисні костюми, захисні дихальні апарати та балони, які повинні знаходитись за межами зони хімічного забруднення.

Способи і засоби локалізації аварій за наявності НХР та ліквідації їх наслідків

Аварії на хімічних об'єктах становлять серйозну загрозу для навколишнього середовища та населення. Ефективна локалізація та нейтралізація хімічних забруднень є ключовими для мінімізації негативних наслідків таких інцидентів.

Першочерговим заходом у разі аварії є припинення витоку НХР. Для цього використовують різні методи, такі як відключення пошкодженого обладнання та перекриття кранів і засувки на трубопроводах. У разі прориву ємностей або трубопроводів застосовують аварійні накладки, заглушки або перекачування рідини з аварійної ємності до резервної. Усі ці дії виконуються під наглядом фахівців, які відповідають за безпеку на об'єкті.

Щоб зменшити площу та інтенсивність випаровування НХР, створюються перешкоди для їх розтікання. Це можуть бути обвалування місця розливу, створення бар'єрів або збір НХР у природні заглиблення, такі як ями або канали. Такі заходи допомагають обмежити зону забруднення та зменшити ризики для навколишнього середовища.

Зниження швидкості випаровування НХР досягається шляхом встановлення водяних завіс або завіс з нейтралізуючих розчинів на шляху хмари НХР. Крім того, для розсіювання хмари можуть використовуватися газоповітряні потоки. Для поглинання НХР застосовують сипучі адсорбційні матеріали, такі як ґрунт, пісок або керамзит. Ізоляція НХР пінами також є ефективним методом, особливо коли додаються нейтралізуючі речовини.

Для обмеження поширення парогазової суміші НХР використовуються дрібнодисперсні водяні завіси, створені за допомогою пожежної техніки з певним тиском струменя води. У воду можуть додаватися нейтралізуючі речовини для ефективної ізоляції та нейтралізації НХР.

Водяні завіси створюються за допомогою пожежних насосів, які забезпечують необхідний тиск води. Для підвищення ефективності у воду можуть додаватися нейтралізуючі речовини. Ці завіси формуються вертикально на шляху руху хмари НХР, враховуючи конструктивні особливості приміщення, рельєф місцевості та метеорологічні умови.

Для поглинання слабкої фази НХР використовують адсорбенти, такі як ґрунт, пісок чи керамзит. Ці матеріали насипаються на розливу речовину, створюючи шар товщиною не менше 10-15 см. Забруднений адсорбент збирають та вивозять для подальшої дегазації або нейтралізації.

Ізоляція піною зменшує випаровування НХР. У піну можуть додаватися нейтралізуючі речовини, які вступають у реакцію з НХР. Цей метод вимагає наявності значних технічних засобів для створення великого об'єму піни.

Розрідження струменем води або нейтралізуючих розчинів є доступним методом зниження випаровування. Вода або розчини можуть подаватися у вигляді дрібнодисперсних або компактних струменів. Важливо уникати контакту речовини з людьми та забезпечити правильне дозування для ефективної нейтралізації.

Дрібнодисперсний струмінь води забезпечує ефективну дегазацію слабкої фази та пар НХР. Це досягається за рахунок високої дисперсності крапель води, які зв'язують парогазову фазу НХР. Цей метод використовується для локалізації та нейтралізації хімічного забруднення в місці аварії.

Залежно від умов аварії та наявних технічних засобів, можуть використовуватися комбіновані методи локалізації та нейтралізації НХР. Поєднання методів, таких як водяні завіси, адсорбція, ізоляція піною та інші, дозволяє досягти максимального ефекту у зменшенні впливу хімічних забруднень на довкілля та населення.

Ефективна локалізація та нейтралізація хімічних забруднень є ключовими для мінімізації негативних наслідків аварій на хімічних об'єктах. Використання різних методів у комплексі дозволяє забезпечити високу ефективність заходів з ліквідації наслідків та захисту населення.

2.2.1. Організація управління рятувальними роботами в зонах хімічного ураження

Аварії на ХНО супроводжуються кількома ключовими уражаючими факторами. До них належать раптові викиди токсичних хімічних речовин у навколишнє середовище, що може призвести до серйозного забруднення повітря, води та ґрунту. Пожежі, які виникають під час таких аварій, супроводжуються виділенням токсичних продуктів горіння, що значно підвищує ризик ураження. Вибухи можуть статися через хімічні реакції або накопичення легкозаймистих газів, що завдає серйозних руйнувань інфраструктурі та будівлям, а також спричиняє травми та загибель людей. Задимлення і хімічне забруднення повітря здатні поширюватися на великі території, спричиняючи тривалі проблеми зі здоров'ям у місцевого населення та погіршуючи екологічну ситуацію.

Підрозділи хімічної розвідки відіграють ключову роль у виявленні та оцінці рівня хімічного забруднення. Керівник рятувальними роботами, отримавши інформацію про хімічну аварію, оцінює масштаби можливого зараження шляхом аналізу кількості та концентрації небезпечних речовин, метеорологічних умов, швидкості і напрямку вітру. Він визначає райони, які можуть бути піддані зараженню, та оцінює кількість населення, яке може постраждати від хмари зараженого повітря. Підрозділи, залучені до рятувальних робіт, отримують завдання щодо проведення хімічної та медичної розвідки, захисту населення, евакуації постраждалих, локалізації та ліквідації наслідків аварії. Вони також виконують роботи з деконтамінації (видалення або знешкодження хімічних речовин) територій та об'єктів, усунення витоків хімічних речовин та відновлення інфраструктури.

Райони та наслідки руйнувань ХНО визначаються на основі оцінки масштабу викидів, типу хімічних речовин, які були випущені, та їх впливу на навколишнє середовище. Важливо враховувати напрямок поширення токсичних

речовин, метеорологічні умови та типи будівель та інфраструктури, що можуть бути уражені. Для проведення рятувальних робіт можуть залучатися підрозділи цивільного захисту, невоєнізовані формування об'єктів господарської діяльності, територіальні органи, а також військові частини і підрозділи Міністерства оборони та Міністерства внутрішніх справ. Вибір підрозділів залежить від типу аварії та масштабів катастрофи.

Масштаби осередку хімічного зараження аналізуються шляхом визначення районів, підданих хімічному зараженню, типу та концентрації небезпечних речовин, впливу метеорологічних умов на поширення зараженого повітря, глибини зони зараження та тривалості впливу хімічних речовин. Також аналізуються можливі ділянки застою і затікання хімічних речовин. Забезпечення належного технічного обслуговування та ремонту обладнання включає регулярні інспекції, профілактичне обслуговування, своєчасний ремонт, модернізацію обладнання, використання захисних матеріалів та технологій для запобігання корозії та пошкоджень, а також навчання персоналу правилам експлуатації та технічного обслуговування.

Після з'ясування завдання та оцінки обстановки приймається рішення щодо районів зосередження основних зусиль, послідовності та способів виконання рятувальних робіт, розподілу сил і засобів, маршрутів евакуації, заходів безпеки та взаємодії підрозділів. Також визначаються місця розташування резерву та порядок організації управління. Підрозділи хімічного захисту виконують завдання з виявлення та нейтралізації НХР, проведення санітарної обробки територій та обладнання, усунення витоків хімікатів, забезпечення захисту особового складу та населення, а також надання допомоги в організації рятувальних робіт.

Інженерно-технічні заходи для обмеження розтікання НХР включають влаштування загороджувальних валів, обвалування канав, створення периметру

захисту, встановлення тимчасових бар'єрів, використання абсорбентів для збирання розлитих хімікатів, а також проведення робіт з деконтамінації та відновлення забруднених територій.

Таким чином, ефективне управління рятувальними роботами в зонах хімічного ураження вимагає комплексного підходу, що включає оперативну евакуацію населення, надання медичної допомоги, оцінку та нейтралізацію небезпечних речовин, а також організацію технічного обслуговування і відновлення пошкодженої інфраструктури. Лише злагоджена робота всіх залучених підрозділів та належне планування дозволять мінімізувати негативні наслідки таких аварій.

2.2.2. Проведення розвідки та оцінка оперативної обстановки при аварії за наявності небезпечних хімічних речовин.

Розвідка місця аварії виконується для точного визначення стану аварійного об'єкта, встановлення типу аварії, масштабу та меж зони хімічного зараження, а також для постійного спостереження за зміною обстановки на місці аварії. Ця розвідка забезпечує збір даних для оцінки оперативної ситуації та визначення необхідних ресурсів для гасіння пожежі, проведення аварійно-рятувальних робіт та захисту особового складу. Розвідка здійснюється безперервно з моменту отримання повідомлення про аварію до повної її ліквідації, дотримуючись принципів безперервності, своєчасності, повноти та достовірності даних [11].

Розвідку проводять керівник аварійно-рятувальних робіт і гасіння пожежі (КАРР і ГП), інші особи за його дорученням, а також посадові особи, які керують виконанням робіт. У випадку необхідності одночасного проведення розвідки в кількох напрямках створюються кілька розвідувальних груп. Кожна група складається з трьох осіб, очолюється командиром відділення і забезпечується ЗІЗ.

Якщо на місці аварії є потерпілі, склад розвідки збільшується для надання їм допомоги [12].

Керівник робіт організовує взаємодію з адміністрацією об'єкта, диспетчером та інженерно-технічним персоналом, визначає напрямки розвідки, особисто проводить розвідку на найбільш складних ділянках, встановлює кількість та склад розвідувальних груп, ставить завдання перед ними та визначає засоби зв'язку. Він також забезпечує групи необхідним спорядженням, створює резервну групу для надання допомоги у випадку непередбачених обставин, визначає місце контрольно-пропускного пункту (КПП) та призначає його начальника. Начальник КПП підтримує зв'язок з розвідувальними групами, контролює час перебування особового складу в зоні хімічного забруднення та проводить інструктаж з безпеки.

Основними завданнями розвідки є встановлення місця виникнення аварії, характеру її розвитку, а також оцінка стану наземних транспортних систем і прохідності місцевості для руху аварійно-рятувальних сил.

Під час проведення хімічної розвідки необхідно оцінювати кількість витеклої НХР, площу та характер розлиття, вид і концентрацію НХР, характер і масштаби зараження місцевості, води, повітря, об'єктів і техніки, а також межі зон хімічного зараження. Використовуються прилади хімічної розвідки та газоаналізатори, а також спостереження за обстановкою та напрямком вітру в приземному шарі.

Розміщення постів хімічної розвідки має свої особливості. На відкритих територіях пости розміщуються через кожні 20-30 метрів, а у приміщеннях – через 10-15 метрів, з особливою увагою до місць можливого накопичення НХР, таких як колодязі, шахти, підвальні приміщення, котловани тощо. Це дозволяє забезпечити ефективний моніторинг та контроль за поширенням НХР.

Під час пересування до місця аварії слід рухатися тільки з навітряного боку, заздалегідь розробленими маршрутами. Техніку необхідно розміщувати з навітряного боку не ближче ніж 150 метрів до місця виливу або викиду НХР, щоб уникнути зупинки роботи двигуна. Ця відстань повинна уточнюватися за даними хімічної розвідки та прогнозу поширення хмари НХР.

Для забезпечення безпеки населення і рятувальних сил необхідно вести постійне метеорологічне спостереження та спостереження за зміною хімічної обстановки в зоні пожежі або аварії. Важливо вчасно попереджати про різку зміну обстановки, надавати необхідні дані для організації аварійно-рятувальних робіт та забезпечення заходів хімічної безпеки. Також потрібно встановлювати наявність потенційних джерел вторинних уражаючих факторів і визначати місцезнаходження потерпілих, їх кількість, фізичний стан та шляхи евакуації.

Оцінка оперативної обстановки є ключовим етапом у реагуванні на аварії на ХНО. Основна мета оцінки оперативної обстановки полягає в тому, щоб визначити необхідні сили і засоби для гасіння пожежі, локалізації аварії, ліквідації її наслідків, урятування людей та захисту особового складу.

Збір інформації для оцінки оперативної обстановки здійснюється за допомогою різних джерел. Важливу роль відіграють оперативні документи, такі як плани пожежогасіння і правила охорони праці при ліквідації наслідків аварій на об'єктах підвищеної небезпеки, які містять основні стратегії та тактики реагування. Зовнішні ознаки, виявлені під час розвідки пожежі або аварії, також є критичними, оскільки вони дозволяють оперативно оцінити ситуацію на місці події. Аварійні картки НХР, маркування небезпечного вантажу, фарбування технологічного обладнання та знаки безпеки надають додаткову інформацію про види небезпечних речовин та їх потенційну загрозу. Перевізні документи на небезпечний вантаж і аварійні картки небезпечного вантажу допомагають ідентифікувати та класифікувати небезпеку. Відомості, отримані від

співробітників штабу з ліквідації наслідків аварії, чергових диспетчерів, адміністрації, інженерно-технічного персоналу об'єкта та інших осіб, які спостерігали виникнення та розвиток аварійної ситуації, забезпечують повноту і актуальність інформації.

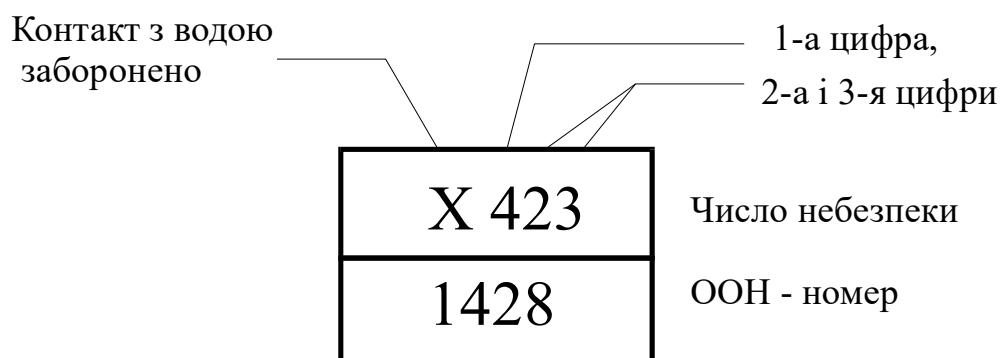


Рисунок 3. – Застережна табличка небезпечного вантажу (табличка небезпеки).

При оцінці оперативної обстановки необхідно враховувати низку факторів. Перш за все, слід встановити місце виникнення і характер розвитку аварійної ситуації. Важливо визначити наявність, загальну кількість і концентрацію НХР на об'єкті, а також площу і характер їх розлиття. Межі зони хімічного впливу мають бути чітко окреслені для забезпечення ефективної евакуації та захисту населення. Здатність НХР реагувати з водою або іншими вогнегасними речовинами може посилити горіння або ускладнити обстановку, тому цей фактор також слід враховувати. Метеорологічні умови, такі як вітер, температура і вологість, можуть вплинути на рух хмар НХР та можливість їх зміни, що необхідно враховувати під час планування заходів реагування.

При виникненні аварії створюється оперативний штаб з ліквідації наслідків аварії, до складу якого входять представники різних служб. Їхні функції розподіляються залежно від характеру аварії і необхідних заходів. Наприклад,

представники пожежних служб можуть зосередитися на гасінні пожежі, тоді як медичні служби надають першу допомогу постраждалим. Спеціалізовані підрозділи можуть бути відповідальними за оцінку і нейтралізацію хімічної загрози.

Соляна (хлороводнева кислота)						80
						1789
HCl						
						Респ.
						67 B
IMDG	HAZ	КН	ГДК	ЛД		КХ
8114	2 R	2	5	2?35		
V4A, ПВХ, Поліетилен, Тефлон						

Рисунок 4. – Аварійна картка небезпечного вантажу.

Забезпечення ЗІЗ здійснюється відповідно до виду НХР, масштабу аварії, типу, кількості та розміщення їх. Важливо враховувати також допустимий час перебування в зоні хімічного ураження, щоб уникнути перевищення безпечних рівнів впливу на особовий склад.

На ХНО оцінка оперативної обстановки включає визначення кількості та властивостей НХР у зоні пожежі або аварії, об'єму ємностей та їх розташування, можливість вибуху, руйнувань або витoku НХР з обладнання. Враховується

також наявність спеціальних насосів для аварійного перекачування НХР, можливість аварійної зупинки технологічних установок, а також заходи щодо запобігання розгерметизації обладнання під високим тиском.

Для обмеження зони хімічного забруднення використовуються спеціальні засоби і техніка. Наявність необхідних запасів засобів нейтралізації і порядок їх використання також є важливими аспектами при ліквідації наслідків аварії. Це можуть бути обвалювання, аварійні збірні ємності, пристрої для локалізації. Важливо мати чіткі плани і засоби для проведення інженерних заходів щодо обмеження зони хімічного забруднення.

Оцінка оперативної обстановки під час аварій на ХНО є комплексним процесом, що вимагає ретельного збору інформації та координації дій різних служб і підрозділів. Вона спрямована на забезпечення ефективного реагування на аварійні ситуації, захисту життя і здоров'я людей, а також мінімізації екологічних та матеріальних збитків.

2.3. Комплекс заходів безпеки для роботи в умовах хімічного забруднення

Робота в зоні хімічного забруднення вимагає особливих заходів безпеки для забезпечення захисту здоров'я та життя персоналу. Враховуючи високу корозійність і токсичність НХР, необхідно дотримуватися низки заходів для мінімізації ризиків та забезпечення безпеки. Такі зони часто містять речовини, що можуть спричинити серйозні ураження організму, тому заходи безпеки повинні бути суворими та детально продуманими.

Під час роботи в зоні хімічного забруднення важливо забезпечити постійне спостереження за станом ЗІЗ та приладами. Це включає контроль за проникненням парів під маску, станом захисних костюмів та функціонуванням

дихальних апаратів. Робочі зони повинні бути оснащені спеціальними датчиками та сигналізаційними системами для моніторингу рівня небезпечних речовин у повітрі. У разі погіршення самопочуття або виявлення пошкоджень необхідно негайно припинити роботу. Робітники повинні пройти дегазацію, а пошкоджені ЗІЗ мають бути передані на обстеження та відновлення. Постраждалим необхідно надати першу медичну допомогу і відправити до лікувального закладу. Це включає оцінку стану здоров'я, надання першої допомоги і транспортування до лікарні для подальшого лікування.

Ізолюючі газохімзахисні костюми, що не призначені для використання в умовах високих температур і теплового випромінювання, потребують додаткового захисту. Для цього використовуються водяні завіси або зрошення за допомогою розпилювачів, що допомагає уникнути перегріву і пошкоджень. Крім того, такі костюми повинні бути виготовлені з матеріалів, стійких до впливу хімічних речовин, щоб забезпечити максимальний захист персоналу.

Після виходу із зони хімічного забруднення слід провести дегазацію захисних костюмів і промити їх проточною водою. У разі потрапляння НХР на відкриті ділянки тіла необхідно негайно провести часткову санітарну обробку, видалити НХР зі шкіри, застосувати спеціальні розчини для дегазації та змити водою з милом. Важливо мати у зоні доступні станції для обмивання, де персонал може швидко змити забруднення з тіла. Повна санітарна обробка включає обмивання шкіри теплою водою з мийними засобами, що триває 30-40 хвилин. Вона проводиться на спеціальних пунктах з відповідними санітарно-гігієнічними вимогами. У теплу пору року санітарна обробка може проводитися на відкритому повітрі в незабрудненій зоні.

Територія санітарно-обмивального пункту поділяється на дві частини – брудну та чисту. Планування пункту має забезпечити, щоб потоки особового складу не перетиналися. Приміщення для повної санітарної обробки повинні

включати роздягальне, обмивальне та відділення для одягу. Таке зонування дозволяє уникнути вторинного забруднення та забезпечити ефективну санітарну обробку.

Після виконання робіт у зоні хімічного забруднення проводиться дегазація і контроль ізолюючих захисних дихальних апаратів, газохімічних костюмів, одягу, взуття, приладів та іншого обладнання. Весь особовий склад, який брав участь у роботах у зоні хімічного забруднення або проводив роботи із санітарної обробки і дегазації, повинен пройти медичне обстеження, а за необхідності – лікування. ЗІЗ підлягають дегазації відповідно до інструкцій з їх експлуатації. Це включає ретельну перевірку і обробку спеціальними нейтралізуючими засобами, щоб гарантувати безпеку їх повторного використання.

Техніка, яка знаходилася в зоні хімічного забруднення, має бути оброблена нейтралізуючими засобами, промита під струменем води та продута повітрям. Забруднену воду слід відвести у визначені місця для безпечного зберігання або утилізації. Обладнання та інструменти, що контактували з НХР, повинні бути повторно оброблені нейтралізуючими розчинами, промиті водою, витерті і продуті стисненим повітрям. Весь інструмент, що мав контакт з НХР, повинен пройти позачергову перевірку і, при необхідності, технічне обслуговування та ремонт.

Дотримання цих заходів забезпечить безпеку рятувальників та ефективне виконання завдань у зоні хімічного забруднення, мінімізуючи ризики для здоров'я та життя. Впровадження таких заходів гарантує високий рівень захисту, знижуючи ймовірність аварій та забезпечуючи безперебійну роботу в умовах підвищеної небезпеки.

Розробка процедур безпеки

Процес розробки процедур безпеки включає створення детальних інструкцій та алгоритмів для безпечної роботи з небезпечними речовинами, а також визначення порядку дій у разі виникнення аварії.

Спочатку необхідно розробити інструкції з експлуатації обладнання та роботи з хімічними речовинами, які включають чіткі кроки та рекомендації щодо безпечного поводження, зберігання та транспортування. Це також охоплює заходи щодо запобігання розливам, витокам та іншим небезпечним ситуаціям.

Важливо розробити процедури аварійного реагування, які визначають порядок дій персоналу у разі виникнення аварійної ситуації. Це включає в себе алгоритм дій для швидкого реагування, повідомлення відповідальних осіб та служб, евакуацію працівників, використання ЗІЗ та надання першої допомоги постраждалим. Процедури повинні також містити інструкції щодо використання аварійного обладнання, такого як вогнегасники, протигази, системи аварійного душу та інші засоби.

Крім того, розробка процедур безпеки повинна передбачати проведення регулярних тренувань та навчань для персоналу. Це дозволяє працівникам відпрацьовувати необхідні навички та діяти впевнено у разі надзвичайної ситуації. Регулярні перевірки та оновлення інструкцій і процедур забезпечують їх актуальність та ефективність у змінюваних умовах виробництва.

Загалом, створення детальних інструкцій та процедур для безпечної роботи з небезпечними речовинами і порядок дій у разі аварії є ключовими елементами системи управління безпекою на ХНО. Це дозволяє мінімізувати ризики для здоров'я та життя працівників, а також знизити потенційні збитки для навколишнього середовища.

Навчання та підготовка персоналу

Регулярне навчання працівників щодо безпечного поводження з хімічними речовинами та дій при НС є ключовим для забезпечення безпеки на ХНО. Воно включає основне навчання з безпеки, яке передбачає ознайомлення з потенційними небезпеками, правилами безпечного поводження з хімічними речовинами та загальними вимогами щодо охорони праці. Спеціалізоване навчання надається працівникам, які працюють з конкретними небезпечними речовинами чи обладнанням, і включає детальні інструкції щодо їх безпечного використання, зберігання, транспортування, а також дії у разі аварійних ситуацій [13].

Навчання з аварійного реагування допомагає працівникам опанувати необхідні навички для швидкого та ефективного реагування на НС, включаючи евакуацію, використання ЗІЗ, надання першої допомоги та взаємодію з аварійними службами. Проведення практичних занять та симуляцій аварійних ситуацій дозволяє закріпити теоретичні знання на практиці та виявити можливі недоліки в планах аварійного реагування.

Для підтримання високого рівня обізнаності та готовності до дій при НС необхідно регулярно проводити повторне навчання та оновлення знань працівників, включаючи періодичні курси, тестування та інформування про нові ризики та методи їх попередження. Всі навчальні заходи повинні бути задокументовані, а результати навчання та сертифікації працівників збережені, щоб забезпечити відповідність вимогам регуляторних органів та внутрішнім стандартам безпеки. Завдяки регулярному навчанню та підготовці персоналу створюється безпечне робоче середовище, знижуються ризики аварій та підвищується рівень готовності працівників до дій у НС.

Висновок до розділу 2

У розділі було досліджено важливість та методи моніторингу і контролю, а також заходи з ліквідації наслідків аварій за наявності небезпечних хімічних речовин (НХР).

Моніторинг та контроль на ХНО є ключовими елементами попередження аварій. Впровадження автоматизованих систем управління та контролю дозволяє безперервно стежити за критичними параметрами, такими як температура, тиск та концентрація небезпечних речовин. Регулярні перевірки та інспекції обладнання забезпечують своєчасне виявлення та усунення потенційних проблем.

Ліквідація наслідків аварій з НХР включає кілька етапів: розвідку осередку ураження, оповіщення населення, локалізацію та нейтралізацію хімічного забруднення, а також евакуацію потерпілих. Важливими аспектами є застосування засобів індивідуального захисту, організація роботи рятувальних підрозділів у змінному режимі та забезпечення медичної допомоги.

Особливу увагу приділено організації управління рятувальними роботами в зонах хімічного ураження. Визначено важливість підрозділів хімічної розвідки, які оцінюють масштаби хімічного забруднення, встановлюють межі зони зараження та визначають напрямки поширення небезпечних речовин. Правильна координація дій різних служб та своєчасна взаємодія з адміністрацією об'єктів є критичними для ефективної ліквідації наслідків аварій.

Таким чином, комплексний підхід до моніторингу та контролю на ХНО, а також чітка організація заходів з ліквідації наслідків аварій, є ключовими для забезпечення безпеки населення та мінімізації впливу НХР на навколишнє середовище. Запропоновані рекомендації спрямовані на покращення системи управління ризиками та підвищення готовності до надзвичайних ситуацій.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ У ВИПАДКУ АВАРІЇ НА ХІМІЧНО НЕБЕЗПЕЧНОМУ ОБ'ЄКТІ

3.1 Аналіз техногенної безпеки хімічного підприємства на якому зберігається аміак

Аварії на підприємствах, транспорті та продуктопроводах можуть привести до викиду або виливу НХР в атмосфері і на прилеглий території. До таких речовин належать хлор, аміак, синильна кислота, фосген, сірчаний ангідрид та інші, які становлять серйозну загрозу для населення, уражаючи органи дихання, зору та інші органи.

Небезпека викиду або розливу хімічних речовин полягає у забрудненні навколишнього середовища, створенні загрози для всього живого на забрудненій території (загибель людей, тварин, знищення посівів тощо). Крім того, можливість хімічних вибухів може спричинити значні руйнування на великих площах.

Для того, щоб впроваджувати заходи щодо попередження та ліквідації наслідків аварії на ХНО, потрібно спочатку провести ідентифікацію небезпек та визначити чи дійсно об'єкт буде нести загрозу для населення.

Потенційно небезпечний об'єкт вважається об'єктом підвищеної небезпеки відповідного класу у разі, коли значення сумарної маси небезпечної або декількох небезпечних речовин, що використовуються або виготовляються, переробляються, зберігаються чи транспортуються на об'єкті, дорівнює або перевищує встановлений норматив порогової маси [14].

Аналіз техногенної безпеки проведемо на прикладі резервуарного парку хімічного підприємства, розміщеного у сельбищній зоні, де знаходяться 5 вертикальних наземних резервуарів з аміаком об'ємами 5000 т, 5000 т, 5000 т, 2000 т, 2000 т із ступенем заповнення резервуарів 0,95. Відстань до місць великого скупчення людей R (школа) 200 м.

Згідно з додатком 1, аміак відноситься до 1 категорії небезпечних речовин, тому резервуари у яких зберігається аміак є потенційно небезпечним об'єктом [15].

Нам відомі об'єми у кожному резервуарі. Знаходимо сумарний об'єм:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5; \quad (1)$$

$$V = 5000 \text{ м}^3 + 5000 \text{ м}^3 + 5000 \text{ м}^3 + 2000 \text{ м}^3 + 2000 \text{ м}^3 = 19000 \text{ м}^3;$$

де V_1, V_2, V_3, V_4, V_5 – об'єми резервуарів.

Кількість (M , т) небезпечних речовин першої категорії з урахуванням густини речовини, заповнюваності резервуарів, становитиме:

$$M = V \times \rho \times k; \quad (2)$$

де V – об'єм резервуару (19000 м^3);

ρ – густина Аміаку ($0,682 \text{ т/м}^3$);

k – коефіцієнт заповнення ($0,95$).

$$M = 19000 \text{ м}^3 \times 0,682 \text{ т/м}^3 \times 0,95 = 12310,1 \text{ т.}$$

Норматив порогової маси небезпечних речовин 1 категорії згідно з додатком 1 для 1 класу безпеки складає 500 т, для 2 класу – 50 т.

Дане хімічне підприємство вміщає 12310,1 т аміаку, значно більше від нормативу порогових мас відповідних класів.

Можемо зробити висновок, що дане хімічне підприємство відноситься до об'єктів підвищеної безпеки (1 і 2 класів) за масою небезпечних речовин і так, як значення сумарної маси небезпечної речовини перевищує встановлений норматив порогової маси, то цей об'єкт є потенційно небезпечним.

Також, об'єкт розміщений у сельбищній зоні, мінімальна відстань до великого скупчення людей всього 200 м, тому слід провести розрахунок порогової маси ще й за відстанню.

$$Q_{ir} = Q_i \times \left(\frac{R_x}{R_{\Pi}}\right)^2 \quad (3),$$

де Q_{ir} – порогова маса небезпечних речовин;

Q_i – встановлений або розрахований норматив порогової маси;

i – клас 1 або 2 згідно з додатком 1;

R_x – відстань від потенційно небезпечного об'єкта до межі найближчого елемента селитебної території або промислового об'єкта;

R_{Π} – гранична відстань від потенційно небезпечного об'єкта до найближчого промислового об'єкта або елемента селитебної території, починаючи з якої проводиться перерахунок нормативу порогової маси (R_{Π} дорівнює 500 метрів).

$$Q_{1r} = Q_1 \times \left(\frac{R}{R_{\Pi}}\right)^2 = 500 \text{ т} \times \left(\frac{200 \text{ м}}{500 \text{ м}}\right)^2 = 80 \text{ т};$$

$$Q_{2r} = Q_2 \times \left(\frac{R}{R_{\Pi}}\right)^2 = 50 \text{ т} \times \left(\frac{200 \text{ м}}{500 \text{ м}}\right)^2 = 8 \text{ т}.$$

Отримані результати свідчать, що хімічне підприємство є потенційно небезпечним об'єктом за масою небезпечних речовин першого та другого класу ($12310,1 \text{ т} > 500 \text{ т} > 50 \text{ т}$) та за відстанню 1 класу, оскільки $12310,1 \text{ т} > 80 \text{ т} > 8 \text{ т}$, що може нести серйозну загрозу у разі аварії для населення, що проживає поруч.

3.2 Захист населення у разі викиду небезпечних хімічних речовин

Аналіз отриманих у п 3.1 розрахунків свідчить, що у разі аварії на даному хімічному підприємстві населення сельбищної зони має високий ризик ураження НХР, тому необхідно вжити певних заходів, щодо його захисту.

Для захисту населення під час викиду хімічних речовин необхідно застосовувати комплексні заходи, спрямовані на негайне інформування, евакуацію, моніторинг, контроль рівня забруднення, впровадження інженерних рішень, використання ЗІЗ, регулярне тестування, розробку протоколів дій у надзвичайних ситуаціях, забезпечення екологічної безпеки та законодавче забезпечення, а також підтримку і допомогу постраждалим громадам.

Першочерговим кроком є забезпечення негайного інформування населення про викид хімічних речовин через систему екстреного оповіщення та організація евакуації з небезпечної зони до безпечних місць. Це дозволить уникнути миттєвого впливу небезпечних речовин на людей та зменшити кількість постраждалих.

Евакуація постраждалих і населення з зон хімічного зараження організовується шляхом визначення безпечних маршрутів, надання транспорту для евакуації, забезпечення ЗІЗ, інформування населення про порядок евакуації та надання медичної допомоги постраждалим. Важливо також координувати дії різних підрозділів для забезпечення швидкої та безпечної евакуації.

Якщо евакуація неможлива, населенню рекомендується залишатися вдома і закрити всі вікна, двері та вентиляційні отвори для зменшення проникнення небезпечних речовин у приміщення. Важливо перейти на верхні поверхи багатоповерхівок, оскільки більшість небезпечних хімічних речовин важчі за повітря і осідатимуть на нижніх рівнях, що знижує ризик отруєння. Для ущільнення щілин у вікнах і дверях можна використовувати мокрі рушники або тканини, що допоможе зменшити проникнення отруйних речовин у приміщення. Крім того, необхідно вимкнути системи вентиляції та кондиціонування повітря, щоб уникнути циркуляції забрудненого повітря всередині будівлі. Ці заходи забезпечать додатковий рівень захисту населення у разі аварії з викидом НХР, коли евакуація є неможливою.

Необхідно забезпечити надання першої медичної допомоги безпосередньо на місці аварії. Це включає в себе евакуацію постраждалих з зони ураження, забезпечення їх доступом до чистого повітря та надання необхідних первинних медичних заходів, таких як промивання очей та шкіри, використання антидотів або інших засобів, що нейтралізують дію хімічних речовин.

Організація медичних пунктів є наступним важливим кроком. Ці пункти повинні бути розташовані у безпечних зонах поблизу місця аварії і бути обладнані всім необхідним для надання невідкладної допомоги. Медичні пункти повинні мати в своєму складі кваліфікований медичний персонал, засоби для проведення дезінтоксикаційних процедур, такі як спеціальні душові установки для промивання хімічних речовин з тіла, а також медикаменти для лікування гострих отруєнь.

Дезінтоксикаційні процедури включають видалення залишків хімічних речовин з шкіри та слизових оболонок постраждалих, проведення заходів для запобігання подальшого поширення токсичних речовин у організмі, а також стабілізацію стану потерпілих. У разі необхідності, постраждалі можуть бути направлені до спеціалізованих медичних закладів для подальшого лікування та реабілітації.

Забезпечення координації між службами екстреної допомоги, медичними установами та аварійно-рятувальними підрозділами є критично важливим для ефективного надання допомоги. Своєчасна і правильно організована медична допомога допоможе зменшити кількість постраждалих, мінімізувати наслідки отруєнь і уражень, а також підвищити шанси на швидке і повне одужання потерпілих.

Підготовка медичного персоналу до роботи в умовах хімічних аварій, наявність необхідного обладнання та медикаментів, а також розробка чітких протоколів дій є важливими аспектами забезпечення готовності до таких

надзвичайних ситуацій. Це включає регулярні тренування, оновлення знань та навичок, а також забезпечення належного запасу необхідних ресурсів для оперативного реагування на випадок хімічних аварій.

Моніторинг та контроль рівня забруднення є критично важливими для оперативного реагування. Встановлення пристроїв моніторингу повітря в реальному часі на промислових об'єктах забезпечить безперервне отримання інформації про рівень забруднення. Дані моніторингу повинні бути доступними для громадськості, щоб забезпечити прозорість та підвищити довіру населення до заходів, що вживаються.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) повинні бути доступні як для населення, так і для працівників промислових об'єктів. Респіратори, захисні окуляри та інші ЗІЗ допоможуть захистити від небезпечних хімічних речовин. Важливо також навчати населення правил користування ЗІЗ для забезпечення їхньої ефективності.

При викиді небезпечних хімічних речовин, дуже важливо забезпечити захист органів дихання населення. Це можна зробити за допомогою респіраторів, протигазів або, у крайньому випадку, масок, виготовлених з кількох шарів тканини. Респіратори і протигазу забезпечують високий рівень захисту, фільтруючи повітря від небезпечних хімічних часток і парів, що дозволяє зменшити ризик отруєння та ураження органів дихання. Якщо спеціальні засоби захисту недоступні, можна використовувати імпровізовані маски з кількох шарів тканини, що також допоможе зменшити проникнення токсичних речовин у дихальні шляхи.

Крім захисту органів дихання, необхідно забезпечити захист очей та шкіри. Для цього слід використовувати захисні окуляри, які запобігають потраплянню небезпечних речовин на слизові оболонки очей, що може призвести до серйозних опіків і подразнень. Захист шкіри забезпечується за допомогою рукавичок та

іншого захисного одягу, такого як спеціальні комбінезони, що виготовлені з матеріалів, стійких до хімічних речовин. Це дозволить уникнути контакту шкіри з токсичними речовинами, що може призвести до опіків, алергічних реакцій та інших серйозних уражень.

Регулярне тестування та аналіз повітря, води та ґрунту на рівні забруднення дозволить своєчасно виявляти та реагувати на загрози. Результати тестування повинні бути доступні для громадськості через розроблені методи комунікації.

Протоколи дій у НС мають бути розроблені для захисту населення під час природних катастроф, терористичних актів та технічних збоїв. Залучення служби цивільного захисту для негайного реагування на скарги та визначення джерела забруднення є важливою складовою цих заходів.

Підтримка та допомога постраждалим громадам повинна включати надання послуг з ліквідації наслідків стихійних лих та тимчасового переміщення жителів з небезпечної зони.

Комплексне впровадження цих заходів допоможе забезпечити захист населення та мінімізувати ризики для здоров'я під час викиду хімічних речовин.

3.3 Захист персоналу під час ліквідації аварії

При ліквідації наслідків аварій та гасінні пожежі за наявності НХР необхідно дотримуватись вимог безпеки праці, передбачених нормативними документами. До таких документів належать Положення про службу охорони праці МНС України, правила безпеки при перевезенні небезпечних вантажів залізничним транспортом та інші нормативні акти [16].

Безпеку праці при ліквідації наслідків аварій з небезпечними вантажами регулюють такі документи, як Статут дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту та

Статут дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж плани пожежогасіння, аварійні картки, паспорти безпеки речовин та інструкції з безпеки праці для конкретних об'єктів [17]. Відповідальність за безпеку особового складу підрозділів, які беруть участь у ліквідації наслідків аварії та гасінні пожежі з НХР, покладено на керівника робіт з ліквідації наслідків аварії та керівника робіт.

У разі аварії на об'єкті з НХР необхідно оперативно сповістити служби, які залучаються до ліквідації наслідків аварії, відповідно до Статуту дій у надзвичайних ситуаціях, планів пожежогасіння та планів взаємодії. Під час розгортання сил і засобів у зоні хімічного забруднення керівник робіт забезпечує організацію швидкої медичної допомоги, розгортання підрозділів за межами зони забруднення та реалізацію заходів з охорони здоров'я особового складу.

Керівник робіт приймає рішення про проведення робіт з ліквідації наслідків аварії або гасіння пожежі на об'єкті з НХР після проведення розвідки, оцінки оперативної обстановки та отримання спеціальної інструкції і письмового дозволу від керівника робіт. Особовий склад підрозділів ЦЗ повинен бути забезпечений спеціальними засобами захисту, такими як захисний одяг, маски та інші індивідуальні засоби захисту, а також дотримуватися допустимого часу роботи в зоні хімічного забруднення.

Для захисту неушкоджених ємностей від НХР необхідно організувати контроль за межами зони хімічного забруднення та застосувати заходи щодо евакуації НХР із небезпечної зони. Спільно з адміністрацією об'єкта або керівником ліквідації наслідків аварії повинні бути організовані пункти дегазації, санітарної обробки та медичної допомоги особовому складу.

Підрозділи Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту (ОРС ЦЗ) та пункти спеціальної і санітарної обробки повинні розгортатися за межами зони хімічного забруднення, з навітряного боку, враховуючи прогнозовану зміну

розмірів і напрямом розповсюдження зони забруднення. Перед початком робіт на ХНО необхідно провести інструктаж особового складу щодо заходів безпеки та дій у зоні хімічного забруднення.

Для здійснення контролю за дотриманням заходів безпеки призначається відповідальний за техніку безпеки з числа початкового складу. Він несе відповідальність за дотримання заходів безпеки під час ліквідації наслідків аварії.

Командир підрозділу несе відповідальність за координацію дій підлеглих, контроль за наданням медичної допомоги ураженим, їх евакуацією та знешкодженням хімічних речовин на місцевості. Керування рятувальними роботами здійснюється з командно-спостережних пунктів, де відбувається безперервний моніторинг ситуації і приймаються оперативні рішення щодо подальших дій.

Особовий склад підрозділів ЦЗ забезпечується ЗІЗ органів дихання та шкіри. Це включає протигази, спеціальні костюми та інші засоби, які мінімізують ризик отруєння або ураження. Першими на місце ураження вводяться підрозділи радіаційного, хімічного, біологічного та медичного захисту, а також рятувальні підрозділи. Їх основним завданням є надання негайної медичної допомоги ураженим, їх евакуація на безпечну територію та знешкодження хімічних речовин.

Евакуація проводиться в кілька етапів, кожен з яких має свої пріоритети. Спочатку виводяться особи без засобів захисту органів дихання, оскільки вони найбільш вразливі до впливу токсичних речовин. Наступним етапом евакуюються ті, хто вже отримав першу допомогу та знаходиться в протигазах, що забезпечує додатковий рівень захисту. На останньому етапі евакуюються люди зі сховищ, обладнаних фільтровентиляційними установками, оскільки вони мають найбільший рівень захисту. Важко уражених евакуюють у супроводі медичного персоналу, що забезпечує надання невідкладної допомоги під час

транспортування. Для цього використовується необхідний транспорт, а для виносу уражених залучаються переносні ланки. Евакуація неураженого населення здійснюється пішки або на доступному транспорті, залежно від ситуації та наявних ресурсів.

На місці утворення вторинної хмари з хімічних речовин основні зусилля спрямовуються на локалізацію джерел зараження. Роботи виконуються в протигазах та засобах захисту шкіри, а їх тривалість визначається допустимим часом перебування в захисному спорядженні. Це вимагає ретельного планування та ротації особового складу для забезпечення безперервності робіт та мінімізації ризиків. Роботи можуть проводитися як послідовно на окремих ділянках, так і одночасно на всій території, залежно від масштабу та характеру ураження. Осередки хімічного ураження вважаються ліквідованими, коли перебування людей без засобів захисту стає безпечним.

Ефективна організація рятувальних робіт та евакуації уражених під час хімічного ураження вимагає чіткої координації дій, забезпечення особового складу ЗІЗ та належного планування всіх етапів рятувальних операцій. Це включає підготовку до можливих сценаріїв, постійне вдосконалення методів і засобів захисту, а також навчання та тренування особового складу для дій у надзвичайних ситуаціях. Лише комплексний підхід дозволить мінімізувати наслідки хімічного ураження та забезпечити безпеку населення і рятувальників.

3.4. Шкідливий вплив на навколишнє середовище у випадку аварії на хімічно небезпечному об'єкті

Забруднення повітря небезпечними хімічними речовинами

Під час аварій на ХНО відбувається значне забруднення повітря, яке спричиняє серйозні екологічні та санітарні проблеми.

Один з основних видів небезпечних речовин, що викидаються під час аварій, є токсичні гази. До них належать аміак, хлор, фосген, сірководень та інші. Ці гази можуть швидко поширюватися в атмосфері і викликати отруєння як у людей, так і у тварин. Важкі метали, такі як ртуть, свинець і кадмій, також є серйозною загрозою, оскільки вони можуть накопичуватися в організмах і викликати довготривалі токсичні ефекти. Органічні сполуки, включаючи бензол, толуол, діоксини та ін., є дуже токсичними і можуть викликати рак, мутації та інші серйозні захворювання. Аерозолі та пил, що містять мікроскопічні частки, також є небезпечними, оскільки вони можуть утворювати токсичні речовини і легко проникати в дихальні шляхи.

Механізми поширення токсичних хмар включають кілька ключових процесів. Атмосферні процеси, такі як розсіювання забруднювачів вітром, конвекційні потоки і дифузія, перетворюють значну роль у розповсюдження токсичних речовин. Термічні ефекти, зокрема підйом гарячих газів у верхній частині атмосфери, також сприяють їх посиленню. Метеорологічні умови, така як температура, вологість і тиск, впливають на швидкість і напрямок руху токсичних хмар. Аеродинамічні процеси, включаючи турбулентність і ламінарний потік, можуть змінювати характеристики поширення токсичних речовин. Рельєф місцевості, наприклад гори, долини і водойми, також має значний вплив на поширення хмар, змінюючи їх напрямок і швидкість руху. Будівлі та споруди можуть взаємодіяти з хімічними речовинами, змінюючи їх поширення та концентрацію.

Ці механізми можуть спричинити значне поширення токсичних хмар на великому березі, що є ризиком захворювання довкілля та загрозою здоров'ю людей. Швидке і широке розповсюдження токсичних речовин може призвести до масових отруєнь і тривалих негативних екологічних наслідків, включаючи

зниження біорізноманітності, деградацію екосистеми та зниження якості повітря та води [18].

Важливою складовою захисту повітря є моніторинг якості повітря, який передбачає встановлення постів моніторингу для регулярного контролю за рівнем забруднення повітря. Це дозволяє своєчасно виявляти перевищення допустимих концентрацій небезпечних речовин та вживати необхідних заходів для зменшення їх впливу на довкілля та здоров'я населення. Використання фільтрів та очисних установок на промислових підприємствах є ще одним важливим заходом. Такі технології дозволяють значно зменшити викиди токсичних речовин, очищуючи повітря від шкідливих домішок. Створення та підтримка зелених зон навколо промислових об'єктів сприяє природному очищенню повітря, оскільки рослини здатні поглинати і нейтралізувати деякі шкідливі речовини.

Потрапляння хімічних речовин у воду

Під час аварій на ХНО з основними проблемами є попадання хімічних речовин у водні ресурси. Це може статися через прямий вилив небезпечних речовин у річки, озера, водосховища чи підземні води або через стікання дощової води, яка вимиває хімікати з забруднених територій. Також можливо, що хімічні речовини проникають у воду через витоки із забруднених трубопроводів або резервуарів, особливо під час повеней чи інших природних катастроф.

Потрапляння хімічних речовин у водні ресурси має катастрофічний вплив на водні організми. Токсичні речовини можуть викликати масову загибель риб, молюсків, планктону та інших водних організмів. Вони можуть впливати на репродуктивну здатність, ріст та розвиток організму, а також спричинити генетичні мутації. Деякі хімічні речовини накопичуються в організмах, що можуть призвести до біонакопичення та біомагніфікації, кількість концентрації токсинів посилюється на кожному наступному рівні харчового ланцюга. Це може

призвести до втрати біорізноманіття та порушення екологічного балансу у водних екосистемах.

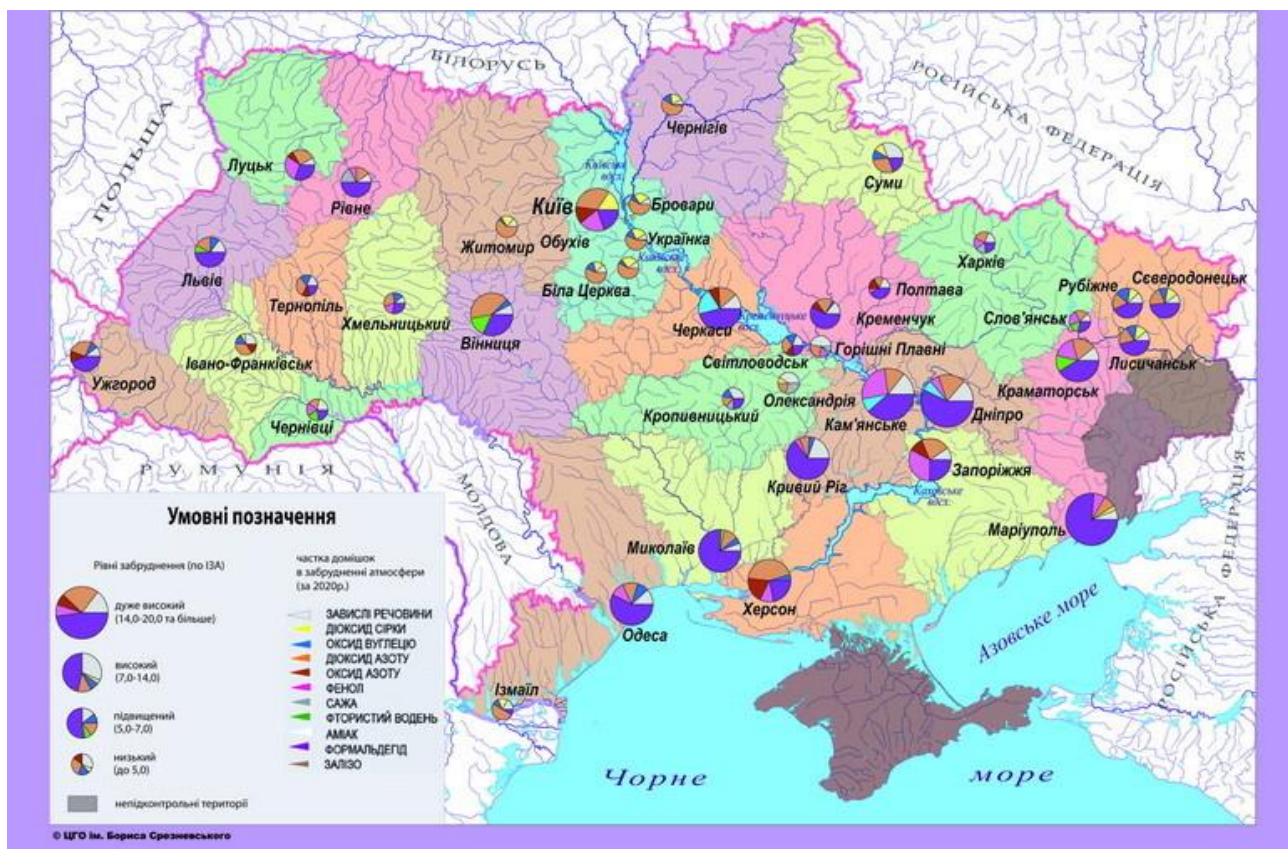


Рисунок 5. – Рівні забруднення атмосферного повітря в містах України за 2020 рік за даними гідрометеорологічних організацій

Потрапляння хімічних речовин у водні ресурси створює серйозну загрозу для якості питної води. Забруднення водоносних горизонтів і поверхневих вод може зробити воду непридатною для вживання, викликаючи гострі та хронічні захворювання у людей. Також низькі концентрації деяких хімічних речовин можуть викликати шкідливі наслідки для здоров'я, включаючи захворювання нирок, печінки, нервової системи, а також підвищений ризик розвитку ракових захворювань. Забруднення водних ресурсів також ускладнює процес очищення

води на водозабірних станціях, що може призвести до дефіциту чистої питної води у великих населених пунктах.

Для захисту водних ресурсів важливо застосовувати ефективні методи очистки стічних вод перед їх скиданням у водойми. Це включає використання механічних, хімічних та біологічних методів очищення, що дозволяють знизити концентрацію забруднюючих речовин до безпечного рівня. Регулярний контроль якості води у річках, озерах та інших водоймах, особливо поблизу промислових підприємств, дозволяє своєчасно виявляти і усувати джерела забруднення. Встановлення фізичних та хімічних бар'єрів допомагає запобігти поширенню забруднень у водні ресурси, обмежуючи їх розповсюдження. Розробка та впровадження планів дій з ліквідації аварійних ситуацій на водних об'єктах забезпечує готовність до швидкого реагування на надзвичайні події та мінімізацію їх негативних наслідків.

Забруднення ґрунтів хімічними речовинами

Забруднення ґрунтів хімічними речовинами є серйозною екологічною проблемою. Основні шляхи забруднення включають прямий пролив хімічних речовин з пошкоджених резервуарів і трубопроводів, поверхневий стік під час дощів або пожежі, а також охолодження хімічних речовин з атмосфери. Деякі хімічні речовини можуть проникати глибоко через інфільтрацію, забруднюючи підземні води та створюючи тривалий ризик для навколишнього середовища.

Забруднення ґрунтів має значний негативний вплив на рослинність. Токсичні речовини накопичуються в рослинах, знижуючи їх життєздатність, впливаючи на ріст, розвиток та репродуктивні процеси. Ґрунтова біота, включаючи мікроорганізми, гриби та комахи, також сильно підвищується, що впливає на родючість і його здатність підтримувати рослинний покрив.

Аварії на ХНО часто призводять до масової загибелі рослин і тварин. Токсичні речовини викликають гострі отруєння та загибель організмів, які

контактують із забрудненим підставою або споживають забруднену їжу та воду. Втрата рослинного покриву і зменшення чисельності тварин руйнують екосистеми. Тривалий вплив токсичних речовин може призвести до втрати окремих видів, порушення харчових ланцюгів та зниження стійкості екосистеми до інших стресових факторів.

Захист ґрунту включає проведення заходів з рекультивації земель, які були забруднені небезпечними речовинами. Це може бути досягнуто шляхом використання методів фіторемедіації, коли рослини використовуються для очищення ґрунту від токсичних речовин. Забезпечення безпечної утилізації промислових та хімічних відходів є ключовим заходом для запобігання їх потраплянню у ґрунт і подальшого забруднення. Жорсткий контроль за використанням агрохімікатів та інших хімічних речовин у сільському господарстві допомагає запобігти надмірному забрудненню ґрунтів та водних ресурсів. Регулярний моніторинг стану ґрунтів дозволяє виявляти наявність забруднюючих речовин і вживати заходів для їх нейтралізації, що сприяє збереженню родючості ґрунтів і забезпеченню екологічної безпеки.

Висновок до розділу 3

Було проведено аналіз техногенної безпеки хімічного підприємства, яке зберігає аміак, з метою розробки заходів захисту населення та персоналу у разі аварії. Аналіз виявив критичні точки, де може статися витік або викид аміаку, що може призвести до значних негативних наслідків для людей та екології. На основі отриманих результатів були розроблені рекомендації щодо посилення заходів безпеки, включаючи вдосконалення систем моніторингу, впровадження додаткових бар'єрів, посилення процедур безпеки та покращення інструкцій для персоналу.

Захист населення у разі викиду небезпечних хімічних речовин передбачає своєчасне оповіщення, організацію евакуації, надання першої медичної допомоги та забезпечення засобами індивідуального захисту. Для захисту персоналу під час ліквідації аварії необхідні спеціальні засоби захисту, дотримання чітких процедур та регулярне навчання. Додатково, оцінка шкідливого впливу на навколишнє середовище підтвердила необхідність впровадження заходів для захисту екосистем, включаючи технології очищення забруднених територій, моніторинг стану довкілля та розробку планів відновлення постраждалих районів. Результати дослідження підтверджують важливість комплексного підходу до забезпечення техногенної безпеки на хімічних підприємствах для підвищення рівня безпеки, зменшення ризиків для населення і персоналу, а також мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище у разі аварії.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання роботи було проведено комплексний аналіз потенційних загроз, які виникають на об'єктах з небезпечними хімічними речовинами. Основна увага приділялася розробці заходів, спрямованих на захист населення та навколишнього середовища у випадку аварій.

З метою зниження ризиків хімічних аварій та їх наслідків, запропоновано інженерні та організаційні заходи, такі як системи моніторингу та контролю, автоматизовані системи управління аварійними ситуаціями, ефективні системи вентиляції та очищення повітря, захисні бар'єри та системи попередження. Також особлива увага приділялася заходам щодо організації рятувальних робіт, включаючи проведення хімічної розвідки, локалізацію та нейтралізацію хімічних забруднень, евакуацію населення, забезпечення засобами індивідуального захисту та надання екстреної медичної допомоги.

Проведення регулярних перевірок та інспекцій обладнання і систем є невід'ємною частиною моніторингу та контролю. Регулярні огляди дозволяють виявляти та усувати потенційні проблеми до того, як вони призведуть до аварійних ситуацій. Це включає перевірку стану обладнання, функціональності систем моніторингу, а також виявлення зношених або пошкоджених компонентів, які можуть спричинити аварію.

Важливою складовою роботи є оцінка впливу хімічних аварій на навколишнє середовище та розробка заходів для його захисту. Включено заходи щодо запобігання поширенню хімічних речовин у водні ресурси та ґрунт, застосування адсорбентів для збору небезпечних речовин, а також використання бар'єрних та захисних технологій для мінімізації екологічних збитків. Крім того, рекомендовано проведення систематичного моніторингу та контролю за станом

хімічно небезпечних об'єктів, що мінімізує ризики виникнення аварій та сприяє своєчасному усуненню потенційних проблем.

Для підвищення рівня безпеки було також запропоновано заходи щодо підвищення обізнаності та підготовки населення і персоналу, що працює на хімічно небезпечних об'єктах. Проведення регулярних тренувань та навчань, підготовка планів евакуації та інформування населення про можливі ризики та заходи безпеки є важливими складовими ефективного управління надзвичайними ситуаціями.

На основі проведеного аналізу та розроблених заходів можливо значно знизити ризики виникнення хімічних аварій на небезпечних об'єктах та мінімізувати їх наслідки для населення та довкілля. Впровадження запропонованих заходів сприятиме підвищенню рівня безпеки на підприємствах хімічної промисловості та забезпеченню належного захисту здоров'я людей та екології. Матеріали кваліфікаційної роботи можуть бути використані для оцінки потенційних небезпек, розробки рекомендацій і заходів щодо зниження ризиків та забезпечення безпеки на хімічно небезпечних об'єктах.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Gan, R. K., Bruni, E., Delgado, R. C., Alsua, C., & González, P. A. (2023). Novel Google Maps and Google Earth application for chemical industry disaster risk assessment during complex emergencies in Eastern Ukraine. *Scientific Reports*, 13, 5758. <https://www.nature.com/articles/s41598-023-31848-6>
2. Patel, S. S., Grace, R. M., Chellew, P., Prodanchuk, M., Romaniuk, O., Skrebets, Y., Ryzhenko, S. A., & Erickson, T. B. (2020). Emerging technologies and medical countermeasures to chemical, biological, radiological, and nuclear (CBRN) agents in East Ukraine. *Conflict and Health*, 14, 24. <https://doi.org/10.1186/s13031-020-00279-9>
3. Суспільне Новини. У Сумах стався витік аміаку з заводу "Хімпром". Суспільне Новини. 21 березня 2022. <https://suspilne.media/sumy/219770-u-sumah-stavsya-vitik-amiaku-z-zavodu-himprom/>
4. Радіо Свобода. У Рубіжному влучили в цистерну з азотною кислотою. Радіо Свобода. 5 квітня 2022. <https://www.radiosvoboda.org/a/news-rubizhne-vluchannya-v-cysternu-z-azotnoju-kyslotiju/31794956.html>
5. Закон України "Про об'єкти підвищеної небезпеки" від 18.01.2001 № 2245-III (поточна редакція від 01.01.2024).
6. Трагедія Бхопала. Вікіпедія. Останнє редагування: 23 травня 2024. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%B0%D0%B3%D0%B5%D0%B4%D1%96%D1%8F_%D0%91%D1%85%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D0%BB%D0%B0
7. Розлив нафти з танкера Ексон Вальдез. Вікіпедія. Останнє редагування: 31 травня 2024. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D0%B7%D0%BB%D0%B8%D0%B2_%D0%BD%D0%B0%D1%84%D1%82%D
8. ДСТУ ISO 45001:2019. Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування. (ISO 45001:2018, IDT).

- [Чинний від 2021-01-01]. Наказ ДП «УкрНДНЦ» від 26 грудня 2019 р. № 502.
9. ДСТУ ISO 14001:2015. Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосовування. (ISO 14001:2015, IDT). [Чинний від 2016-07-01]. Наказ ДП «УкрНДНЦ» від 21 грудня 2015 р. № 203.
 10. Про затвердження Методичних рекомендацій з розроблення медичних стандартів (протоколів) діагностично-лікувального процесу. Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 14.02.2008 № 78 (поточна редакція від 24.06.2019).
 11. «Тактика ліквідування надзвичайних ситуацій»: Курс лекцій./ І.М. Неклонський. – Х.: НУЦЗУ, 2017. – 367 с.
 12. «Організація аварійно-рятувальних робіт»: навчальний посібник / Р.Т. Ратушний, В.Б. Лоїк, О.Д. Синельников, В.М. Ковальчук – Львів: Видавництво ЛДУ БЖД, 2020. – 394 с.
 13. Про затвердження Порядку ведення Державного реєстру викидів та перенесення забруднювачів. Постанова Кабінету Міністрів України від 11.05.2013 № 444 (поточна редакція від 18.02.2023).
 14. Деякі питання ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки. Постанова Кабінету Міністрів України. Від 13 вересня 2022 р. № 1030.
 15. Порогові маси небезпечних речовин для ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки. Додаток 1 до Порядку ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки та ведення їх обліку. Постанова Кабінету Міністрів України. Від 13 вересня 2022 р. № 1030.
 16. Положення про службу охорони праці МНС України. Наказ Міністерства Надзвичайних Ситуацій України від 30.01.2012 № 81.
 17. Статут дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту та Статут дій органів

управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж. Наказ Міністерства Внутрішніх Справ України від 26.04.2018 № 340.

18. Walker, W. S., Gorelik, S. R., Baccini, A., Aragon-Osejo, J. L., Josse, C., Meyer, C., Macedo, M. N., Augusto, C., Rios, S., Katan, T., de Souza, A. A., Cuellar, S., Llanos, A., Zager, I., Mirabal, G. D., Solvik, K. K., Shean, M. J., & Saatchi, S. S. (2023). Tropical forests are a net carbon source based on aboveground measurements of gain and loss. *Global Change Biology*, 29(3), 736-751. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gcb.16689>

ДОДАТКИ

ДОДАТОК 1

НОРМАТИВИ

порогових мас деяких небезпечних речовин

Найменування речовин	небезпечної	Порогова маса, т		Категорії та групи, до яких може бути віднесена речовина	
		1 клас	2 клас	категорія	група
Алкіли свинцю		50	5	2,3,7,9	1,2,3
Аміак		500	50	1,8	1,3
Амонію нітрат		2500	350	5	1
Амонію нітрат (добрива)		5000	1250	5	1
Арсенатний ангідрид, арсенатна кислота та/або її солі		2	1	7,8,9	3
Арсенітний ангідрид, арсенітна кислота та/або її солі		0,1		7,8,9	3
Арсеновмісний водень (арсін)		1	0,2	1,7,9	1,2,3
Ацетилен		50	5	1	1,2
Берилій та його сполуки у перерахунку на берилій		0,01		3,7	2,3
Бром		50	20	6,8,9	1,2,3
Водень		50	5	1	1,2
Хлор		25	10	6,8	1,2
Нікелеві сполуки (дрібнодисперсний порошок), монооксид нікелю, діоксид нікелю, триоксид нікелю, сульфід нікелю (II), (III)		1		7	3
Формальдегід (концентрація більш як 90%)		50	5	1,8,9	1,2,3

Фосфористий водень (фосфін)	1	0,2	7,9	3
Хлороводень (зріджений газ)	250	25	8,9	3
Етилену оксид	50	5	1,5,8	1,2
Пропілену оксид	50	5	2,3,8	1,2
Метанол	5000	500	2,3,9	1,2,3
Кисень	2000	200	6	1,2
Сірководень	50	5	1,8	1,2
Сірки діоксид	250	25	1	1,2
Сірки триоксид	75	7,5	8	3
Вугільної кислоти дихлорангідрид (фосген)	0,75	0,3	8	3
Метилізоціанат	0,15		2,3,7	1,2,3
4,4-метилен-біс (2-хлоранілін) та/або солі в порошкоподібному стані	0,01		3,7,9	1,2,3
Толуїдиндизоціанат	100	10	3,7	1,2,3
Поліхлориднідибензофурані та поліхлориднідибензодіоксини (включаючи ТХДД)	0,001		7,9	3
Канцерогени: 4-амінобіфеніл та/або його солі, бензидин та/або його солі, бі(хлорметиловий) ефір, хлорметилметиловий ефір, диметилкарбамілхлорид, диметилнітрозомін, гексаметилфосфористий триамід, 2-нафтиламін та/або його солі, 1,3-пропансултон, 4-нітродифеніл	0,001		7,9	3