

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

(повне найменування вищого навчального закладу)

ФАКУЛЬТЕТ ОПЕРАТИВНО-РЯТУВАЛЬНИХ СИЛ

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

КАФЕДРА СПЕЦІАЛЬНОЇ ХІМІЇ ТА ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

за другим (магістерським) рівнем вищої освіти

на тему: «Розробка плану реагування на надзвичайну ситуацію, пов'язану з викидом хлору на водонасосній станції»

Виконав: здобувач вищої освіти 2 курсу за
другим (магістерським) рівнем вищої освіти,
групи ЗМХТ-22

галузі знань (освітньо-професійної програми)

16 «Хімічна інженерія та біоінженерія»,

(«Радіаційний та хімічний захист»)

Дмитро БОРОВИК

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник Юліана ГАПОН

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент Денис ЧОРНИЙ

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

Факультет (підрозділ) оперативно-рятувальних сил
Кафедра спеціальної хімії та хімічної технології
Галузь знань 16 «Хімічна інженерія та біоінженерія»
Спеціальність 161 «Хімічні технології та інженерія»
(назва)
Освітньо-професійна програма «Радіаційний та хімічний захист»
(назва)
Рівень вищої освіти другим (магістерським)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри спеціальної
хімії та хімічної технології

Євген СЛЕПУЖНИКОВ

« » 20 року

ЗАВДАННЯ

НА ПІДГОТОВКУ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Боровика Дмитра Дмитровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розробка плану реагування на надзвичайну ситуацію, пов'язану з викидом хлору на водонасосній станції»

керівник роботи Гапон Юліана Костянтинівна, кандидат технічних наук

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом НУЦЗ України від « 28 » лютого 2024 року № 39

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи: 10 травня 2024 року

3. Кваліфікаційна робота виконується на матеріалах: хімічна аварія з викидом хлору на фільтрувальній водонасосній станції Слав'янського РПУ, температура повітря + 20 °С, вітер має північно-західний напрямок та швидкість 1 м/с, ступінь вертикальної стійкості повітря – інверсія, маса небезпечної хімічної речовини (хлор) – 900 кг

4. Зміст кваліфікаційної роботи (перелік питань, які потрібно розробити):

проаналізувати небезпеки надзвичайних ситуацій техногенного характеру, проаналізувати сучасні методи очищення води хлором та особливості реагування на аварії пов'язані з викидами хлору на водонасосних станціях, розробити план реагування на надзвичайну ситуацію пов'язану з викидом хлору на водонасосній станції, розробити рекомендації відповідальному за безпеку праці при виникненні аварійної ситуації із витоком хлору.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень/слайдів):

Мультимедійна слайди у кількості – 13 штук

6. Консультанти за розділами кваліфікаційної роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	Слепужніков Є.Д, начальник кафедри СХХТ		

7. Дата видачі завдання 28.02.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва заходів кваліфікаційної роботи	Строк виконання заходів роботи	Відмітка про виконання
1.	Отримання завдання	28.02.24	
2.	Збір інформації та аналітичний огляд літератури	30.02.24	
3.	Встановлення характеристик вихідних матеріалів та методики розрахунків	10.03.24	
4.	Довгострокове прогнозування аварійної ситуації хімічної аварії з виливом хлору	21.03.24	
5.	Розрахунок сил і засобів для обмеження зони хімічного забруднення створенням водяної завіси	30.03.24	
6.	Аналіз стану охорони праці на фільтрувальній водонасосній станції Слав'янського РПУ	04.04.24	
7.	Оформлення пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи	20.04.24	
8.	Подання роботи на рецензування	01.05.24	
9.	Подання роботи на передзахист	10.05.24	
10.	Подання роботи на захист	15.05.24	
11.	Захист роботи	17.05.24	

**Завдання одержав
здобувач вищої освіти**

(підпис)

Дмитро БОРОВИК
(Власне ім'я ПРІЗВИЩЕ)

**Завдання надав
керівник роботи**

(підпис)

Юліана ГАПОН
(Власне ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Звіт про КР : 60 с., 6 рис., 7 табл., 31 джерело.

Ключові слова: аварія, водонасосна станція довгострокове прогнозування, зона хімічного зараження, надзвичайна ситуація, небезпечна хімічна речовина, хлор.

Об'єкт досліджень: імовірна аварія у хлораторній на фільтрувальній водонасосній станції Слав'янського РПУ

Мета роботи: розробка плану реагування на надзвичайну ситуацію, пов'язану з викидом хлору на водонасосній станції.

Стислий зміст роботи та висновки: проаналізовано небезпеки надзвичайних ситуацій техногенного характеру. Визначено основні причини, що призвели до виникнення надзвичайних ситуацій з викидом хлору. Проаналізовано сучасні методи очищення води хлором та особливості реагування на аварії пов'язані з викидами хлору на водонасосних станціях Проведено розрахунки довгострокового прогнозування для визначення масштабів можливого забруднення, а також необхідних сил і засобів для ліквідації наслідків аварії. На основі проведеного розрахунку був розроблений план локалізації та ліквідації наслідків аварії. Зроблено висновок щодо охорони праці на водонасосних станціях в контексті викидів хлору підкреслює важливість суворого дотримання заходів безпеки для захисту працівників та населення.

Область використання: розробка плану реагування на надзвичайну ситуацію, пов'язану з викидом хлору на водонасосній станції.

ABSTRACT

QW report: 60 pages, 6 figures, 7 tables, 31 sources.

Keywords: accident, water pumping station, long-term forecasting, chemical contamination zone, emergency, hazardous chemical, chlorine.

Object of research: a possible accident in the chlorination room at the filtering water pumping station of the Slavianske RPU.

Objective: to develop a response plan for an emergency situation related to a chlorine release at a water pumping station.

Summary of work and conclusions: The hazards of man-made emergencies were analyzed. The main reasons that led to the occurrence of emergencies with chlorine release are identified. Modern methods of water purification with chlorine and peculiarities of responding to accidents related to chlorine emissions at water pumping stations are analyzed. Long-term forecasting calculations were carried out to determine the extent of possible pollution, as well as the necessary forces and means to eliminate the consequences of the accident. Based on the calculations, a plan for localizing and eliminating the consequences of the accident was developed. The conclusion drawn on occupational safety at water pumping stations in the context of chlorine emissions emphasizes the importance of strict compliance with safety measures to protect workers and the public.

Scope: development of an emergency response plan for a chlorine release at a water pumping station.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	8
ВСТУП.....	9
1. АНАЛІЗ НЕБЕЗПЕК НАДЗВИЧАЙНИХ СИТАЦІЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ В УКРАЇНІ.....	10
1.1 Аналіз стану водних ресурсів України	10
1.2 Огляд аварій, пов'язаних з витоком хлору	12
1.3. Аналіз причин виникнення надзвичайних ситуацій на об'єктах зберігання хлору.....	14
1.4 Першочергові заходи реагування на надзвичайні ситуації або події пов'язані з витоком хлору.....	17
2. СУЧАСНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ХЛОРОМ ТА ОСОБЛИВОСТІ РЕАГУВАННЯ НА АВАРІЇ, ПОВ'ЯЗАНІ З ВИКИДАМИ ХЛОРУ НА ВОДОНАСОСНИХ СТАНЦІЯХ.....	20
2.1. Аналіз ступеня небезпеки хлору при забрудненні населення та території.....	20
2.2. Принцип технології хлорування води на водонасосних станціях.....	21
2.2.1. Хлорування води рідким хлором.....	22
2.2.2 Знезаражування води сполуками хлору.....	24
2.2.3 Механізм бактерицидної дії хлору.....	26
2.3. Методи реагування на аварійні ситуації з викидами хлору на водонасосних станціях	29
3. РОЗРОБКА ПЛАНУ РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНУ СИТУАЦІЮ., ПОВ'ЯЗАНУ З ВИКИДОМ ХЛОРУ НА ВОДОНАСОСНІЙ СТАНЦІЇ	31
3.1 Загальна характеристика фільтрувальної водонасосної станції Слав'янського РПУ.....	31

					НУЦЗУ.2.22-35 СХ та ХТ РПЗ-01			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Боровик Д.Д.			Розробка плану реагування на надзвичайну ситуацію, пов'язану з викидом хлору на водонасосній станції	Літ.	Лист	Листів
Перев.		Гапон Ю.К.					6	60
Н. Контр.		Скородумова О.Б.			ЗМХТ-22			
Затвердив		Слепужніков Є.Д.						

3.2. Опис та прогнозування умовної аварії з викидом хлору	33
3.3. Визначення зон можливого хімічного зараження на водонасосній станції.....	34
3.4. Розрахунок сил та засобів для обмеження зони хімічного забруднення створенням водяної завіси.....	38
3.5. Рекомендацій керівнику ліквідації аварії.....	45
3.6. Рекомендацій начальнику штабу(при аварії)	46
3.7. Локалізація та нейтралізація хімічних забруднень.....	46
4.ОХОРОНА ПРАЦІ.....	50
4.1. Загальні положення.....	50
4.2. Моніторинг витоку хлору та засоби індивідуального захисту працівників.....	51
4.3. Аварійна картка НХР (хлору)	52
4.4. Рекомендації відповідальному за безпеку праці при виникненні аварійної ситуації із витоком хлору.....	54
ВИСНОВКИ.....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	57

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АРІНР - аварійно- рятувальній та інші невідкладні роботи

ГДК – гранично допустима концентрація

ДСНС – Державна служба України з надзвичайних ситуацій

КГП – керівник гасіння пожеж

НС – надзвичайна ситуація

НХР – небезпечна хімічна речовина

ОРС ЦЗ - оперативно-рятувальна служба цивільного захисту

ХНО – хімічно-небезпечний об'єкт

					НУЦЗУ.2.22-35.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		8

ВСТУП

У сучасному світі, зростаючі вимоги до безпеки та екології ставлять перед організаціями та установами, які працюють з небезпечними хімічними речовинами, надзвичайно важливі завдання щодо реагування на можливі аварійні ситуації. Забезпечення безпеки персоналу та захист довкілля від негативного впливу хімічних речовин стає не лише етичною, але й юридичною та соціальною вимогою для будь-якої установи.

Особливу увагу при цьому потребує реагування на викиди хлору – однієї з найбільш небезпечних хімічних речовин, яка використовується в процесах очищення води. Враховуючи потенційну серйозність наслідків викиду, необхідно розробити та впровадити ефективний план реагування, що забезпечить швидку та координаційну дію персоналу у випадку аварійної ситуації.

У контексті роботи на водонасосній станції, де здійснюється обробка та постачання питної води для населення, чіткий план реагування на викиди хлору стає життєво важливим. Його наявність не лише сприятиме запобіганню потенційних аварій, але й максимально зменшить можливі наслідки для здоров'я населення та навколишнього середовища.

Тому метою даної кваліфікаційної роботи є розробка плану реагування на надзвичайну ситуації, який враховуватиме специфіку роботи водонасосної станції та потенційні ризики викиду хлору. На основі аналізу можливих сценаріїв аварійних ситуацій та оптимального використання ресурсів ретельно сплановані заходи та процедури гарантуватимуть ефективне та безпечне управління ситуацією в разі виникнення надзвичайної події.

					НУЦЗУ.2.22-35.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
						9
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1. АНАЛІЗ НЕБЕЗПЕК НАДЗВИЧАЙНИХ СИТАЦІЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ В УКРАЇНІ

1.1 Аналіз стану водних ресурсів України

Усі води (водні об'єкти) на території України становлять її водний фонд, до якого належать поверхневі та підземні води, джерела, внутрішні морські води та територіальне море.

Статтею 13-1 Водного кодексу України [1] визначено дев'ять районів річкових басейнів. Вісім річкових басейнів належать до басейну Чорного та Азовського морів, а басейн р. Вісла - до Балтійського моря. Із вказаних річкових басейнів вісім, крім Південного Бугу, є транскордонними. Середні багаторічні ресурси річкового стоку оцінюються у 209,8 км³, з яких місцевий стік становить 52,4 км³. Через глобальні кліматичні зміни та нерівномірний розподіл водних ресурсів територією країни значна частина України належить до регіонів (в основному південні та східні) з низьким рівнем водозабезпечення, у тому числі окремі території Полісся. Для перерозподілу поверхневих прісних вод на території країни споруджено 1103 водосховища, їх загальний об'єм становить 53,5 км³, створено 49500 ставків, сім великих каналів і 17 зрошувальних систем [2].

Набрала чинності постанова Кабінету Міністрів України «Про внесення змін до постанови Кабінету Міністрів України від 7 лютого 1992 р. № 61» від 9 серпня 2022 р. № 883, якою встановлено, що:

– Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів готує і подає до 20 грудня на розгляд Верховної Ради України щорічну Національну доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні;

– у разі коли строк для подання щорічної Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні припадає на період введеного воєнного стану, Доповідь готується за весь період її неподання та подається протягом трьох місяців після припинення чи скасування воєнного стану на території України [3].

За даними державного обліку водокористування, у 2021 році з природних

					НУЦЗУ.2.22-35.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		10

водних об'єктів забрано 9,6 км³ прісної води (90 % - з поверхневих і 10% - з підземних джерел). За останнє десятиліття в Україні відбулося скорочення (у 1,5 раза) використання водних ресурсів (з 14,8 км³ у 2011 році до 9,6 км³ у 2021 році) та скидання зворотних вод (з 7,8 км³ у 2010 році до 5,2 км³ у 2021 році), що обумовлено спадом товарного виробництва, зменшенням використання води внаслідок зростання тарифів на послуги з централізованого водопостачання. На виробничі потреби у 2021 році використано 60 % прісної води, на потреби зрошення - 21,4 % і на питні та санітарно-гігієнічні потреби - 17,3 %. Втрати води під час міжбасейнового транспортування становили 1,2 км³, або 15,3 % загального обсягу використаної води. Починаючи з 2013 року знизилася загальна потужність міських очисних споруд (лише в 2019 році зафіксовано його незначне зростання), а частка неочищених та недостатньо очищених стічних вод стосовно загального обсягу водовідведення зворотних вод у 2021 році становила 10 %, тоді як в попередні роки становила 20 %. З 2371 суб'єкта господарювання у сфері централізованого водопостачання та/або централізованого водовідведення 1185 (50 %) суб'єктів провадять діяльність з централізованого водопостачання та/або водовідведення, з яких лише близько 1 тис. (84 %) суб'єктів мають міські очисні споруди та лише половина з яких здійснює належну біологічну очистку, а решта скидає міські стічні води без будь-якого очищення. Реєстр таких суб'єктів господарювання, включаючи інформацію про стан споруд централізованого водопостачання та/або водовідведення, а також про наявність у них очисних споруд та їх стан не ведеться жодним органом державної влади. Переважна більшість існуючих міських очисних споруд мають два ступеня очищення та характеризуються незадовільною ефективністю виключення сполук нітрогену, фосфору, важких металів і стійких органічних забруднювачів, а також потребують збільшення очисних потужностей та поліпшення ефективності процесу очищення шляхом повної реконструкції або ремонту. Наведені факти свідчать про неналежний державний нагляд (контроль) та громадський контроль за процесами централізованого водопостачання та/або водовідведення, очищення міських стічних вод [4].

					НУЦЗУ.2.22-35.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		11

Повномасштабна агресія російської федерації проти України призвела до значних, а іноді невідновних руйнувань критичної інфраструктури централізованого водопостачання та водовідведення міст, гідротехнічних споруд, що мали протипаводкове призначення та використовувалися для боротьби із шкідливою дією вод, а також об'єктів гідротехнічної мережі систем зрошення і дренажу. Вцілому, наслідки військових дій призвели до посилення зазначених проблем [5].

1.2. Огляд аварій, пов'язаних з витіком хлору

Витік хлору є серйозною проблемою, оскільки цей хімічний речовина може викликати серйозні наслідки для здоров'я людини та навколишнього середовища. Хлор використовується у багатьох галузях промисловості, включаючи виробництво хімічних речовин, дезінфекцію питної води, а також у виробництві пластмас, паперу та інших матеріалів. Проте, якщо відбувається витік хлору у значній кількості, це може мати серйозні наслідки. Розглянемо приклади деяких аварій в Україні та світі:

Бхопальська трагедія (3 грудня 1984 року). Це один з найстрашніших випадків у світовій історії промислових аварій. На фабриці хімічних речовин Union Carbide в місті Бхопал, Індія, відбувся витік метилізоціанату (МІК), який призвів до загибелі понад 15 000 людей та пошкодження здоров'я мільйонів інших. Хоча головною причиною було витік МІК, але також було повідомлено про витік хлору з того самого заводу [6].

У серпні 1991 року в Мексиці під час однієї з наймасштабніших залізничних катастроф з рейок зійшли 32 цистерни з рідким хлором. В атмосферу було викинуто близько 300 тон хлору. У зоні поширення зараженого повітря отримали ураження різного ступеня тяжкості близько 500 осіб, із них 17 осіб загинули на місці. З найближчих населених пунктів було евакуйовано понад тисячу жителів. [7].

27 червня 2011 року в штаті Арканзас на американській харчовій компанії, найбільшому в світі виробника м'яса Tyson Foods стався витік хлору, що призвів до

					НУЦЗУ.2.22-35.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

отруєння 173 працівників, яких було госпіталізовано. У момент аварії на місці перебували близько 600 осіб.

У травні 2011 року в єгипетській провінції Кафр-еш-Шейх стався витік хлору з цистерни через виробничу недбалість обслуговуючого персоналу. Повідомлено, що отруїлися близько 850 осіб, яких з різними ступенями ураження доставили до лікарень.

29 квітня 2011 року в селі Зуївка Донецької області в приміщенні Вільхівської насосно-фільтрувальної станції КП "Компанія Вода Донбасу" стався витік 150 кілограм хлору, парами якого отруївся слюсар хлораторної установки. Під час проведення хлорування фільтра не закритися запірний вентиль контейнера з хлором. Постраждалого внаслідок витіку хлору слюсаря госпіталізовано до лікарні.

17 січня 2012 року на заводі в німецькому місті Брюль (Північний Рейн-Вестфалія) сталася хімічна аварія, в результаті якої утворилася хмара хлору. Постраждало 39 осіб, з яких 16 було госпіталізовано, а також евакуйовано 300 співробітників.

3 вересня 2018 року, у селі Радуже, що поблизу Кривого Рогу, стався масштабний витік хлору на одному з промислових підприємств. Під час переливання рідкого хлору з ємності місткістю 96 м³ в транспортівочну місткість об'ємом 0,8 м³ на засувці між танком та місткістю не витримав ущільнювач, що спричинило витік 25-30 кг хлору. В результаті аварії утворилась хмара газоподібного хлору, люди відчули ознаки отруєння хлором – першіння в горлі та запаморочення, що свідчить про низьку ефективність існуючих систем безпеки [8].

28 серпня 2020 року в південному заході американського штату Луїзіана стався витік хлору на хімічному заводі, який спеціалізувався на виробництві компонентів для синтетичних миючих засобів. Цей інцидент був наслідком урагану "Лаура", який обрушився на узбережжя Мексиканської затоки, спричинивши значну руйнацію та порушення роботи хімічного заводу. Витік рідкого хлору призвів до утворення небезпечної токсичної хмари, яка поширилася

					НУЦЗУ.2.22-35.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		13

над навколишніми районами. Ця ситуація створила загрозу для місцевого населення, викликаючи серйозне занепокоєння щодо здоров'я та безпеки людей. У зв'язку з цим, було евакуйовано багатьох мешканців, щоб забезпечити їхню безпеку. На жаль, у результаті інциденту загинули п'ятеро людей. Було проведено оперативні заходи для контролю над витоком НХР та мінімізації шкоди для довкілля.

1 грудня 2021 року в Одесі на території підприємства по виготовленню харчових продуктів сталося серйозне порушення норм безпеки. Під час проведення робіт з ємністю, що містила 800 літрів хлору, відбулося її розгерметизація та витік небезпечної хімічної речовини. Рятувальники були швидко задіяні, подаючи воду для осадження парів хлору розпорошеними струменями води. Це допомогло контролювати ситуацію та мінімізувати ризик для навколишнього природного середовища та людей. Для зупинки витоку хлору на розгерметизовану ємність наклали бандаж, і герметичність була відновлена. Це дозволило припинити витік небезпечної речовини та стабілізувати ситуацію. Однак після витоку хлору гранично допустима концентрація цієї речовини в повітрі поруч з ємністю була перевищена в 89 разів. Це становило серйозну загрозу для здоров'я людей, які могли перебувати поблизу [9].

Це лише декілька прикладів, але були й інші інциденти, пов'язані з витоками хлору на різних промислових об'єктах, в тому числі на фабриках, хімічних заводах і водоочисних спорудах. Кожна з цих аварій підкреслює важливість належного поводження та заходів безпеки при роботі з такими небезпечними хімічними речовинами, як хлор.

1.3 Аналіз причин виникнення надзвичайних ситуацій на об'єктах зберігання хлору

Аналіз причин виникнення надзвичайних ситуацій на об'єктах зберігання хлору включає в себе розгляд різних факторів, які можуть призвести до аварійних ситуацій. Ось деякі з найбільш поширених причин, які можуть призвести до таких інцидентів [10]:

					НУЦЗУ.2.22-35.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		14

1. *Механічні несправності.* Несправності обладнання, таких як резервуари, труби, клапани, насоси та інші компоненти системи зберігання хлору, можуть призвести до розгерметизації та витоку небезпечної хімічної речовини в навколишнє середовище.

2. *Помилки персоналу:* Недотримання правил безпеки, неправильна експлуатація обладнання або необережне поводження з хлором можуть призвести до аварійної ситуації.

3. *Корозія та старіння матеріалів:* Тривалий вплив хлору на конструкційні матеріали, з яких виготовлені резервуари та труби, може призвести до корозії та втрати цілісності, що може викликати витік. Це пов'язано із тим, що хлор взаємодіє із залізом, основним компонентом сталі, утворюючи розчинні солі - хлориди заліза:



4. *Вплив зовнішніх факторів:* Стихійні лиха, такі як землетруси, урагани, повені, можуть спричинити пошкодження об'єктів зберігання хлору, що призведе до витоку.

5. *Недостатня або неправильна технічна обслуговування:* Недотримання графіків обслуговування, нехтування оглядами та профілактичними роботами може призвести до несправностей обладнання.

6. *Недостатній захист від зовнішніх факторів:* Недостатній захист об'єктів зберігання хлору від впливу погодних умов, механічних пошкоджень або актів вандалізму може призвести до аварійних ситуацій.

7. *Недотримання норм та правил з охорони праці:* Недостатній рівень знань та навичок у працівників щодо безпечного поводження з хлором може стати причиною інцидентів.

Ці фактори підкреслюють важливість дотримання стандартів безпеки та регулярного технічного обслуговування об'єктів зберігання хлору, а також належної підготовки персоналу для запобігання аварійним ситуаціям.

					НУЦЗУ.2.22-35.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		15

На даний момент виникають ще додаткові небезпечні причини та фактори виникнення надзвичайних ситуацій витоку (викиду) НХР пов'язаних із військовою агресією, зокрема:

1. *Обстріли об'єктів критичної інфраструктури та військові дії:* Пошкодження об'єктів зберігання хлору внаслідок обстрілів чи інших військових дій може призвести до витоку хлору та пов'язаних з цим небезпек для навколишнього середовища та населення.

2. *Пошкодження інфраструктури:* Військові дії можуть завдати шкоди інфраструктурі, включаючи трубопроводи, резервуари та системи контролю, що може призвести до аварійних ситуацій.

3. *Проблеми з логістикою:* В умовах війни може виникнути труднощі з транспортуванням хлору або необхідних для його зберігання матеріалів, що може призвести до порушення процесів безпеки.

4. *Перебої в постачанні електроенергії:* Об'єкти зберігання хлору можуть залежати від електроенергії для функціонування систем безпеки та контролю. Військові дії можуть призвести до перебоїв у постачанні електроенергії, що збільшує ризик аварій.

5. *Недостатня охорона та доступ:* В умовах війни забезпечення належного рівня охорони об'єктів може стати складним, що збільшує ризик несанкціонованого доступу чи інших небезпечних ситуацій.

6. *Персонал та його підготовка:* Війна може впливати на доступність кваліфікованого персоналу, що може призвести до неадекватного обслуговування та реакції на потенційні ризики.

7. *Втрата контролю над територією:* Втрата контролю над територією, де розташовані об'єкти зберігання хлору, може призвести до використання цих об'єктів у військових цілях або інших небезпечних ситуацій.

На сьогоднішній день для України великою проблемою є низький рівень оснащеності ХНО системами автоматизованого виявлення НХР у повітрі робочої зони та навколишнього середовища, які присутні лише на 19 % об'єктів. Локальними системами оповіщення обладнано в середньому 60 % промислових

					НУЦЗУ.2.22-35.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		16

підприємств, проте більшість з них не мають необхідного забезпечення технічними приладами для автоматичного зв'язку з локальними системами виявлення, метеоприладами, автоматичної обробки зібраної інформації та подання сигналу оповіщення про зараження, що передбачено нормативними документами [11].

1.4 Першочергові заходи реагування на надзвичайні ситуації або події пов'язані з витоком хлору

До першочергових заходів реагування на надзвичайні ситуації або події пов'язані з виливом (викидом) небезпечних хімічних відносяться наступні етапи [12]:

- I.- Оцінка обстановки (розвідка);
- II. Зонування місця аварії (події);
- III. Евакуація потерпілих;
- IV. Локалізація аварії та ліквідація наслідків.

I. Оцінка обстановки. Інформація про загрозу або виникнення НС та інших небезпечних подій надходить до оперативно-чергової (диспетчерської) служби підрозділів ОРС ЦЗ від оперативно-чергової служби ДСНС, оперативно-координаційного центру територіального органу ДСНС, оперативночергових служб органів влади, підприємств, установ, організацій, а також населення. Додаткову (уточнену) інформацію про НС оперативний черговий (черговий диспетчер, радіотелефоніст) повинен негайно передати наявними каналами зв'язку відповідальній особі, яка очолює підрозділ, залучений до проведення АРІНР, у тому числі й під час пересування до місця виникнення НС. Під час оцінки обстановки необхідно: Провести візуальний огляд місця події, визначити чи є постраждалі, яких необхідно рятувати. Рятування людей під час НС є першочерговим завданням АРІНР і становить сукупність заходів щодо переміщення людей із зони впливу небезпечних факторів НС та їх вторинних проявів або захисту людей від впливу цих факторів, у тому числі з використанням засобів індивідуального захисту та захисних споруд (укриттів). Рятування людей

під час НС слід проводити з використанням усіх можливих форм, способів і методів, а також технічних засобів, що забезпечують найбільшу безпеку як постраждалих, так і особового складу, залученого до проведення АРІНР. – Визначити чи можливо ідентифікувати небезпечну речовину; У разі відсутності початкової інформації про небезпечну речовину, її тип та властивості, ідентифікація небезпечної речовини проводиться з наявних джерел або з використанням наявних приладів розвідки.

II. Зонування місця аварії (події). Під час визначення Початкової зони безпеки проводиться попереднє зонування місця аварії на початковому етапі проведення аварійно- рятувальних робіт.

Гаряча зона – територія від осередку інциденту до межі, де концентрація НХР не перевищує гранично допустимої для професійного впливу норми, та в якій можливий безпосередній контакт з небезпечною речовиною.

Тепла зона – територія, що межує із «гарячою» зоною, де концентрація НХР не перевищує гранично допустимої для професійного впливу норми. Влаштується на відстані не менше ніж 50 м від меж «гарячої» зони.

Холодна зона – безпечна зона, що знаходиться за межами «теплої» зони.

З метою визначення єдиного порядку прогнозування хімічної обстановки під час аварій на промислових об'єктах МВС України було розроблено і затверджено наказом № 1000 від 29.11.2019 р. зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 14.05.2020 року за № 440/34723 Методику прогнозування наслідків вилливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті та Рекомендацій щодо організації гасіння пожеж підрозділами МНС на промислових об'єктах підвищеної безпеки з наявністю небезпечних хімічних речовин: наказ МНС України від 22.09.2011 №2017. Законодавство Верховної Ради України. 2011 [13].

III. Евакуація потерпілих. Рятування людей на пожежі за наявності НХР, з урахуванням складності оперативної обстановки, повинне здійснюватися шляхом:

– деблокування постраждалих, які опинились під завалами зруйнованих технологічних систем, будівель або споруд, а також в пошкоджених заблокованих

					НУЦЗУ.2.22-35.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		18

приміщеннях;

- екстреного припинення впливу НХР на організм шляхом евакуювання із зони хімічного забруднення та застосування засобів індивідуального захисту;
- надання першої долікарняної допомоги постраждалим;
- евакуації постраждалих до медичних пунктів та лікувальних закладів для надання першої лікарської допомоги та подальшого лікування;
- інформування персоналу об'єкта і населення про правила поведінки в прогнозованій зоні хімічного забруднення, з використанням технічних та інших можливостей об'єкту і підрозділів ОРС ЦЗ.

Пошук постраждалих проводиться насамперед на робочих місцях, шляхах евакуації, на території, починаючи з місць, розташованих поблизу джерела аварії. Якщо небезпечна хімічна речовина важча за повітря, пошук постраждалих першочергово проводиться на нижче розташованих поверхнях будівель та у підвалах, а також на занижених ділянках території.

Якщо небезпечна хімічна речовина легша за повітря, то пошук постраждалих першочергово проводиться на верхніх поверхнях. Евакуація постраждалих з небезпечної зони проводиться найкоротшим шляхом до пункту прийому постраждалих.

IV. Локалізація аварії та ліквідація наслідків. У разі викиду НХР, які утворюють велику зону хімічного забруднення з високою концентрацією, необхідно вжити заходів, що забезпечують обмеження поширення небезпечної хмари та локалізують її, після чого приступати до ліквідування витікання небезпечної речовини. Локалізацію зони хімічного забруднення, заглушення чи зниження до мінімального рівня впливу уражаючих факторів залежно від типу НХР, масштабу і виду аварії, наявності необхідних технічних засобів і нейтралізуючих речовин виконують такими способами.

Таким чином, першочергові заходи реагування спрямовані на швидке та ефективно виявлення, зонування, рятування та локалізацію небезпечних хімічних ситуацій, щоб забезпечити безпеку людей та мінімізувати шкоду навколишньому середовищу.

					НУЦЗУ.2.22-35.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		19

2. СУЧАСНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ХЛОРОМ ТА ОСОБЛИВОСТІ РЕАГУВАННЯ НА АВАРІЇ, ПОВ'ЯЗАНІ З ВИКИДАМИ ХЛОРУ НА ВОДОНАСОСНИХ СТАНЦІЯХ

2.1. Аналіз ступеня небезпеки хлору при забрудненні населення та території

Хлор - дуже небезпечна хімічна речовина, особливо у великих концентраціях. При забрудненні населення та території викидом хлору в повітря або його потраплянні в водойму чи ґрунт можуть виникнути серйозні наслідки для здоров'я людей та екосистеми:

1. *Вплив на здоров'я людей:* Вдихання небезпечних хлорних парів може призвести до подразнення дихальних шляхів, кашлю, печіння в очах, болю у грудях, підвищення слинотечі та нудоти. У високих концентраціях хлор може призвести до серйозних проблем з диханням, отруєння, а в надзвичайних випадках - до смерті.

ГДК хлору - це максимальна концентрація хлору в повітрі робочої зони або в атмосферному повітрі, що не повинна спричиняти шкідливих впливів на здоров'я людей або навколишнє середовище. Дані щодо згідно із ДСанПіН 2.2.4-171-10 [14] наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.

Санітарно-хімічні показники безпечності та якості питної води

Найменування показників	Нормативи для питної води, мг/дм ³		
	водопровідної, з пунктів розливу та бюветів	з колодязів і каптажів джерел	фасованої
неорганічні показники			
Хлор залишковий вільний	≤0,5	≤0,5	≤0,05
Хлориди	≤250 (350)	≤350	≤250
органічні показники			
Хлор залишковий зв'язаний	≤1,2	≤1,2	≤0,05

Для робочого повітря гранично допустима концентрація хлору встановлена на рівні близько 1 мг/м³ або 0.5 мг/м³ (0,3 ppm).

2. *Вплив на навколишнє середовище:* Хлор може потрапити в ґрунт та водойму, що призводить до забруднення ґрунту та води. Це може призвести до отруєння рослин, риб та інших водних організмів, порушення екосистеми та загрози для біорізноманіття [15].

3. *Наслідки для інфраструктури та економіки:* Великі викиди хлору можуть спричинити евакуацію населення з зони небезпеки, призвести до припинення роботи підприємств та обмеження доступу до забрудненої території. Це може мати серйозний вплив на економіку регіону та викликати значні матеріальні збитки [16].

Одже, при забрудненні хлором необхідно негайно вжити заходів для обмеження його поширення та мінімізації впливу на здоров'я людей та навколишнє середовище. Це передбачає евакуацію людей, встановлення захисних бар'єрів, рятувальні операції та відновлення екосистеми.

2.2. Принцип технології хлорування води на водонасосних станціях

На сьогоднішній день найпоширенішим методом знезаражування води на водопровідних станціях залишається хлорування. Серед хлорвмісних сполук, враховуючи певні гігієнічні і технічні переваги, найчастіше використовують рідкий хлор. Можливе також застосування хлорного вапна, кальцію і натрію гіпохлориту, хлорамінів і ін.

Для використання в практиці господарсько-питного водопостачання допускаються лише хлорвмісні сполуки, що пройшли успішну гігієнічну апробацію і одержали позитивний висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи.

Вперше в практиці водопідготовки хлор був застосований задовго до відкриття Л. Пастером мікробів, доказу Р. Кохом етіологічного значення патогенних мікроорганізмів у розвитку інфекційних хвороб, остаточного усвідомлення Т. Ешерихом мікробіологічної сутності водних епідемій і

					НУЦЗУ.2.22-35.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
						21
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

бактерицидних властивостей хлору. Застосовували його з метою дезодорації води, яка мала неприємний “септичний” запах. Хлор виявився дуже ефективним дезодорантом і, крім того, після обробки води хлором у людей значно рідше діагностували кишкові інфекції. З початком хлорування води в багатьох країнах Європи припинилися епідемії черевного тифу і холери. Було висловлено припущення, що причиною хвороб були поганий запах і смак води, які ефективно усував хлор. Лише згодом довели мікробну етіологію водних епідемій кишкових інфекцій і визнали роль хлору як знезаражуючого агента.

Для хлорування води застосовують рідкий хлор, який зберігається під тиском у спеціальній тарі (балонах, контейнерах), або речовини, що містять активний хлор [17].

2.2.1. Хлорування води рідким хлором

Хлор є газом жовто-зеленого кольору з різким, неприємним запахом. Атомна вага хлору 35,457. У вільному стані хлор утворює молекулу із двох атомів хлору – Cl_2 . При атмосферному тиску і звичайній температурі хлор перебуває в газоподібному стані. При зниженні температури або при підвищенні тиску хлор переходить із газоподібного в рідкий стан. Рідкий хлор - масляниста рідина, яка має темно-зеленувато-жовте забарвлення. Рідкий хлор, що відпускається промисловістю, повинен містити не менш 99,5% (за об'ємом) хлору Cl_2 . Питома вага рідкого хлору при 15°C - 1,4273.

Газоподібний хлор добре розчиняється у воді, причому розчинність його знижується з підвищенням температури. При розчиненні газоподібного хлору у воді утворюється так звана хлорна вода. Швидкість розчинення хлору у воді може бути збільшена шляхом перемішування. Випаровуючись в атмосферних умовах при температурі 0° С і тиску 760 мм рт. ст., 1 кг рідкого хлору дає 316 л газу. Хлор для знезаражування води доставляється на водопровідні станції в рідкому виді, а перед його застосуванням переводиться в газоподібний стан. Внаслідок значної розчинності хлору введення його у воду не зустрічає утруднень. При розчиненні хлору має місце наступна реакція:

					НУЦЗУ.2.22-35.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		22



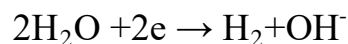
Гідроліз Cl_2 дає 99,9% HOCl при 0° і 99,97% при 25° . Далі відбувається дисоціація з утворення хлорноватистої кислоти:



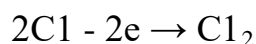
У результаті дисоціації хлорноватистої кислоти утворюються гіпохлорит-іони OCl^- , які поряд з недисоційованими молекулами хлорноватистої кислоти мають бактерицидну властивість. Суму $\text{Cl}_2 + \text{HOCl} + \text{OCl}^-$ називають вільним активним хлором.

При введенні у воду аміаку утворюються монохлораміни NH_2Cl і дихлораміни NHCl_2 , які також виявляють бактерицидну дію, трохи меншу, чим вільний хлор, але більш тривалу. Хлор у вигляді хлорамінів, на відміну від вільного, називається зв'язаним активним хлором [18].

Гіпохлорит кальцію $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ одержують насиченням вапняного молока газоподібним хлором і наступним відділенням $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ від надлишку продуктів реакції. У товарному гіпохлориті кальцію міститься від 30 до 45% Cl_2 . Гіпохлорит кальцію не гігроскопічний і може, не втрачаючи активності, довго зберігатися в сухому темному прохолодному приміщенні. Сьогодні у практику водопостачання впроваджується хлорування води гіпохлоритом натрію, який одержують електролітичним способом на місці споживання шляхом електролізу концентрованого розчину хлориду натрію. Електролітичний спосіб отримання гіпохлорита натрію заснований на одержанні хлору і його взаємодії з лугом у тому самому апараті-електролізері. При електролізі хлориду натрію на катоді розряджаються молекули води з виділенням водню:

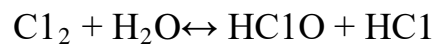


Гідроксильні іони, що залишаються в розчині, утворюють із іонами натрію розчин луку. На аноді розряджаються іони Cl^- з виділенням газоподібного хлору:

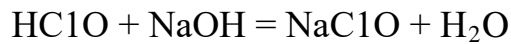


					НУЦЗУ.2.22-35.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		23

При розчиненні хлору в аноліті відбувається його гідроліз із утворенням хлорноватистої і соляної кислот:



Як тільки в прианодному просторі виявиться надлишкова лужність, відразу ж відбувається утворення гіпохлориту натрію



Якщо порівняти процеси, що відбуваються при введенні в оброблювану воду гіпохлориту натрію :



і газоподібного хлору:



то видно, що в обох випадках утворюються ті самі агенти - HOCl і ClO⁻.

Іншими словами, знезаражування води електролітичним гіпохлоритом натрію представляє по суті один з видів хлорування. При рН <6,0 майже весь вільний хлор залишається у вигляді недисоційованої HClO. Зі збільшенням рН збільшується ступінь дисоціації. Після рН 9,0 майже весь вільний хлор перебуває у вигляді OCl⁻ [19].

Таким чином, при знезаражуванні води всіма зазначеними вище сполуками (Cl₂, гіпохлорити, хлорне вапно) активними є HOCl і OCl⁻. Співвідношення їх буває різним і обумовлюється рН середовищем.

2.2.2 Знезаражування води сполуками хлору

Знезаражування води хлорним вапном застосовують на малих водопровідних станціях (продуктивністю до 3000 м³ / доба), попередньо приготувавши розчин. Хлорним вапном також заповнюють керамічні патрони для знезаражування води в шахтних колодязях або на локальних водопроводах.

					НУЦЗУ.2.22-35.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		24

Хлорне вапно - білий порошок з різким запахом хлору й сильними окиснюючими властивостями. Це суміш кальцію гіпохлориту і кальцію хлориду. Одержують хлорне вапно з вапняків. Кальцію карбонат при температурі 700 °С розпадається з утворенням кальцію оксиду, який після взаємодії з водою перетворюється в гашене вапно (кальцію гідроксид). При взаємодії хлору з гашеним вапном утворюється хлорне вапно.

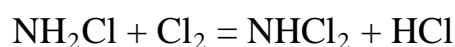
Технічний продукт містить не більш 35% активного хлору. У процесі зберігання хлорне вапно частково розкладається. Те ж відбувається з кальцію гіпохлоритом. Світло, вологість і висока температура прискорюють втрату активного хлору. Хлорне вапно втрачає приблизно 3-4% активного хлору на місяць внаслідок реакцій гідролізу й розкладання на світлі. У вологому приміщенні хлорне вапно розкладається, утворюючи хлорноватисту кислоту:



Тому перед використанням хлорного вапна і кальцію гіпохлориту перевіряють їхню активність - виражений у відсотках вміст активного хлору у хлорвмісному препараті. Бактерицидною дією хлорне вапно, так само, як і гіпохлорити, зобов'язані групі (ClO), яка у водному середовищі утворює хлорноватисту кислоту:



До хлорвмісних препаратів відносяться і хлораміни (неорганічні і органічні), які в практиці водопідготовки використовують обмежено, але застосовують як знезаражуючі агенти під час проведення заходів щодо дезінфекції, зокрема в лікувально-профілактичних установах. Неорганічні хлораміни (монохлораміни NH_2Cl і дихлораміни NHCl_2) утворюються при взаємодії хлору з аміаком або амонійними солями:

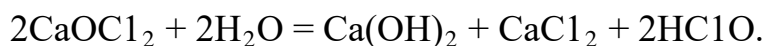
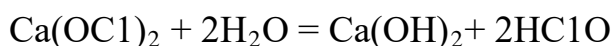
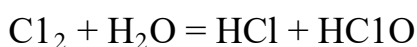


Разом з неорганічними сполуками хлору для знезаражування використовують і органічні хлораміни (RNHCl , RNC1_2). Їх одержують у процесі взаємодії хлорного вапна з амінами або їх солями. При цьому один або два атоми водню амінної групи заміщаються хлором. Різні хлораміни містять 25-30% активного хлору [21].

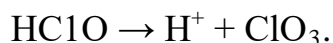
2.2.3 Механізм бактерицидної дії хлору

Процес знезаражування води хлорвмісними препаратами відбувається в кілька стадій:

1. Гідроліз хлору і хлорвмісних препаратів:



2. Дисоціація хлорноватистої кислоти. При $\text{pH} \sim 7,0$ HClO дисоціює:



3. Дифузія в бактеріальну клітку молекули HClO та іона ClO^- .

4. Взаємодія знезаражуючого агента з ензимами мікроорганізмів, які окиснюються хлорноватистою кислотою і гіпохлорит-іоном. Активний хлор (HClO и ClO^-) спочатку дифундує (пронікає) усередину бактеріальної клітки, а потім вступає в безпосередню реакцію з ферментами. Найбільшу бактерицидну і віруліцидну дію виявляє недисоційована хлорноватиста кислота (HClO). Швидкість процесу знезаражування води визначається кінетикою дифузії хлору усередину бактеріальної клітки і кінетикою відмирання клітин у результаті порушення метаболічного процесу. З підвищенням концентрації активного хлору у воді, її температури і з переходом хлору в недисоційовану форму хлорноватистої кислоти, яка легко дифундується, загальна швидкість процесу дезінфекції підвищується.

					НУЦЗУ.2.22-35.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		26

Механізм бактерицидної дії активного хлору полягає в окисненні органічних сполук бактеріальної клітини: коагуляції і ушкодженні її оболонки, пригнобленні і денатурації ферментів, що забезпечують обмін речовин і енергії. Найбільше всього ушкоджуються тілові ферменти, що містять SH-групи, які окиснюються хлорнуватистою кислотою і іоном гіпохлориту. Серед тілових ферментів активніше всього інгібується група дегідрогеназ, які забезпечують дихання і енергетичний обмін бактеріальної клітини. Під впливом хлорнуватистої кислоти і гіпохлорит-іона інгібуються дегідрогенази глюкози, етилового спирту, гліцерину, бурштинової, глютамінової, молочної, піровиноградної кислот, формальдегіду і ін. Інгібування дегідрогеназ приводить до гальмування процесів окиснення на початкових етапах. Наслідком цього є як гальмування процесів розмноження бактерій (бактеріостатична дія), так і їхня загибель (бактерицидна дія).

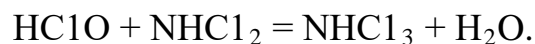
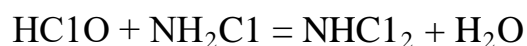
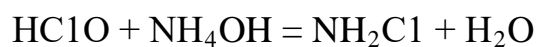
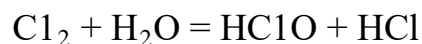
Механізм дії активного хлору на віруси складається із двох фаз. Спочатку відбуваються адсорбція хлорнуватистої кислоти і гіпохлорит-іона на оболонці вірусу і проникнення через неї, а потім - інактивація ними РНК або ДНК вірусу. З підвищенням значення рН бактерицидність хлору у воді знижується. Наприклад, для зменшення кількості бактерій у воді на 99% при дозі вільного хлору 0,1 мг/л тривалість контакту збільшується з 6 до 180 хв. при підвищенні рН відповідно з 6 до 11. Отже, воду доцільно знезаражувати хлором при низьких значеннях рН, тобто до введення лужних реагентів.

Наявність у воді органічних сполук, здатних до окиснення, неорганічних відновлювачів, а також колоїдних (дисперсних) і зважених речовин, що обволікають мікроорганізми, приводить до вповільнення процесу знезаражування води.

Взаємодія хлору з компонентами води - складний і багатостадійний процес. Невеликі дози хлору повністю зв'язуються органічними речовинами, неорганічними відновлювачами, зваженими частками, гуміновими речовинами і мікроорганізмами води. Для надійного знезаражуючого ефекту води після її хлорування необхідно визначати залишкові концентрації вільного або зв'язаного активного хлору [22].

					НУЦЗУ.2.22-35.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		27

При хлоруванні води, що не містить аміаку або інших азотовмісних сполук, із збільшенням кількості внесеного у воду хлору зростає вміст у ній залишкового вільного хлору. Але картина міняється при наявності у воді аміаку, амонійних солей і інших азотовмісних сполук, які є складовою частиною природної води або штучно вносяться в неї. При цьому хлор і хлорні агенти взаємодіють із присутнім у воді аміаком, амонійними і органічними солями, що містять аміногрупи. Це приводить до утворення моно- і дихлорамінів, а також надзвичайно нестійких трихлорамінів:



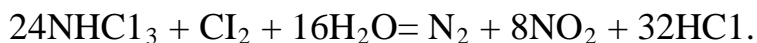
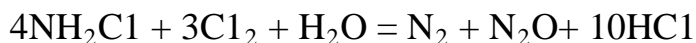
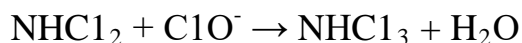
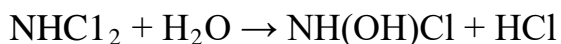
Хлораміни є зв'язаним активним хлором, бактерицидна дія якого в 25 - 100 раз менша, чим у вільного хлору. Крім того, залежно від рН води змінюється співвідношення між моно- і дихлораминами. При низьких значеннях рН (5 - 6,5) переважно утворюються дихлораміни, а при більших значеннях рН (більше 7,5) - монохлораміни, бактерицидна дія яких в 3 - 5 раз слабкіша, чим дихлорамінів. Бактерицидність неорганічних хлорамінів в 8 - 10 раз вища, чим хлорпохідних органічних амінів. При додаванні до води невисоких доз хлору при молярному співвідношенні $\text{Cl}_2 : \text{NH}_4 < 1$ утворюються моно- і дихлораміни. Тому у воді накопичується залишковий зв'язаний з амінами хлор.

Безаміачної води в природі немає. Її можна приготувати лише в лабораторних умовах з дистильованої води. При збільшенні дози хлору утворюється більше хлорамінів і концентрація залишкового зв'язаного хлору підвищується до максимуму.

При подальшому збільшенні дози хлору молярне співвідношення введеного хлору і іона амонію, що міститься у воді, стає більше одиниці. При цьому моно-,

					НУЦЗУ.2.22-35.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		28

ди- і, особливо, трихлораміни окиснюються надлишковим хлором відповідно до наведених реакцій:



При молярному співвідношенні $\text{Cl}_2:\text{NH}$ до 2 (10 мг Cl_2 на 1 мг N_2 у вигляді NH) внаслідок окиснення хлорамінів надлишковим хлором кількість залишкового зв'язаного хлору у воді різко знижується, що називається точкою перелому. Графічно вона має вигляд глибокого провалу на кривій залишкового хлору.

При подальшому збільшенні дози хлору після точки перелому концентрація залишкового хлору у воді знову починає поступово зростати. Цей хлор не пов'язаний із хлорамінами, зветься вільним залишковим (активним) хлором і має найвищу бактерицидну активність. Діє на бактерії і віруси подібно активному хлору при відсутності у воді аміаку і амонійних сполук.

Як свідчать дані досліджень, воду можна знезаражувати двома дозами хлору: до- і післяпереломною. Однак при хлоруванні допереломною дозою вода знезаражується за рахунок дії хлорамінів, а при хлоруванні післяпереломною - вільного хлору [23].

2.3 Методи реагування на аварійні ситуації з викидами хлору на водонасосних станціях

Технології для реагування на аварійні ситуації з викидами хлору на водонасосних станціях мають на меті швидко виявляти, локалізувати та мінімізувати вплив витoku хлору на оточуюче середовище та населення [24]. Ось деякі з них:

					НУЦЗУ.2.22-35.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		29

1. *Системи моніторингу та виявлення витоків:* Встановлення автоматизованих систем моніторингу, які надійно виявляють витoki хлору на водонасосних станціях, може значно скоротити час реагування на аварійну ситуацію. Ці системи можуть включати датчики газу хлору, які автоматично сповіщають персонал про виникнення витoku.

2. *Автоматичне відключення системи:* Інтеграція автоматичних систем відключення подачі хлору у разі виявлення витoku може допомогти запобігти подальшому випуску хлору в навколишнє середовище.

3. *Системи вентиляції та нейтралізації:* Встановлення потужних систем вентиляції на водонасосних станціях дозволяє швидко відведення хлору з приміщень. Також можуть бути використані системи нейтралізації хлору, які перетворюють його у безшкідливі речовини.

4. *Технології телеметрії та дистанційного керування:* Використання технологій телеметрії дозволяє віддалено контролювати роботу водонасосних станцій та виявляти витoki навіть у віддалених місцях. Це дозволяє оперативно реагувати на аварійні ситуації навіть з віддаленого місця.

5. *Плани надзвичайних ситуацій та навчання персоналу:* Важливо мати детальні плани надзвичайних ситуацій, які включають процедури евакуації, використання ЗІЗ, способи відключення подачі хлору та інші заходи безпеки. Персонал повинен бути регулярно навчений цим процедурам для ефективного реагування на аварійні ситуації.

Вищезазначені методи разом допомагають забезпечити комплексний підхід до реагування на аварії з викидами хлору на водонасосній станції. Крім того, наявність планів дій на випадок надзвичайних ситуацій та навчання персоналу дозволяє швидко та ефективно реагувати на аварії, зводячи до мінімуму їх негативні наслідки. Це все сприяє забезпеченню безпеки та захисту людей, обладнання та навколишнього середовища.

3. РОЗРОБКА ПЛАНУ РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНУ СИТУАЦІЮ., ПОВ'ЯЗАНУ З ВИКИДОМ ХЛОРУ НА ВОДОНАСОСНІЙ СТАНЦІЇ

3.1 Загальна характеристика фільтрувальної водонасосної станції Слав'янського РПУ

Промислова площадка фільтрувальної водонасосної станції Слав'янського РПУ КП «Компанія «Вода Донбасу»» знаходиться між селищами Пліщіївка та Клебан Бик, 500 м. від зони сполошної забудови житлового масиву.

Загальна площа об'єкту 1.1 га.

На територію можливий в'їзд автотранспорту через ворота зі сторони дороги що сполучає два села – Пліщіївку та Клебан Бик.

На території улаштовані дороги з твердим покриттям та мається вільний під'їзд до всіх будівель підприємства.

На території підприємства знаходяться КПП; хлораторна; гараж; будівля у якій розташовані – насосна, майстерня, аккумуляторна, вентиляційна, приміщення щитового керування, РУ – 6Кв, приміщення зарядної установки та битові приміщення; трезервуар чистої води. Схема розташування об'єктів на території підприємства наведена на рис.3.1.

Оскільки у кваліфікаційній роботі увага приділяється ХНО, тобто хлораторній, то слід навести її характеристику.

Хлораторна. Одноповерхова 2-го ступеню вогнестійкості з висотою близько 3 метрів. Розмір в плані 11×8,4 м. Площа складає 92,4 м. кв. Стіни та перегородки виконані з цегли, покриття рубіроїд по бетону. Горище відсутнє. Складається з трьох приміщень (рис. 3.2.). В одному приміщенні зберігається хлор у бочці 900 кг., в другому хлораторна, третє приміщення вентиляційна.

Мається система зрошення, яка включається диспетчером при пожежі та витоку хлору, та дегазаційна яма. Встановлена система оповіщення витоку хлору Дозор С.

					НУЦЗУ.2.22-35.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		31

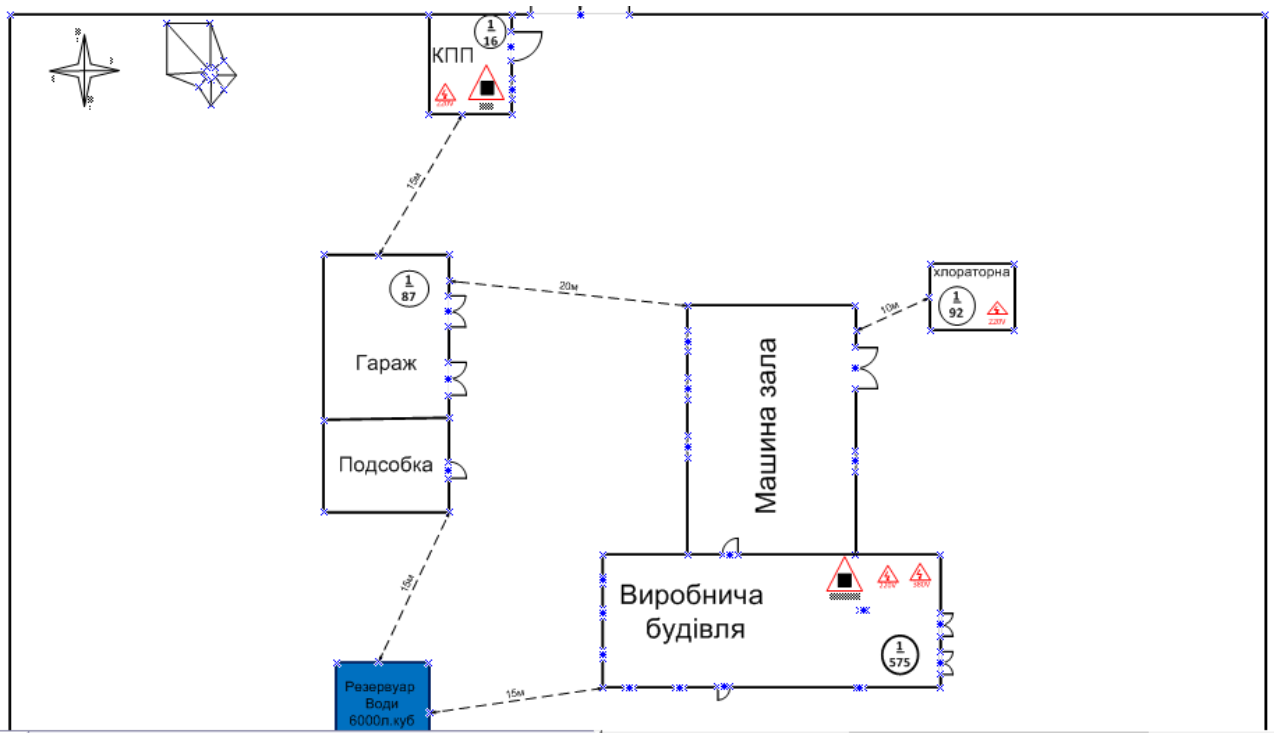


Рис 3.1. - Схема розташування об'єктів на фільтровальній водонасосній станції Слав'янського РПУ КП «Компанія «Вода Донбасу»»

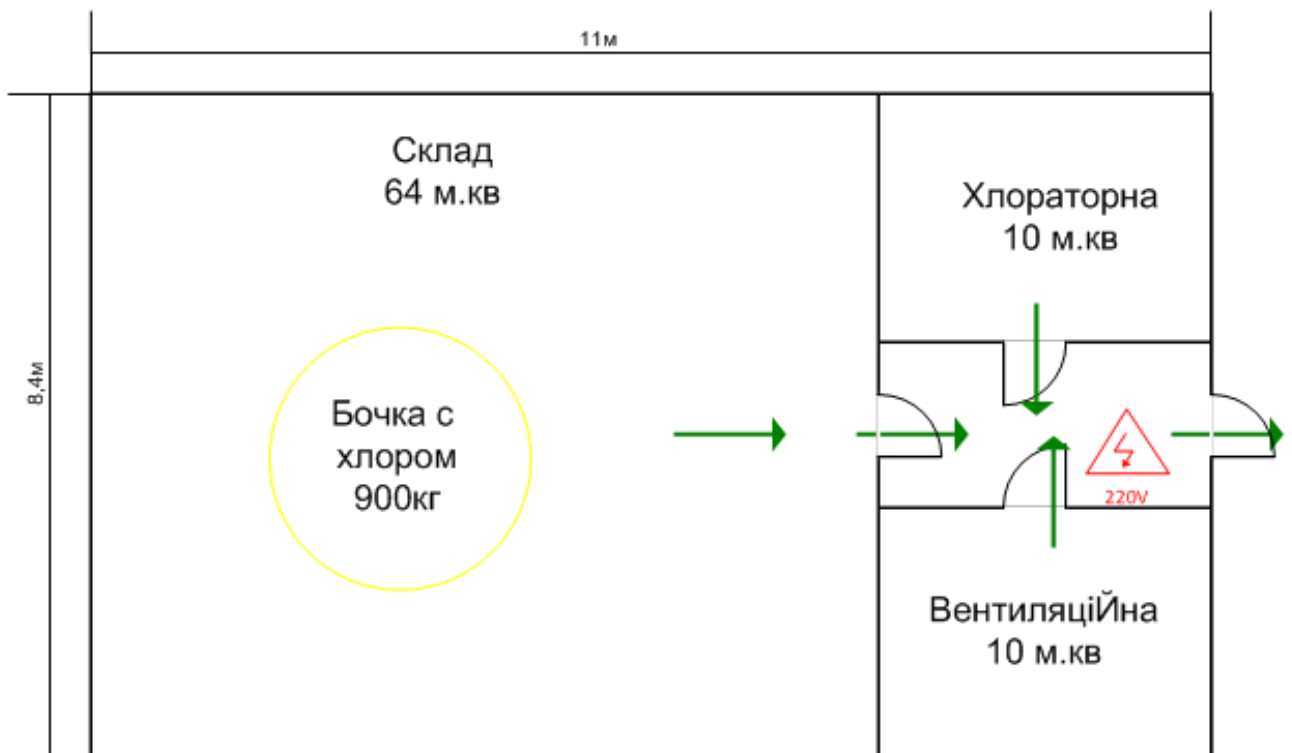


Рис 3.2. - Схема хлораторної на фільтровальній водонасосній станції Слав'янського РПУ КП «Компанія «Вода Донбасу»»

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

3.2. Опис та прогнозування умовної аварії з викидом хлору

Фільтрувальна водонасосна станція Слав'янського РПУ КП "Компанія "Вода Донбасу" знаходиться неподалік зони лінії фронту, що підвищує ризик обстрілу з великої та різноманітної зброї. В кваліфікаційній роботі зроблено припущення, що умовна аварія виникла через обстріл (рис 3.3.), що може призвести до розгерметизації балона, порушення герметичності технологічного трубопроводу або його з'єднань і, як наслідок, часткового або повного витоку хлору.

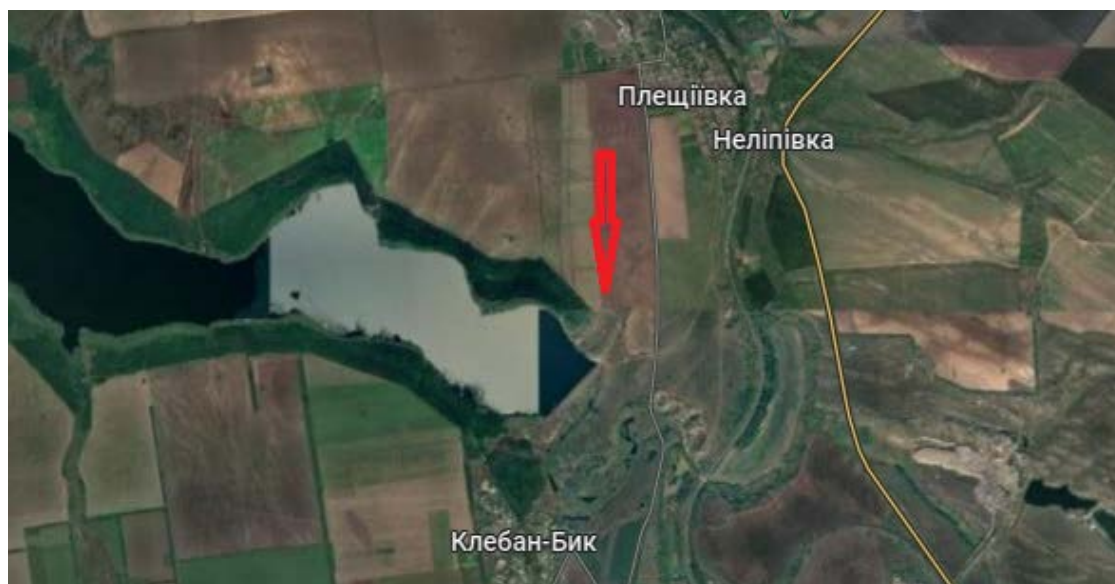


Рис 3.3 – Місце виникнення аварії.

У денну годину на об'єкті може знаходитись близько 14 осіб обслуговуючого персоналу, а в нічну – 2 особи. У разі витоку хлору першочерговим завданням є забезпечення безпечної евакуації обслуговуючого персоналу. Працівники повинні бути ознайомлені з евакуаційними маршрутами та мати доступ до засобів індивідуального захисту.

Евакуація людей з приміщень повинна проводитися через два виходи. Кожен працівник повинен знати розташування виходів та найбільш безпечний шлях до них. У разі виникнення аварії працівники повинні негайно покинути небезпечну зону та переміститися до визначених безпечних зон, забезпечуючи одночасно виконання вимог безпеки. Завдяки швидкій і правильно організованій евакуації можна зменшити ризики для персоналу та мінімізувати можливі втрати.

3.3. Визначення зон можливого хімічного зараження на водонасосній станції

Розрахунок здійснюється згідно з наказом №1000 від 29.11.2019 «Про затвердження Методики прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті» [25]. Ця методика дозволяє виконати довгострокову (оперативну) та аварійну оцінку ситуації у разі виникнення аварій, пов'язаних з виливом або викидом небезпечних хімічних речовин із технологічних ємностей на об'єктах, а також під час транспортування автомобільним, річковим, залізничним транспортом (у нерухомому стані) та трубопровідним транспортом.

Прогнозування зони хімічного зараження при аварійній ситуації з викидом хлору вимагає певних вихідних даних щодо характеристики об'єкта, відомостей про район надзвичайної ситуації, метеорологічні умови, топографічні особливості місцевості; місце і час аварії.

Довгострокове прогнозування аварій - це заздалегідь проведений процес оцінки можливих масштабів забруднення. Отримані дані застосовуються для розробки планів реагування на аварії та інших заходів, спрямованих на мінімізацію їх негативних наслідків.

Приймаємо:

Метеоумови: температура повітря - 20 °С, швидкість вітру на висоті 10 м над рівнем землі – 2 м/с, ступінь вертикальної стійкості повітря – інверсія, напрямок вітру – південно-східний.

Маса небезпечної речовини на момент аварії становить 900 кг.

Час виникнення аварії – 10:00.

Пора року – літо.

Тип рельєфу – рівнинно-хвилястий.

Вид рослинності – лісисто-стєпова.

Загалом глибина поширення первинної хмари НХР з урахуванням метеорологічних та топографічних умов, впливу температури повітря на кількість НХР, що переходить у первинну хмару, визначається за формулою:

					НУЦЗУ.2.22-35.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
						34
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Gamma_1 = \Gamma_{T1} \cdot K_{t1} \cdot K_k \cdot K_M,$$

де Γ_{T1} - для маси НХР 1т., конвекції та швидкості вітру 2 м/с (додаток 1 у [25]);

K_{t1} - для температури 20°C (додаток 2 у [25]);

K_k - для конвекційної вертикальної стійкості повітря 2 м/с (додаток 3 у [25]);

K_M - визначено із урахуванням комплексного показника $K_p=0,6$ (додаток 5,6 у [25]).

Беручи до уваги визначені коефіцієнти:

$$\Gamma_1 = 0,29 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 0,4 = 0,15(\text{км})$$

З урахуванням метеорологічних та топографічних умов, впливу температури повітря на кількість НХР, що переходить у вторинну хмару, глибина поширення вторинної хмари НХР Γ_2 (км) визначається за формулою:

$$\Gamma_2 = \Gamma_{T2} \cdot K_{t2} \cdot K_k \cdot K_M$$

де Γ_{T2} - для маси НХР 1т., конвекції та швидкості вітру 2 м/с (додаток 9 у [25]);

K_{t2} - для температури 20 °С (додаток 9 у [25]);

K_k - для конвекційної вертикальної стійкості повітря 2 м/с(додаток 3 у [25]);

K_M - визначено із урахуванням комплексного показника $K_p=0,6$ (додаток 5,6 у [25]).

Беручи до уваги визначені коефіцієнти:

$$\Gamma_2 = 0,61 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 0,4 = 0,32 (\text{км})$$

Глибина зони хімічного забруднення Γ визначається як найбільше із значень Γ_1 та Γ_2 за формулою:

$$\Gamma = \max(\Gamma_1; \Gamma_2) + R_{A=0,5} = 0,32+0,5 = 0,82 (\text{км})$$

Довгострокове прогнозування проводиться заздалегідь, щоб оцінити можливі масштаби забруднення, розрахувати необхідні ресурси для ліквідації наслідків аварії, а також розробити плани роботи та інші довідкові матеріали.

У разі проведення довгострокового прогнозування визначаються глибина і площа зони можливого хімічного забруднення, глибина і площа прогнозованої

					НУЦЗУ.2.22-35.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		35

зони хімічного забруднення, кількість осіб, що мешкає в ЗМХЗ та ПЗХЗ, можливі втрати людей (осіб), тривалість хімічного забруднення (хв, год, діб).

Площа зони можливого хімічного забруднення $S_{ЗМХЗ}$ (км^2) визначається за формулою:

$$S_{ЗМХЗ} = \pi \cdot \Gamma^2 = 3,14 \times \Gamma^2 = 3,14 \times (0,82)^2 = 2,59 \text{ (км}^2\text{)}$$

Площа прогнозованої зони хімічного забруднення $S_{ПЗХЗ}$ визначається залежно від значень радіусу аварії R_A , у нашому випадку 0,5 кілометрів та глибини поширення Γ_2 вторинної хмари та відповідних кутів сектору поширення цих хмар $\varphi_{1(2)}$. Згідно попередніх розрахунків $\Gamma_1 < \Gamma_2$. Визначаємо φ - половину кута сектора (град), у межах якого можливе поширення хмари НХР із заданою довірчою імовірністю P_Γ (у разі довгострокового прогнозування $P_\Gamma = 0,9$). Згідно Додатку 11 Методики [6] $\varphi_1 = 20$, $\varphi_2 = 30$, тому маємо $\varphi_1 < \varphi_2$.

$$S_{ПЗХЗ} = \pi \cdot \left(R_A^2 + \frac{(\Gamma_2^2 - R_A^2) \cdot \varphi_2}{180} \right) = 3,14 \cdot \left(0,5^2 + \frac{(0,82^2 - 0,5^2) \cdot 30}{180} \right) \\ = 0,32 \text{ (км}^2\text{)}$$

Основним показником, що характеризує ступінь небезпеки хімічного забруднення, є прогнозована кількість уражених, що опинилися в ЗХЗ.

Основним показником ступеня небезпеки хімічного забруднення є прогнозована кількість постраждалих, які перебувають у зоні хімічного зараження (ЗХЗ). Кількість постраждалих серед працівників об'єкта, де сталася аварія, а також місцевого населення, що живе поблизу, визначається залежно від кількості людей та часу їх перебування в ЗХЗ, а також їх рівня захисту від небезпечних хімічних речовин.

Кількість людей, що перебувають у ЗХЗ, розраховується шляхом додавання кількості працівників або мешканців, які перебувають у окремих виробничих зонах чи житлових кварталах, що піддалися впливу небезпечних хімічних речовин. Також вона може визначатися множенням середньої густини працівників або

населення на території об'єкта або населеного пункту на площу зараженої території.

Таким чином, кількість постраждалих осіб (В) розраховується за формулою:

$$B = L \cdot (1 - K_3) = 14 \cdot (1 - 0,68) = 5 \text{ осіб}$$

L – кількість виробничого персоналу в оседку урадження (осіб);

K_3 – коефіцієнт захищеності виробничого персоналу від вражаючої дії НХР.

Коефіцієнт захищеності виробничого персоналу K_3 від дії НХР зазначено в додатку 13 [25]. Значення коефіцієнта захищеності K_3 залежить від місця перебування виробничого персоналу у момент підходу хмари забрудненого повітря до об'єкта та захисних властивостей укриття і засобів індивідуального захисту, що використовуються.

Узагальнені розрахунки наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

Результаті довгострокового прогнозування

Глибина первинної хмари (Γ_1)	Глибина вторинної хмари (Γ_2)	Глибина зони хімічного зараження (Γ)	Площа зони можливого хімічного зараження ($S_{зmxз}$)	Площа прогнозованої зони хімічного зараження ($S_{пзхз}$)	Кількість ураження виробничого персоналу (В)
0,15 км	0,32 км	0,82 км	2,59 км ²	0,32 км ²	5 осіб

Розрахунки показали, що внаслідок викиду 900 кг хлора в зону зараження потраплять всі будівлі, які розташовані на фільтрувальній водонасосній станції Слав'янського РПУ КП "Компанія "Вода Донбасу". Найближчі населені пункти, які розташовано с. Пліщіївка та с. Клепан Бик (рис 3.4.) не потраплять.



Рис. 3.4. - Довгострокове прогнозування

Однак, слід зазначити, що в площа зони можливого хімічного зараження потрапляє Клепан-Бикське водосховище.

3.4. Розрахунок сил та засобів для обмеження зони хімічного забруднення створенням водяної завіси

Водна перешкода на шляху поширення хмари НХР повинна забезпечити обмеження поширення хмари та (або) осадження речовини. Залежно від розчинності НХР приймається рішення щодо створення водяної завіси або осадження хмари НХР.

Визначаємо необхідну кількість води для осадження хмари хлору, яка залежить від:

- питомої витрати води для осаджування НХР;
- швидкості випаровування НХР.

Питома витрата води q залежить від розчинності парів НХР і може бути визначена за формулою:

$$q = \frac{100}{R_m}$$

$$q = \frac{100}{0.7} = 142 \text{ (т)}$$

$$\text{для } 0.9 \text{ т } q = 142 \times 0.9 = 127,8 \text{ (т)}$$

де q - питома витрата води для осаджування 1 тони НХР, т;

R_m - розчинність НХР, г. для хлору-0.7 %.

Витрата води для осадження НХР Q_{nom} визначається за формулою:

$$Q_{nom} = 0,28 \cdot q \cdot V_{вип}$$

$$Q_{nom} = 0,28 \cdot 127,8 \cdot 1,38 = 49,4 \text{ (л/с)}$$

де $V_{вип}$ - швидкість випаровування НХР, т/год.

Швидкість випаровування $V_{вип}$ визначається за формулою:

$$V_{вип} = \frac{M}{T_{вип}}$$

$$V_{вип} = \frac{0,90}{0,65} = 1,38 \text{ (т/год)}$$

де M - кількість НХР, т.

$T_{вип}$ - час випаровування, год.

Час випаровування НХР T визначається відповідно до “Методики прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об’єктах і транспорті”.

Необхідна кількість стволів n_{oc} для осадження НХР, дорівнює:

$$n_{oc} = \frac{Q_{н\dot{o}}}{Q_{н\ddot{o}}}$$

$$n_{oc} = \frac{49,4}{20} = 3 \text{ стволи (НРТ-20)}$$

де $Q_{ст}$ - витрата води з одного пожежного ствола з насадкою-розпилювачем.

Значення кількості стволів округлюється до цілого значення в більшу сторону.

Технічні характеристики розпилювачів наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Технічні характеристики розпилювачів

Найменування	Кут подачі ствола, град.	Напір, мПа	Витрата води, л/с
НРТ - 5	50	0,6	5
НРТ - 10	50	0,6	10
НРТ - 20	50	0,6	20

Під час організації активного захисту стволи розташовуються по периметру розливу НХР. Відстань L між стволами дорівнює:

$$L = \frac{P}{n_{oc}}$$

$$L = \frac{20}{1} = 20 \text{ (м)}$$

де P - периметр розливу НХР, м.

Для створення завіси з метою обмеження поширення хмари НХР доцільно використовувати розпилювачі типу РВ-12. Технічні характеристики розпилювача РВ-12 наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3.

Технічні характеристики розпилювача РВ-12

Технічна характеристика	Значення
Тиск перед розпилювачем, P_{min} , МПа	0,6
Витрата, q , л/с	12
Висота факелу розпилю H, м	8
Відстань між розпилювачами L , м	14

Розрахунок засобів, необхідних для створення водяної завіси, виконується у такій послідовності:

Кількість потрібних для створення водяної завіси розпилювачів визначається за формулою:

$$N_{\text{ф обмеж}} = (P_{\text{ф}} / L) + 1$$

$$N_{\text{ф обмеж}} = (14/20) + 1 = 2 \text{ шт}$$

де Φ обмеж - кількість розпилювачів;

$P_{\text{ф}}$ - довжина фронту завіси, м;

L - відстань між розпилювачами, м.

Для створення водяної завіси стволи встановлюють так, щоб факели розпилю перекидали один одного.

Витрати води $Q_{пот}$ для встановлення завіси визначаються за формулою:

$$Q_{пот} = q * n_{обмеж}$$
$$Q_{пот} = 12 * 2 = 24 \text{ л/с}$$

де q - витрата розпилювача, л/с;

$n_{обмеж}$ - кількість розпилювачів, шт.

Тривалість підтримання завіси:

$$T_з = T_{вип} - T_{п} =$$

де $T_{вип}$ – тривалість випаровування НХР, год;

$T_{п}$ – час від початку аварії до створення завіси.

Тривалість випаровування НХР $T_{вип}$ визначаємо згідно до Методики прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті.

$T_{п}$ – (час слідування перших підрозділів до місця аварії) приймаємо 10 хвилин.

Середньорічна швидкість вітру для Донецької області дорівнює 2 м/с.

$$T_{вип} = 39 \text{ хвилин (0,65 годин)}$$

$$T_з = T_{вип} - T_{п} = 39 - 10 = 29 \text{ хвилин} = 0,5 \text{ год}$$

Розрахунок сил і засобів для створення водяної завіси та (або) осадження хмари НХР.

Потрібна кількість пожежних машин N_m визначається за формулою:

$$N_m = K_0 n / n_m$$

$$N_m = 1,5 \times 2 / 2 = 1,5$$

де K_0 - коефіцієнт запасу ($K_0 = 1,3$ (влітку), $K_0 = 1,5$ (взимку));

n - кількість розпилювачів, дорівнює $n_{обмеж}$ та (або) $n_{ос}$;

n_m - кількість стволів, що може забезпечити одне відділення, шт.

					ЛУЦЗУ.2.22-35.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
						41
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість пожежних рукавів для магістральних рукавних ліній визначаємо за формулою:

$$N_{\text{магр}} = 1,2 \times n_m \times l / 20$$
$$N_{\text{магр}} = 1,2 \times 2 \times 20 / 20 = 3$$

де n_m – кількість магістральних рукавних ліній;

l – сумарна довжина магістральних ліній.

Кількість пожежних рукавів для робочих рукавних ліній визначаємо з урахуванням кількості робочих рукавних ліній та довжини робочої рукавної лінії, яка, як правило, не перевищує 60 метрів:

$$N_{\text{напр}} = 1,2 \times n_m \times l / 20$$
$$N_{\text{напр}} = 1,2 \times 5 \times 60 / 20 = 18$$

де n_m – кількість робочих рукавних ліній;

l – сумарна довжина робочих ліній.

Кількість ланок ГДЗС приймаємо рівним 4 з урахуванням місць подавання стволів у непридатному для дихання середовищі

Кількість пожежних автомобілів основного призначення (АЦ) визначаємо з урахуванням необхідної кількості ланок ГДЗС на осадження та створення завіси. Таким чином, для ліквідації аварії необхідно 6 відділень в повному складі на пожежних автомобілях основного призначення (АЦ), що відповідає виклику по пожежі № 2 згідно з гарнізонним розкладом виїздів.

Вид та кількість спеціальної техніки визначаємо з урахуванням необхідних дій, направлених на забезпечення успішного гасіння пожежі, а саме:

проведення аварійно-рятувальних робіт – 1 спеціальний аварійно - рятувальний автомобіль (САРМ-С).

Мінімальну чисельність особового складу. Визначаємо необхідну кількість особового складу:

Мінімальна чисельність особового складу визначається з урахуванням необхідної кількості людей, задіяних у ланках ГДЗС ($N_{\text{ГДЗС}}$), виходячи з $T_{\text{вип.}}$

					НУЦЗУ.2.22-35.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
						42
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

проводимо заміну ГДЗС 50%, постах безпеки ($N_{ПБ}$), кількості пожежно-рятувальних автомобілів (N_A), кількості людей що контролюють рукавні лінії ($N_{рл}$) за формулою та представлені в таблиці 3.4.:

$$N_{o/c} = N_{ГДЗС} \cdot 3 + 0,5 N_{ГДЗС} \cdot 3 + N_{ПБ} \cdot 1 + N_A \cdot 1 + N_{зв}$$

$$N_{o/c} = 12 + 6 + 4 + 2 + 2 = 26$$

Таблиця 3.4.

Результат розрахунків сил і засобів осадження та створення водяної завіси

	q , л/с	Стволи НРТ-20 та РВ-12	Ланки ГДЗС	Особовий склад	Напірні рукава		Техніка
					51	77	
Потрібно для осадження та створення водяної завіси	84	5	4	26	18	3	6

За результатами попередніх розрахунків розроблено схему розташування сил та засобів (рис 3.5., таблиця 3.5.) при витоку хлора на фільтрувальній водонасосній станції Слав'янського РПУ КП "Компанія «Вода Донбасу»».

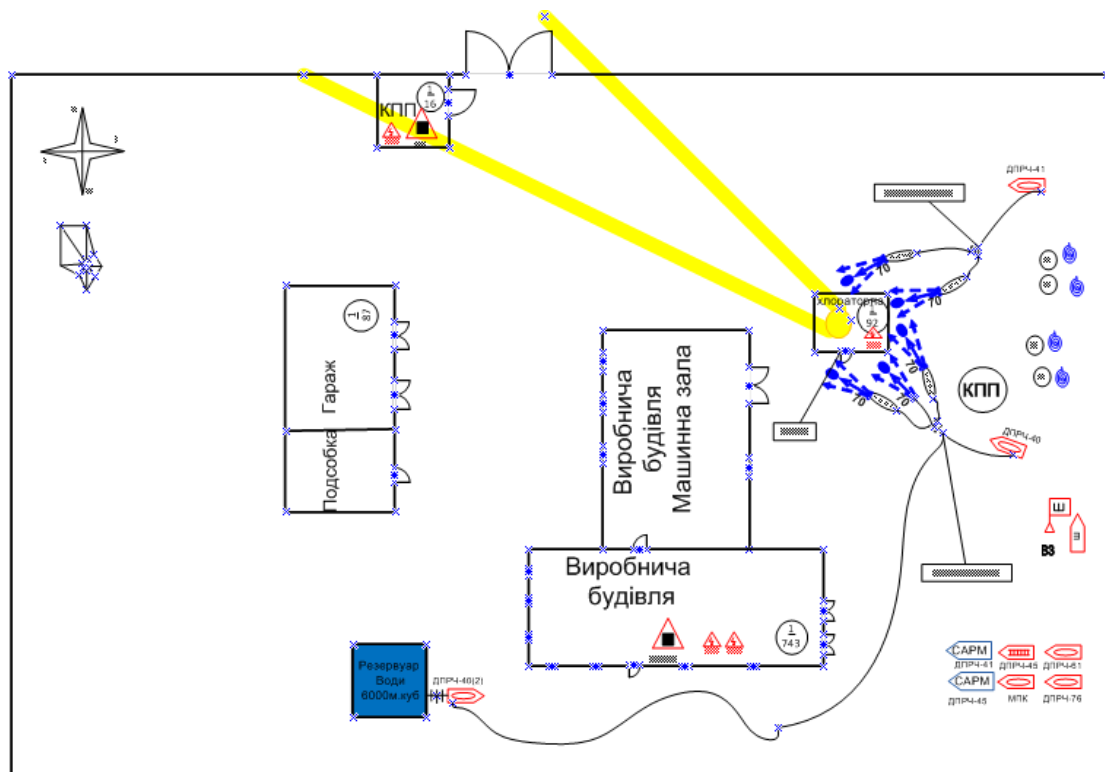


Рис. 3.5. – Схема розташування сил та засобів при витоку 900 кг хлора

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Сили і засоби, які залучаються для ведення аварійно-рятувальних і пошукових робіт

ДПРЧ-41	відділення на АЦ 4-60 (530905)-515М	Встановлює АЦ з навітряної сторони. Організовує та проводить розвідку ланкою ГДЗС зі стволом «А» з насадкою НРТ-20 для зрошення дверей хлораторної, ставить пост безпеки та КПП. Подає ствол «А» з насадкою РВ-12 на осадження хмари.
	відділення на САРМ	Начальнику рятувального відділення організувати ланку ГДЗС, озброєну шанцевим інструментом. У разі необхідності провести рятування постраждалих.
ДПРЧ-40	1 відділення на АЦ 5-40 (530905)-442А	Командир відділення організовує ланку ГДЗС, подає 2 стволи «А» з насадками РВ-12 та НРТ-20 на осадження хмари та зрошення хлораторної.
	2-е відділення АЦ40(130)63Б	Встановлює АЦ на ПВ. Проводить оперативне розгортання з прокладанням однієї магістральної рукавної лінії до будівлі та під'єднується до розгалуження 1-го відділення ДПРЧ-40. Ланкою ГДЗС подає ствол «А» з насадкою НРТ-20 для зрошення хлораторної.
	АД-30(131)ПМ506	Ставить машину в резерв. Очікує вказівок КПП.
ДПРЧ-45	САРМ	Ставить машину в резерв, за рішенням КПП проводить освітлення.
	АД-30(131)ПМ506	Ставить машину в резерв. Очікує вказівок КПП.
	АЦ40(130)63Б	Ставить машину в резерв, за рішенням КПП проводить евакуацію.

МПК	відділення АЦ40(130)63Б	попередження населення, яке знаходиться у зоні можливого хімічного забруднення.
ДПРЧ- 61	АЦ-(130)63Б	Ставить машину в резерв, за рішенням КГП проводить евакуацію.
	АД- 30(131)ПМ506	Ставить машину в резерв. Очікує вказівок КГП.
ДПРЧ- 76	АЦ-(130)63Б	Ставить машину в резерв. Вживає заходи щодо попередження населення, яке знаходиться у зоні можливого хімічного забруднення.

3.5. Рекомендації керівнику ліквідації аварії

1. Екіпіровка індивідуальними засобами захисту проводиться перед виїздом при отриманні повідомлення про аварію.
2. По прибуттю до місця аварії провести ретельну розвідку, з'ясувати загрозу хімічній небезпеці, визначити свою роль та міру участі в ліквідації аварії, дотримуючи при цьому всі запобіжні засоби.
3. З'ясувати можливість і тривалість використання наявних індивідуальних засобів захисту.
4. Організувати зв'язок і порядок взаємодії з іншими службами.
5. З'ясувати сигнали сповіщення і порядок евакуації.
6. Знеструмити об'єкти і повітряні ЛЕП на всій площі установки водяної завіси.
7. Безперервно стежити за напрямом і швидкістю вітру.
8. Стежити за станом особового складу, використовуваних засобів індивідуального захисту.
9. Створити пункти медичної допомоги, живлення і відпочинку особового складу.
10. Після ліквідації аварії забезпечити проведення повної або часткової

спеціальної обробки особового складу, засобів індивідуального захисту і пожежної техніки.

3.6. Рекомендації начальнику штабу(при аварії)

1. Провести розстановку сил і засобів згідно з рішенням, прийнятому КГП.
2. Вивчити обстановку на пожежі шляхом організації безперервної розвідки і отримання даних від начальників оперативного диспетчера.
3. Викликати при необхідності додаткові сили і засоби, передати накази КГП керівникам підрозділів.
4. Організувати зв'язок на пожежі.
5. Докладати КГП результати розвідки і повідомлення про обстановку і хід гасіння пожежі.
6. Самостійно ухвалювати рішення у випадках, що не терплять зволікання і здійснювати їх з подальшим донесенням КГП.
7. Забезпечити контроль за виконання наказів КГП.
8. Створити резерв з підрозділів, що прибувають.
9. Викликати при необхідності спеціальні служби міста (об'єкту) і організувати взаємодію з ними.
10. Передати на ОДС відомості про пожежу.
11. Збирати зведення про причину виникнення пожежі і про бойові дії підрозділів.
12. Вести документи оперативного штабу, повертаючи до цього начальника тилу і зв'язкових.
13. Організувати підміну особового складу при тривалій роботі на пожежі.
14. Призначити при необхідності заступника начальника штабу.

3.7. Локалізація та нейтралізація хімічних забруднень

У разі викиду НХР, які створюють велику зону хімічного забруднення з високою концентрацією, необхідно вжити заходів, які обмежують поширення

					НУЦЗУ.2.22-35.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		46

небезпечної хмари та локалізують її, після чого приступають до ліквідації витoku небезпечної речовини.

Локалізація зони хімічного забруднення та зниження до мінімуму впливу НХР здійснюється в залежності від типу речовини, масштабу та виду аварії, наявності необхідних технічних засобів і нейтралізуючих речовин.

Обмеження і припинення викиду НХР здійснюється за допомогою:

- відключення пошкоджених частин технологічного обладнання;
- перекриття кранів і засувок на трубопроводах;
- встановлення аварійних накладок, бандажів, хомутів, заглушок у місцях розриву ємностей і трубопроводів;
- підкарбування фланцевих з'єднань;
- перекачування рідини з аварійної ємності в резервну.

Ці роботи виконуються під керівництвом та за особистої участі фахівців об'єкта, які обслуговують технологічне обладнання.

Обмеження розтікання по місцевості для зменшення площі й інтенсивності випаровування НХР здійснюється шляхом:

- обвалування проток НХР;
- створення перешкод на шляху розтікання НХР;
- збирання НХР у природні заглиблення (ями, канави, кювети) з подальшим викликом відповідних служб для їх вивезення та (або) нейтралізації.

Зменшення швидкості випаровування й обмеження поширення хмари НХР здійснюється шляхом:

- улаштування рідинних завіс (водяних чи нейтралізуючих розчинів) у напрямку руху хмари НХР;
- розсіювання та зсуву хмари НХР газоповітряним потоком;
- засипання протоки і поглинання рідкої НХР сипучими адсорбційними матеріалами (грунт, пісок, керамзити);
- ізоляції розлитої НХР пінами;
- розведення протоки рідкої НХР водою чи нейтральними речовинами;
- нейтралізації розчинами хімічно активних реагентів;

- охолодження протоки НХР твердою вуглекислою чи іншими нейтральними холодоагентами;
- структурування (загушення) протоки НХР спеціальними сполуками з наступним вивозом і нейтралізацією;
- випалювання протоки НХР.

Ізоляція (поглинання) парогазової суміші з метою обмеження її поширення може проводитися шляхом створення у напрямку руху хмари НХР дрібнодисперсних водяних завіс. У воду можуть бути додані речовини для нейтралізації НХР.

Дрібнодисперсні водяні завіси створюються за допомогою протипожежної техніки, яка забезпечує тиск струменя води не менше 0,9 МПа. При нижчому тиску необхідна дисперсність крапель води, здатних поглинати парогазову фазу НХР, як правило, не досягається. Відсічні водяні завіси створюються вертикально на рубежі по фронту руху хмари НХР з урахуванням конструктивних особливостей приміщення, в якому відбувся викид НХР, рельєфу місцевості, метеорологічних умов і даних хімічної розвідки.

Для нейтралізації НХР спеціальними розчинами заборонено використовувати протипожежну техніку, якщо це може спричинити її пошкодження.

Поглинання рідкої фази НХР шаром сипучих адсорбентів здійснюється шляхом розсипання матеріалу безпосередньо на потоку НХР. Товщина шару адсорбенту повинна бути не меншою за 10-15 см. Забруднений адсорбент і верхній шар ґрунту (на глибину проникнення НХР), у разі необхідності, збирається в спеціальні ємності й вивозиться в місця дегазації.

Ізоляція рідкої фази НХР піною здійснюється для зменшення їх випаровування. У піну можуть додаватися дегазуючі добавки, які, вступаючи в реакцію, утворюють нетоксичні чи малолетючі речовини. Ізоляція розливів НХР піною може застосовуватися за наявності достатньої кількості технічних засобів.

Найбільш доступним способом зниження швидкості випаровування НХР є розведення її рідкої фази струменем води чи розчинами нейтралізуючих речовин.

Вони можуть подаватися дрібнодисперсними чи компактними струменями. Під час подачі водяних струменів для розведення НХР не допускається її розбризкування і потрапляння на людей, а також контактування особового складу та технічних засобів з розливою речовиною.

Залежно від умов аварії, наявності необхідних технічних засобів і нейтралізуючих речовин, локалізація викиду (випливу) НХР і ліквідація його наслідків (знешкодження хмар і проток НХР) може здійснюватися як одним способом, так і комбінуванням перелічених способів.

Способи і засоби локалізації та нейтралізації хімічних забруднень для окремих НХР наводяться в декларації безпеки об'єкта, паспортах безпеки речовин та оперативних документах (плани пожежогасіння, ПЛАС тощо).

У будь-якому випадку роботи з локалізації та нейтралізації хімічних забруднень повинні здійснюватися з урахуванням вказівок і рекомендацій та за особистої участі фахівців об'єкта, які обслуговують технологічне обладнання.

					НУЦЗУ.2.22-35.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		49

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Загальні положення

Вільний вибір праці та вільна згода на неї означають, що кожна людина має виключне право самостійно розпоряджатися своїми здібностями до творчої та продуктивної праці. Це означає, що особа може самостійно обрати вид діяльності та рід занять. Вона може працювати за наймом за трудовим договором (контрактом) або ж самостійно забезпечувати себе роботою як підприємець, фермер, член кооперативу, займатися індивідуальною трудовою діяльністю та ін. [26].

Держава гарантує працевдатним громадянам України, які постійно проживають на її території, вільний вибір виду діяльності та безкоштовну допомогу від державних служб зайнятості у пошуку підходящої роботи та працевлаштуванні з урахуванням їх покликання, здібностей, професійної підготовки та освіти, а також суспільних потреб. Крім того, держава забезпечує безкоштовне навчання безробітних новим професіям, перепідготовку з виплатою стипендії, компенсацію витрат у разі направлення на роботу в іншу місцевість, правовий захист від необґрунтованої відмови у працевлаштуванні та незаконного звільнення, а також допомогу у збереженні роботи [27].

Законодавство про охорону праці регулює відносини між власником (керівником) підприємства, установи, організації (або його відповідним уповноваженим) і працівником щодо безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, встановлюючи єдиний порядок організації охорони праці в Україні [28].

Розмір мінімальної заробітної плати встановлюється Верховною Радою України за поданням Кабінету Міністрів України не рідше одного разу на рік у законі про Державний бюджет України. Мінімальна заробітна плата має бути не нижчою за розмір прожиткового мінімуму для працевдатних осіб [29].

					НУЦЗУ.2.22-35.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		50

4.2. Моніторинг витоку хлору та засоби індивідуального захисту працівників

Моніторинг витоку хлору та засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) важливі для забезпечення безпеки працівників та мешканців населених пунктів, де використовується хлор для очищення води або в інших промислових процесах. Ось деякі аспекти, які слід враховувати:

1. *Моніторинг витоків:* Системи моніторингу витоку хлору встановлюються для реагування на потенційно небезпечні ситуації. Ці системи можуть виявляти навіть невеликі концентрації хлору у повітрі та автоматично сповіщати про це персонал.

2. *Індивідуальний захист:* Обслуговуючий персонал, який працює з хлором, повинен мати належний ЗІЗ. Це може включати спеціальні маски з фільтрами, захисні костюми, рукавиці та окуляри. Важливо, щоб персонал був навчений користуватися цим обладнанням та регулярно перевіряв його на належне функціонування [30].

3. *Технічні заходи безпеки:* Додаткові заходи безпеки можуть включати встановлення систем витяжки та вентиляції для швидкого видалення хлору з приміщень у разі витоку. Також важливо мати навчений персонал, який знає, як правильно реагувати в разі витоку.

4. *Плани надзвичайних ситуацій:* Компанії та установи повинні мати плани надзвичайних ситуацій, щоб ефективно реагувати на витoki хлору та інші аварійні ситуації. Ці плани повинні включати процедури евакуації, способи повідомлення персоналу та мешканців про небезпеку, а також координацію з місцевими службами надзвичайних ситуацій [31].

Моніторинг і заходи безпеки важливі для запобігання аваріям та мінімізації ризику для здоров'я персоналу та мешканців.

4.3 Аварійна картка НХР (хлору)

Аварійна картка НХР містить важливу інформацію про цей реагент та рекомендації щодо дій у випадку його витоку або аварії чи іншій надзвичайній ситуації. Вступ до такої картки включає загальний опис властивостей хлору, потенційні ризики та загальні принципи поводження з ним у разі аварійної ситуації, які наведено в таблиці 4.1. та допустимий час перебування людей в засобах захисту шкіри наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.1.

Аварійна картка НХР (хлору)

Номер ООН	Ступінь токсичності	Клас небезпечного вантажу
1017	2	2

Основні властивості та небезпечні фактори

Основні властивості	Жовтувато-зелений газ із характерним подразнюючим запахом, мало розчинний у воді, відчуття сприймання запаху коливається в межах 0,3 – 3,8 мг/м ³ . Газоподібний хлор у 2,5 раза важчий за повітря, накопичується у низьких ділянках місцевості, підвалах, тунелях. Зріджується при температурі мінус 34 °С. Випаровуючись у повітрі рідкий хлор утворює з водяними парами білий туман. Хлор у хмарі знаходиться у смертельних концентраціях. Хлор належить до сильних окисників. Вологий хлор спричиняє сильну корозію більшості металів. Наявність хлору в повітрі призводить до зупинки двигунів внутрішнього згоряння та їх пошкодження. ГДК _{р.з.} - 1 мг/м ³
Вибухо- та пожежонебезпека	Негорюча речовина. Підтримує горіння (окисник). Ємкості можуть вибухати при нагріванні. В рідкому хлорі може знаходитися домішка трихлориду азоту (NCl ₃), який при об'ємному випаровуванні хлору стає вибухонебезпечним, в разі його концентрації понад 5%. Багато металів та неметалів (титан, мідь, алюміній, цинк, фосфор тощо) спроможні горіти в атмосфері сухого і вологого хлоргазу

Транспортне маркування

№ аварійної картки при перевезенні залізницею		203
Ідентифікаційний номер безпеки	   	
268		

						Лист
						52
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	НУЦЗУ.2.22-35.СХ та ХТ.РПЗ.01	

**ДІЇ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАХИСТУ ПІД ЧАС ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ
АВАРІЇ**

Гасити пожежу з максимально можливої відстані, за якої забезпечується гасіння пожежі. Охолоджувати ємності водою. Для розсіювання (осадження, ізоляції) парів використовувати розпилену воду. Небезпечна зона в радіусі не менше 200 м. Розміри зони хімічного забруднення уточнюються за результатами хімрозвідки. Повідомити СЕС. У небезпечну зону входити лише в засобах індивідуального захисту. Триматися навітряного боку. Уникати низьких місць. Не торкатися пролітої речовини. Потерпілим надати першу допомогу. Задіяти служби відповідно до плану локалізації та ліквідації аварії для усунення витікання, перекачування у справну ємність, огороження місць розливів ґрунтовим валом, нейтралізації розливів. Прибрати із зони аварії горючі матеріали. Не допускати потрапляння у водоймища, підвали, каналізацію

Вогнегасні речовини

За наявності розлиття використовувати розпилену воду. Для гасіння пожежі використовувати засоби, найбільш придатні для гасіння речовини, що горить

ЗАСОБИ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ, ЯКІ РЕКОМЕНДУЮТЬСЯ

Ізолювальний термогазозахисний костюм ІК-ТГЗ. Ізолювальні газохімічнозахисні костюми КІ-АР "Іній", "Рятувальник ЗУ", КІ-К-М "Юпітер - М", "Рятувальник 2МУ". Ізолюючі захисні дихальні апарати типу АСВ, АІР, АВХ

Ознаки ураження

Хлор – сильнодіюча отруйна речовина, яка має загальнотоксичну і подразнюючу дію на організм людини, а також викликає хімічні опіки.

Перші ознаки ураження - різкий грудний біль, порушення координації руху, різь в очах, слизотеча, сухий кашель, блювання. Хлор спричинює різке подразнення слизових оболонок очей, верхніх і глибоких дихальних шляхів і легенів

Заходи першої допомоги

Викликати швидку медичну допомогу. Особи, які надають першу допомогу, повинні використовувати індивідуальні засоби захисту органів дихання та шкіри. Вивести потерпілого із забрудненої зони, звільнити від забрудненого одягу, розстебнути одяг, який утруднює дихання. Дати потерпілому зволожений кисень. Очі, ніс і рот слід промити розчином питної соди (2 % розчином гідрокарбонату натрію) або 2 % розчином гідросульфату натрію. Місця ураження шкіри негайно промити великою кількістю мильної води, потім змити мильну воду струменем чистої теплої води протягом 10-15 хв. Обережно видалити вологу з уражених ділянок тіла за допомогою м'якого чистого рушника. Штучне дихання тільки при зупинці дихання і кровообігу

Нейтралізація

Під час інтенсивного витікання для осадження газу використовувати розпилену воду. Для нейтралізації використовувати вапняне молочко, розчини соди або каустику (60 – 80% та більше). Для нейтралізації 1 т хлору необхідно 1,5 т кальцинованої соди

Таблиця 4.2.

Допустимий час перебування людей в засобах захисту шкіри

Температура повітря С ⁰	Час перебування, год.
+30 ⁰ і вище	0.3
+25-29	0.5
+24	0.8
+15-19	2
+15 і нижче	3

4.4. Рекомендації відповідальному за безпеку праці при виникненні аварійної ситуації із витоком хлору

1. Встановити і підтримувати постійний зв'язок з КГП.
2. Весь особовий склад чергового караулу (включаючи водія) у разі виїзду на об'єкт з повинен бути екіпірований відповідними засобами індивідуального захисту.
3. Необхідно організувати резерв особового складу, техніки, ізолюючих протигазів і резервних балонів.
4. До місця аварії слід пересуватися з навітряного боку.
5. Роботу особового складу в зараженій зоні необхідно організувати у три зміни. Перша зміна проводить роботи в зараженій зоні; друга зміна знаходиться в повній бойовій готовності для надання необхідній допомозі зміні, яка працює; третя зміна відпочиває в безпечному місці.
6. Для проведення робіт в зоні з підвищеної концентрації хлору необхідно задіяти мінімально необхідну кількість особового складу.
7. Вхід в заражену зону повинен здійснюватися тільки через КПП, які повинні очолювати осіб середнього або старшого начальницького складу.

8. Маршрут руху ланки ГДЗС не повинен проходити через хмару хлору або розлитий рідкий хлор. Робота безпосередньо в розлитому рідкому хлорі недопустима.

9. За умови роботи в зараженій зоні груп на автотехніці, ресурс засобів захисту органів дихання повинен розраховуватися, виходячи з умови виходу із зони своїм ходом у разі відмови роботи двигуна.

10. Під час ліквідації аварії слід використовувати джерела водопостачання, які розташовані з навітряного боку, подавати вогнегасні речовини з максимально можливої відстані, триматися з навітряного боку, уникати низьких місць, ізолювати небезпечну зону і не допускати сторонніх осіб.

					НУЦЗУ.2.22-35.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		55

ВИСНОВКИ

1. При аналізі небезпек надзвичайних ситуацій техногенного характеру в Україні виявлено, що основними причинами є аварії на промислових об'єктах, транспорті та інфраструктурі, що спричиняють значні збитки та загрози для здоров'я людей і навколишнього середовища. Висновок полягає в необхідності підвищення рівня безпеки на цих об'єктах через інвестиції в сучасні технології, навчання персоналу та ефективне управління кризовими ситуаціями.

2. Сучасні методи очищення води хлором ефективно знищують бактерії та інші шкідливі мікроорганізми, забезпечуючи якісну та безпечну питну воду. Однак аварії з викидами хлору на водонасосних станціях можуть становити серйозну загрозу для населення, тому необхідно впроваджувати системи моніторингу, швидкого реагування та заходи безпеки для мінімізації ризиків.

3. Розробка плану реагування на надзвичайну ситуацію, пов'язану з викидом хлору на водонасосній станції, є критичною для захисту населення та персоналу станції від шкідливих наслідків. План повинен включати швидкі оповіщення, евакуацію, нейтралізацію хлору та координацію з місцевими службами екстреного реагування для ефективного управління кризою.

4. Висновок щодо охорони праці на водонасосних станціях в контексті викидів хлору підкреслює важливість суворого дотримання заходів безпеки для захисту працівників та населення. Розробка та впровадження детального плану реагування на надзвичайні ситуації, пов'язані з викидами хлору, є ключовим аспектом забезпечення безпечних умов праці. Важливо проводити регулярне навчання персоналу, оснащувати станції системами моніторингу та забезпечувати доступ до захисного обладнання для запобігання травмам і зниження ризиків.

					НУЦЗУ.2.22-35.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		56

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Водный кодекс України: Закон України від 06.06.1995 р. № 214-95. Дата оновлення: 08.11.2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text> (дата звернення: 01.03.2024).
2. Хільчевський В.К. Водна політика: світові тенденції, стан в Україні. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2023. №4. Т. 70. С.6 - 22.
3. Про забезпечення підготовки Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні: Постанова Кабінету Міністрів України від 09.08.2022 р. № 883. Офіційний вісник України. 2022. № 40. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/883-2022-%D0%BF#Text> (дата звернення: 03.03.2024).
4. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2021 році. URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/01/Natsdopovid-2021-n.pdf> (дата звернення: 03.03.2024).
5. Про схвалення Водної стратегії України на період до 2050 року: Постанова Кабінету Міністрів України від 09.12.2022 р. № 1134-р. Офіційний вісник України. 2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1134-2022-%D1%80#Text> (дата звернення: 05.03.2024).
6. Бхопальська катастрофа. URL: <https://history-maps.com/uk/story/History-of-Republic-of-India/event/Bhopal-Disaster>(дата звернення: 05.03.2024).
7. Duarte-Davidson, R, Orford, R, Wyke, S, Griffiths, M, Amlôt, R, Chilcott, R. Recent advances to address European Union Health Security from cross border chemical health threats. *Environ Int*. 2014. № 72. P. 3 – 14.
8. Мельниченко А. С., Кустов М. В., Кіреєв О. О., Лещова В. А. Аналіз стану небезпеки стану на об'єктах зберігання хлору. *Problems of Emergency Situations*. 2020. № (31). С. 198 – 210.
9. В Одесі сталася серйозна хімічна аварія URL: <https://tsn.ua/exclusive/na-odeskomu-pidpriyemstvi-iz-vigotovlennya-pashtetu-stavsyavitik-hloru-iz-800-litrovoyi-dizhki-1922320.html>(дата звернення: 06.03.2024).

					НУЦЗУ.2.22-35.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		57

10. Мельниченко А.С. Кустов М.В. Аналіз причин виникнення надзвичайних ситуацій на об'єктах зберігання хлору. Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, м. Харків, 15-16 квітня. 2020 р. НУЦЗ України, 2020. С. 86–87.

11. Биченок М. М. Основи інформатизації управління регіональною безпекою. Київ.: РНБО, Інститут проблем національної безпеки, 2005. 194 с.

12. Дії підрозділів ДСНС у умові воєнного конфлікту: навч. посіб. / М. Коваль, С. Крук, Д. Бондар та ін. Львів: ЛДУБЖД, 2023. 306 с

13. Про затвердження Рекомендацій щодо організації гасіння пожеж підрозділами ДСНС на промислових об'єктах підвищеної небезпеки з наявністю небезпечних хімічних речовин: наказ МНС України від 22.09.2011 №2017.

14. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною: наказ міністерства охорони здоров'я від 12.05.2010 № 400.

15. Лисиця А.В. Біоіндикація і біотестування забруднених територій. Методичні рекомендації до самостійного вивчення дисципліни. Рівне: Дока-центр, 2018. – 94 с.

16. Охорона праці та цивільний захист: підручник для студентів, які навчаються за спеціальностями галузей знань «Автоматизація та приладобудування» / О.І. Полукаров, та ін.; за ред. О.Г. Левченка. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 420 с.

17. Бабієнко В. В., Мокієнко А. В. Гігієна води та водопостачання населених місць : навч. посіб. Одеса : Прес-кур'єр, 2021, 372 с.

18. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод: підручник / А.К. Запольський та ін. Київ: Лібра, 2000. 552 с.

19. Мокієнко О.В., Петренко Н.Ф., Гоженко О.І. Знезараження води. Гігієнічні та медикоекологічні аспекти. Т. 1. Хлор та його сполуки. Одеса: ТЕС, 2011. 484 с.

					НУЦЗУ.2.22-35.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
						58
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

20. Matveyeva N.A., Dupliy V.P., Panov V.O. Reduction of Hexavalent Chromium by Duckweed (*Lemna minor*) in vitro Culture. *Hydrobiological Journal*. 2013. Vol. 49, №3. P. 58-67.

21. Мокієнко О.В., Петренко Н.Ф., Гоженко О.І. Знезараження води. Гігієнічні та медикоекологічні аспекти. Т. 2. Діоксид хлору. Одеса: ТЕС, 2012. 604 с.

22. Гаркавий С.І., Музичук Н.Т. Гігієнічні аспекти методів знезараження господарсько-побутових стічних вод, альтернативних хлоруванню. *Вода і водоочисні технології*. 2003. №1. С. 34-40.

23. Мокієнко О.В., Петренко Н.Ф., Гоженко О.І. Знезараження води. Гігієнічні та медикоекологічні аспекти. Т. 3. Озон. Одеса : Фенікс, 2017. 322 с.

24. Цитлес І.В., Сімонов Ю.Г. Методичні рекомендації посадовим особам з питань цивільного захисту з організації цивільного захисту на суб'єкті господарювання. Київ.2017.70 с.

25. Про затвердження Методики прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті: Наказ Міністерства внутрішніх справ України від 29.11.2019 № 1000. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/RE34723?an=161> (дата звернення: 03.03.2024).

26. Загальна деларація прав людини від 10.12.1948. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_015#Text. (дата звернення 11.04.2024).

27. Кодекс Законів про працю України від 24.12.2023 р. № 322-08., URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08#Text>. (дата звернення 11.04.2024).

28. Закон України «Про охорону праці» від 01.10.2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text> (дата звернення 11.04.2024).

29. Закон України «Про оплату праці» від 08.03.2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/108/95-%D0%B2%D1%80#Text> (дата звернення 12.04.2024).

30. Про затвердження Мінімальних вимог безпеки і охорони здоров'я при використанні працівниками засобів індивідуального захисту на робочому місці від

					НУЦЗУ.2.22-35.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		59

29.01.2018 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1494-18#Text> (дата звернення 13.04.2024).

31. Про затвердження Порядку проведення евакуації у разі загрози виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій від 30 жовтня 2013 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/841-2013-%D0%BF#Text> (дата звернення 13.04.2024).

					НУЦЗУ.2.22-35.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		60