

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
Кафедра охорони праці та цивільної безпеки

С.І. Чеберячко, Ю.І. Чеберячко, І.А. Лісовицька

**ПЛАН ЛІКВІДАЦІЇ АВАРІЇ
НА ХІМІЧНО-НЕБЕЗПЕЧНОМУ ОБ'ЄКТІ**

**Методичні рекомендації до виконання курсового проєкту
з планування процесів ліквідації аварій
для здобувачів ступеня бакалавра спеціальності 263 Цивільна безпека**

Дніпро
НТУ «ДП»
2025

Чеберячко С.І.

План ліквідації аварії на хімічно-небезпечному об'єкті [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до виконання курсового проєкту з планування процесів ліквідації аварій для здобувачів ступеня бакалавра спеціальності 263 Цивільна безпека / С.І. Чеберячко, Ю.І. Чеберячко, І.А. Лісовицька ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка», – Дніпро : НТУ «ДП», 2025. – 61 с.

Автори:

С.І. Чеберячко – д-р техн. наук, проф.;

Ю.І. Чеберячко – д-р техн. наук, проф.;

І.А. Лісовицька – канд. техн. наук, доц.

Затверджено науково-методичною комісією спеціальності К10 Цивільна безпека (протокол №12 від 08.10.2025) за поданням кафедри охорони праці та цивільної безпеки (протокол № 1 від 29.08.2025).

Методичні матеріали призначено для самостійної роботи студентів спеціальності 263 Цивільна безпека під час виконання курсового проєкту з дисципліни «Планування процесів ліквідації аварій» на тему «План ліквідації аварії на хімічно-небезпечному об'єкті». Уміщені основні вимоги до структури, змісту пояснювальної записки та вимоги до графічної частини курсового проєкту, послідовність роботи над ним, описано процедуру його захисту і критерії оцінювання.

Рекомендації орієнтовано на активізацію виконавчого етапу навчальної діяльності студентів денної та заочної форми навчання.

Відповідальний за випуск – завідувач кафедри охорони праці та цивільної безпеки В.І. Голінько, д-р техн. наук, проф.

ЗМІСТ

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ	4
1.1. Мета курсового проєкту та результати навчання.....	4
1.2. Форма та строк виконання курсового проєкту.....	5
1.3. Матеріально-технічне, методичне та інформаційне забезпечення	5
1.4. Загальні вимоги до оформлення курсового проєкту	6
1.5. Організація виконання курсової роботи	7
2 ОЦІНЮВАННЯ ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ.....	8
2.1. Шкали оцінювання курсового проєкту	8
2.2. Критерії оцінювання курсового проєкту	8
3. ПОРЯДОК РОЗРАХУНКУ «ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ОЦІНКИ ХІМІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ У НАСЛІДОК АВАРІЇ З ВИКИДАННЯМ ХНР»	10
3.1. Тематичні терміни та визначення	10
3.2. Розрахункова частина	11
3.3. Графічна частина.....	35
3.4 Загальні відомості про програмний застосунок MARPLOT	36
3.5 Ознайомлення з інтерфейсом програми MARPLOT	37
3.6 Нанесення результатів розрахунків у застосунку MARPLOT.....	43
4. ВИХІДНІ ДАНІ ДО КУРСОВОГО ПРОЄКТУ	46
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	49
ДОДАТОК 1 Приклад оформлення курсового проєкту	50

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1. Мета курсового проєкту та результати навчання

Курсовий проєкт є складовою навчального плану підготовки бакалаврів, що навчаються за спеціальністю 263 Цивільна безпека за освітньою програмою «Цивільна безпека».

Мета дисципліни «Планування процесів ліквідації аварій» полягає в обґрунтуванні цілей і шляхів їх досягнення на основі визначення комплексу завдань і робіт, а також ефективних методів, способів і ресурсів усіх видів, необхідних для захисту населення, територій, навколишнього природного середовища та майна від надзвичайних ситуацій шляхом запобігання таким ситуаціям, ліквідації їх наслідків і надання допомоги постраждалим у мирний час та в особливий період.

В освітньо-професійній програмі НТУ «Дніпровська політехніка» спеціальності 263 Цивільна безпека здійснено розподіл програмних результатів навчання (ПРН) за організаційними формами освітнього процесу. Зокрема, до освітнього компонента Ф18 «Курсовий проєкт з планування процесів ліквідації аварій» віднесено такі результати навчання є:

РН21	Аналізувати і обґрунтовувати інженерно-технічні та організаційні заходи щодо цивільного захисту, техногенної та промислової безпеки на об'єктах та територіях.
------	--

Мета курсового проєкту – розробити комплексний план дій з ліквідації аварії на хімічно-небезпечному об'єкті, який забезпечить ефективне реагування на надзвичайну ситуацію, мінімізацію ризиків для життя і здоров'я людей, захист навколишнього середовища та матеріальних цінностей. У межах проєкту передбачається аналіз потенційних загроз, визначення характеру хімічної небезпеки, моделювання сценаріїв розвитку аварії.

Задача курсового проєкту – систематизувати, закріпити і поглибити отримані знання з таких дисциплін як проєктування засобів колективного захисту працюючих, моделювання надзвичайних ситуацій, моніторинг умов праці тощо шляхом використання отриманих знань у курсовій роботі, розширити знання цивільного захисту шляхом поглибленого вивчення довідників, посібників, наказів та інших джерел інформації щодо ліквідації аварій на об'єкті; набути вміння грамотного та переконливого обґрунтування прийнятих рішень.

У результаті виконання курсового проєкту у студентів мають сформуватися такі вміння та навички:

- застосовувати Методику прогнозування наслідків вилливу (викиду) небезпечних хімічних речовин (НХР) під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті для оцінки хімічної обстановки та визначення масштабів забруднення;

- робити аналіз потенційних загроз;
- визначати характер хімічної небезпеки;
- моделювати сценаріїв розвитку аварії;

1.2. Форма та строк виконання курсового проєкту

Курсовий проєкт студенти виконують самостійно, за необхідності використовуючи навчальні аудиторії чи спеціально обладнані приміщення кафедри ОПЦБ.

Заняття з викладачем проходять у формі консультацій. Тривалість консультації – не менше двох академічних годин на тиждень.

Завідувач кафедри та викладач організовує роботу над курсовим проєктом, створюють відповідні умови, надають методичне та інформаційне забезпечення.

Студент під час виконання курсового проєкту повинен:

- ознайомитися з методичними рекомендаціями до виконання курсового проєкту;
- отримати завдання;
- звертатися за консультацією до керівника;
- знати та виконувати вимоги з охорони праці під час перебування в університеті;
- самостійно виконати курсовий проєкт і подати його на перевірку викладачеві за тиждень до початку контрольних заходів;
- сприймати зауваження та оперативно виправляти зауваження керівника;
- захистити курсовий проєкт і отримати оцінку в терміни, передбачені графіком навчального процесу.

Керівник курсового проєкту повинен:

- організувати методичне та інформаційне забезпечення виконання курсових робіт;
- видати завдання на роботу з визначеними термінами виконання та захисту;
- скласти графік консультацій та забезпечити його дотримання;
- консультувати здобувача освіти щодо змісту курсової роботи;
- керувати ходом та якістю виконання курсових проєктів студентами;
- перевірити курсовий проєкт;
- повернути здобувачу освіти роботу не пізніше як за день до захисту;
- оцінити навчальну діяльність студента щодо набутих умінь та навичок з проблематики курсового проєкту.

Завідувач кафедри повинен:

- організувати матеріально-технічне, методичне та інформаційне забезпечення виконання курсового проєкту;
- контролювати виконання викладачем кафедри графіка консультацій;
- вирішувати спірні питання між викладачем та студентом у разі їх виникнення.

1.3. Матеріально-технічне, методичне та інформаційне забезпечення

Матеріально-технічні засоби навчання: лабораторне, комп'ютерне та мультимедійне обладнання кафедри охорони праці та цивільної безпеки. Комп'ютерний клас. Інтерактивна дошка.

Методичне та інформаційне забезпечення: навчальна література з дисципліни «Планування процесів ліквідації аварій», законодавчі та нормативно-правові акти (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/index>). Паспорти безпеки хімічних речовин.

Програмне забезпечення: MS Office 365, у тому числі активований акаунт університетської пошти (student.i.p.@nmu.one), дистанційна платформа Moodle (<https://do.nmu.org.ua/>). Програмний застосунок MARPLOT.

1.4. Загальні вимоги до оформлення курсового проєкту

Курсовий проєкт – це індивідуальне завдання щодо вирішення задач, переважна більшість яких віднесена в ОПП 263 Цивільна безпека до проєктної та проєктно-конструкторської професійних функцій бакалаврів. Передбачається виконання елементів технічного завдання, ескізного та технічного проєктів, робочої, експлуатаційної, ремонтної документації тощо. Виконання складових курсової роботи регламентується відповідними стандартами.

Проєкт складається з пояснювальної записки та графічної частини. Пояснювальна записка послідовно містить у собі титульний аркуш, зміст, розділи відповідно до наведеної нижче програми і список використаної літератури. Графічна частина містить схему вентиляції шахти, що складається відповідно до вимог Інструкції зі складання вентиляційних планів.

Рукопис пояснювальної записки оформляється на стандартних аркушах формату А4. Розміри полів на аркушах з усіх боків – 20 мм. Сторінки нумерують зверху посередині (починаючи з другої).

Розділи, підрозділи і пункти нумерують арабськими цифрами. Формули, таблиці та рисунки повинні мати наскрізну нумерацію. Кожен рисунок повинен мати підпис, а таблиця – назву. Обов'язкова розшифровка символів, що входять до формул, і посилання на джерела інформації.

Пояснювальна записка виконується державною мовою та оформляється на стандартних аркушах формату А4 (210x297 мм) без рамки. Текст роботи повинен бути набраний через полуторний інтервал, шрифтом Times New Roman 14 кегля (поля зліва – 30 мм, справа – 10-15 мм, зверху та знизу – 20 мм), вирівнювання тексту за шириною (без переносів). Абзацний відступ – 1,25 см. Розміри полів на аркушах з усіх боків – 20 мм. Сторінки нумерують зверху посередині (починаючи з другої).

Розділи, підрозділи та пункти нумерують арабськими цифрами. Формули, таблиці та рисунки повинні мати наскрізну нумерацію. Кожен рисунок повинен мати підпис, а таблиця – назву. Обов'язкова розшифровка символів, що входять до формул, і посилання на джерела інформації.

1.5. Організація виконання курсової роботи

Використовуючи дані з Методики, визначити радіус району аварії для аміаку, що зберігається в ємності відповідно наказу МВС України наказу від 29.11.2019 № 1000 "Про затвердження Методики прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті" далі «методика». На хімічному підприємстві виникла аварія внаслідок руйнування ємності з НХР. Її кількість, ступінь захисту ємності, метеоумови наведені в вихідних даних. Об'єкт господарювання відносно хімічного підприємства знаходиться на заданій відстані (див. вихідні дані) на осі розповсюдження НХР. До теоретичної частини роботи включити фізико-хімічні та токсичні властивості НХР, дати визначення ступені вертикальної стійкості повітря згідно варіанту завдання.

Завдання:

Створення зведеної таблиці вихідних даних для розрахунку

1. Визначити радіус району аварії.
2. Розрахувати глибину поширення первинної хмари.
3. Розрахувати глибину поширення вторинної хмари.
4. Визначення загальних масштабів забруднення.
5. Оцінити ступеню небезпеки
6. Визначити тривалість хімічного забруднення.
7. Побудувати схему зони хімічного забруднення (на основі отриманих даних побудувати схему зони хімічного забруднення, вказавши радіус аварії, глибину поширення первинної та вторинної хмар, а також площу забруднення.)
8. Розробити організаційні, технічні і тактичні заходи для локалізації та ліквідації аварії на хімічно-небезпечному об'єкті
9. Сформувати висновки та перелік використаної літератури.

Звіт оформлюється у вигляді окремого документу державною мовою (Додаток 1), згідно загальних правил оформлення звітної документації, складається від третьої особи, містить певний варіант завдання та включає наступні елементи:

- ✓ Титульний лист
- ✓ Завдання, вихідні дані
- ✓ Загальні відомості про хімічну речовину
- ✓ Визначення категорії стійкості
- ✓ Розміри (Г і Ш) і площа зони хімічного зараження
- ✓ Час підходу зараженого повітря до ОГ
- ✓ Час вражаючої дії НХР
- ✓ Можливі втрати працівників на ОГ при використанні протигазів
- ✓ Зробити висновки та прийняти рішення для захисту працюючих людей
- ✓ Список використаних джерел

2 ОЦІНЮВАННЯ ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

2.1. Шкали оцінювання курсового проєкту

Сертифікація досягнень студентів здійснюється за допомогою прозорих процедур, що ґрунтуються на об'єктивних критеріях відповідно до Положення університету «Про оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти».

Досягнутий рівень компетентностей відносно очікуваних, що ідентифікований під час оцінювання виконання курсового проєкту, відображає реальний результат навчання студента.

Оцінювання навчальних досягнень здобувачів НТУ «ДП» здійснюється за рейтинговою (100-бальною) та інституційною шкалами (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Шкали оцінювання курсового проєкту

Рейтингова	Інституційна
90–100	відмінно / Excellent
74–89	добре / Good
60–73	задовільно / Satisfactory
0–59	незадовільно / Fail

Кредити з курсового проєкту зараховуються, якщо студент отримав підсумкову оцінку не менше 60-ти балів. Нижча оцінка вважається академічною заборгованістю, що підлягає ліквідації відповідно до Положення про організацію освітнього процесу НТУ «ДП».

2.2. Критерії оцінювання курсового проєкту

Робота оцінюється на відмінно (90–100): якщо студент виконав розрахунки згідно з усіма пунктами методичних рекомендацій; в пояснювальній записці й у графічній частині немає помилок, а відповіді студента на запитання під час захисту виявилися повними і змістовними.

Робота заслуговує на оцінку добре (74–89) тоді, коли студент виконав розрахунки згідно з усіма пунктами методичних рекомендацій, але в пояснювальній записці й у графічній частині виявилися несуттєві помилки або неточності; відповіді студента на запитання під час захисту виявилися стислими.

Робота оцінюється на задовільно (60–73): якщо студент виконав розрахунки згідно з усіма пунктами методичних рекомендацій, але без пояснень, а в пояснювальній записці й у графічній частині виявилися помилки; відповіді студента на запитання під час захисту виявилися недостатньо обґрунтованими або не вірними.

Таблиця 2.2 – Структура оцінювання курсового проекту

Компонент	Максимум балів	Опис
1. Теоретичні розрахунки	40 балів	Включає обґрунтування вибору методів, формули, алгоритми, розрахунки
2. Графічна частина	30 балів	Схеми, карти, плани, таблиці, діаграми, оформлення
3. Висновки та обґрунтування	20 балів	Узагальнення результатів, логічність, відповідність меті
4. Загальне оформлення та самостійність	10 балів	Структура, грамотність, унікальність, дотримання вимог

Деталізовані критерії оцінювання

1. Теоретичні розрахунки (до 40 балів)

- 36–40 балів — повна відповідність методології, точні розрахунки, логічна послідовність, глибоке обґрунтування.
- 30–35 балів — незначні помилки або спрощення, але загальна логіка збережена.
- 20–29 балів — часткова відповідність, окремі розрахунки неповні або неточні.
- 10–19 балів — значні помилки, відсутність обґрунтування.
- 0–9 балів — відсутність або повна невідповідність розрахунків.

2. Графічна частина (до 30 балів)

- 27–30 балів — чітке, естетичне оформлення, всі елементи присутні, відповідають темі.
- 21–26 балів — незначні недоліки в оформленні або деталізації.
- 15–20 балів — часткова відповідність, відсутні окремі елементи.
- 5–14 балів — слабе оформлення, нечитабельність, відсутність логіки.
- 0–4 бали — графічна частина відсутня або не має змісту.

3. Висновки та обґрунтування (до 20 балів)

- 18–20 балів — логічні, узагальнені, відповідають меті проєкту.
- 14–17 балів — загалом правильні, але поверхневі або неповні.
- 8–13 балів — частково відповідають темі, слабе узагальнення.
- 1–7 балів — фрагментарні, без логіки.
- 0 балів — відсутні або не мають змісту.

4. Загальне оформлення та самостійність (до 10 балів)

- 9–10 балів — дотримано вимог оформлення, грамотність, унікальність, самостійність.
- 6–8 балів — незначні порушення оформлення або стилю.
- 3–5 балів — помилки в структурі, стилі, часткова самостійність.
- 0–2 бали — грубі порушення, плагіат, відсутність структури.

3. ПОРЯДОК РОЗРАХУНКУ «ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ОЦІНКИ ХІМІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ У НАСЛІДОК АВАРІЇ З ВИКИДАННЯМ НХР»

3.1. Тематичні терміни та визначення

План ліквідації аварії – це заздалегідь розроблена система узгоджених дій, які виконуються негайно і в подальшому керівниками та працівниками об'єкту, аварійно-рятувальними та іншими спеціальними службами при виявленні аварії. План ліквідації аварії вміщує перелік першочергових заходів, спрямованих на рятування людей, ліквідацію аварії та попередження її розвитку, дії аварійно-рятувальних служб на стадії виникнення аварії. У плані ліквідації аварії розглядаються можливі аварійні ситуації, дії посадових осіб і працівників об'єкту.

Первинна хмара небезпечних хімічних речовин - хмара НХР, яка утворюється внаслідок миттєвого (1-2 хв) переходу в атмосферу всього об'єму ємності з НХР або її частини;

Вторинна хмара небезпечних хімічних речовин - хмара НХР, яка утворюється внаслідок випаровування розлитої НХР з поверхні;

Гранично допустима концентрація небезпечної хімічної речовини (ГДК) - максимальна кількість НХР у повітрі, що вимірюється в одиниці об'єму або маси, яка в разі постійного контакту з людиною або впливу на неї за визначений проміжок часу практично не впливає на здоров'я людини та не викликає несприятливих наслідків;

Закритий рельєф місцевості - великі міста, гори, ліси віком 30 років та більше;

Зона можливого хімічного забруднення (ЗМХЗ) - територія або акваторія, у межах якої в разі зміни напрямку вітру можливе переміщення хмари НХР з концентрацією, небезпечною для життя людини;

Зона хімічного забруднення (ЗХЗ) - територія або акваторія, у межі якої потрапили НХР у концентраціях або кількостях, що протягом певного часу створюють небезпеку для життя та здоров'я людей і завдають шкоди навколишньому природному середовищу. ЗХЗ є сукупністю забруднених площ району аварії та площ, утворених первинною та/або вторинною хмарою НХР;

Ізотермія - ступінь вертикальної стійкості повітря в приземному шарі, за якого температура поверхні ґрунту дорівнює температурі повітря на висоті 1-10 м від поверхні. Зазвичай спостерігається в хмарну погоду і за снігового покриву;

Інверсія - ступінь вертикальної стійкості повітря в приземному шарі, за якого температура поверхні ґрунту менша за температуру повітря на висоті 1-10 м від поверхні. Виникає в ясну погоду за малої швидкості вітру (до 4 м/с) приблизно за годину до заходу сонця та зникає впродовж години після сходу сонця;

Конвекція - ступінь вертикальної стійкості повітря в приземному шарі, за якого температура поверхні ґрунту більша за температуру повітря на висоті

1-10 м від поверхні. Виникає в ясну погоду за малої швидкості вітру (до 4 м/с) приблизно через 2 години після сходу сонця і руйнується приблизно за 2-2,5 години до заходу сонця;

Небезпечна хімічна речовина (НХР) - хімічна речовина, безпосередня або опосередкована дія якої на людину може спричинити загибель, гостре або хронічне захворювання людей, завдання шкоди навколишньому середовищу;

Порогова токсодоза Pct50 - найменша інгаляційна токсодоза НХР, що викликає в людини, яка не забезпечена засобами захисту органів дихання, початкові симптоми ураження;

Прогнозована зона хімічного забруднення (ПЗХЗ) - розрахункова зона в межах зони можливого хімічного забруднення;

Прогнозування - завчасне визначення ймовірності виникнення і динаміки розвитку надзвичайних ситуацій на підставі аналізу можливих причин їх виникнення, які зумовлені дією джерел надзвичайних ситуацій у минулому і на тепер, та оцінювання можливих наслідків;

Руйнування хімічно небезпечного об'єкта - стан хімічно небезпечного об'єкта, за якого внаслідок катастрофи або стихійного лиха відбулася повна розгерметизація всіх ємностей і руйнування технологічних комунікацій;

Хімічно небезпечна адміністративно-територіальна одиниця - адміністративно-територіальна одиниця (АТО), до якої зараховуються область, район, а також будь-які населені пункти, що потрапляють у зону можливого хімічного забруднення в разі виникнення аварії на хімічно небезпечному об'єкті;

Хімічно небезпечний об'єкт (ХНО) - об'єкт, на якому використовують, переробляють, зберігають або транспортують НХР, у разі аварії на якому чи під час руйнування якого можуть загинути чи отримати ушкодження люди, а також це може призвести до хімічного забруднення навколишнього середовища.

3.2. Розрахункова частина

Оцінка хімічної обстановки передбачає визначення:

- масштабів хімічного забруднення;
- ступеня небезпеки хімічного забруднення;
- тривалості хімічного забруднення.

Основними показниками, що визначають масштаб хімічного забруднення, є:

- радіус R_A , (км) та площа S_A (км²) району аварії;
- глибина Γ_1 (км) та площа S_1 (км²) поширення первинної хмари НХР;
- глибина Γ_2 (км) та площа S_2 (км²) поширення вторинної хмари НХР.

Радіус району аварії RA (радіус кола, що визначає зовнішні кордони району аварії) залежить від виду НХР й умов її зберігання (використання). Під час проведення розрахунків значення RA приймається:

- для зріджених газів та рідких НХР з низькою температурою кипіння, що зберігаються в технологічних ємностях об'ємом до 100 т, - 0,5 км, в інших випадках - 1 км;
- для рідких НХР з високою температурою кипіння в разі руйнування технологічних ємностей об'ємом до 100 т - 0,2-0,3 км, в інших випадках - 0,5 км.
- У разі виникнення пожежі радіус району аварії необхідно збільшувати в 1,5-2 рази, що обумовлено можливістю викиду більшої кількості НХР, а також розкидання НХР внаслідок вибуху.

Загалом глибина поширення первинної хмари НХР Γ_{T1} (км), з урахуванням метеорологічних та топографічних умов, впливу температури повітря на кількість НХР, що переходить у первинну хмару, визначається за формулою:

$$\Gamma_1 = \Gamma_{T1} \times K_{T1} \times K_k \times K_m, \quad (1)$$

де Γ_{T1} - табличне значення глибини поширення первинної хмари (км) таблиця 3.1; K_{T1} - поправний коефіцієнт, що враховує вплив температури повітря на глибину поширення первинної хмари НХР таблиця 3.2; K_k - коефіцієнт пропорційності, що враховує розбіжності заданої маси НХР з типовими масами НХР, Таблиця 1 Для його визначення розраховується співвідношення заданої маси НХР Q_3 (т) до найближчого значення типової маси НХР Q_T (т). Значення коефіцієнта пропорційності K_k залежить від величини співвідношення Q_3/Q_T та ступеня вертикальної стійкості повітря в приземному шарі. Ступені вертикальної стійкості повітря в приземному шарі наведено у таблиці 3.3 до. Значення коефіцієнта пропорційності K_k залежно від ступеня вертикальної стійкості повітря в приземному шарі наведені у таблиці 3.4; K_m - коефіцієнт впливу місцевості. Значення коефіцієнта K_m визначається із урахуванням комплексного показника K_p . Значення коефіцієнта впливу місцевості K_m наведені в таблиці 3.5. Значення комплексного показника K_p наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.1 – Значення глибини поширення первинної хмари для деяких НХР Γ_{T1} (км)

Маса НХР (т)	Інверсія, швидкість вітру (м/с)				Конвекція, швидкість вітру (м/с)				Ізотермія, швидкість вітру (м/с)				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	10
Аміак													
1	0,32	0,21	0,16	0,13	0,12	0,09	0,07	0,06	0,21	0,14	0,11	0,09	0,06
10	1,44	0,92	0,71	0,59	0,39	0,27	0,22	0,19	0,77	0,52	0,41	0,35	0,21
30	2,93	1,87	1,44	1,19	0,67	0,47	0,39	0,34	1,43	0,96	0,77	0,65	0,39
50	4,08	2,60	2,00	1,66	0,87	0,61	0,50	0,43	1,92	1,29	1,02	0,87	0,52
100	6,40	4,08	3,14	2,60	1,23	0,87	0,71	0,61	2,84	1,92	1,52	1,29	0,77
150	8,33	5,31	4,08	3,39	1,50	1,06	0,87	0,75	3,58	2,41	1,92	1,63	0,96

300	13,05	8,33	6,40	5,31	2,13	1,50	1,23	1,06	5,32	3,58	2,84	2,41	1,43
500	18,17	11,59	8,91	7,40	2,75	1,94	1,59	1,37	7,12	4,79	3,80	3,23	1,92
1000	28,49	18,17	13,97	11,59	3,89	2,75	2,24	1,94	10,56	7,12	5,65	4,79	2,84
10000	126,81	80,90	62,20	51,61	12,34	8,72	7,12	6,16	39,25	26,44	20,98	17,81	10,56
Диметиламін													
1	0,53	0,34	0,26	0,21	0,18	0,13	0,10	0,09	0,32	0,21	0,17	0,14	0,09
10	2,35	1,50	1,15	0,96	0,57	0,40	0,33	0,28	1,18	0,79	0,63	0,53	0,32
30	4,79	3,05	2,35	1,95	0,98	0,69	0,57	0,49	2,20	1,48	1,18	1,00	0,59
50	6,67	4,25	3,27	2,71	1,27	0,90	0,73	0,63	2,95	1,99	1,58	1,34	0,79
100	10,45	6,67	5,13	4,25	1,79	1,27	1,03	0,90	4,38	2,95	2,34	1,99	1,18
150	13,60	8,67	6,67	5,53	2,20	1,55	1,27	1,10	5,51	3,71	2,95	2,50	1,48
200	16,39	10,45	8,04	6,67	2,54	1,79	1,46	1,27	6,50	4,38	3,47	2,95	1,75
Метантиол (метил меркаптан)													
1	0,32	0,20	0,15	0,13	0,12	0,08	0,07	0,06	0,20	0,14	0,11	0,09	0,05
10	1,41	0,90	0,69	0,57	0,38	0,27	0,22	0,19	0,75	0,51	0,40	0,34	0,20
30	2,87	1,83	1,41	1,17	0,66	0,47	0,38	0,33	1,40	0,95	0,75	0,64	0,38
50	3,99	2,55	1,96	1,62	0,85	0,60	0,49	0,43	1,88	1,26	1,00	0,85	0,51
100	6,26	3,99	3,07	2,55	1,21	0,85	0,70	0,60	2,79	1,88	1,49	1,26	0,75
150	8,14	5,19	3,99	3,31	1,48	1,04	0,85	0,74	3,51	2,37	1,88	1,59	0,95
200	12,76	8,14	6,26	3,99	2,09	1,48	1,21	0,85	4,14	2,79	2,21	1,88	1,11
300	17,77	11,34	8,72	5,19	2,70	1,91	1,56	1,04	5,21	3,51	2,79	2,37	1,40
Сірководень													
1	0,33	0,21	0,16	0,14	0,12	0,09	0,07	0,06	0,21	0,14	0,11	0,10	0,06
10	1,48	0,94	0,73	0,60	0,40	0,28	0,23	0,20	0,78	0,53	0,42	0,36	0,21
30	3,02	1,92	1,48	1,23	0,69	0,49	0,40	0,34	1,47	0,99	0,78	0,67	0,40
50	4,20	2,68	2,06	1,71	0,89	0,63	0,51	0,44	1,96	1,32	1,05	0,89	0,53
100	6,59	4,20	3,23	2,68	1,26	0,89	0,72	0,63	2,92	1,96	1,56	1,32	0,78
150	8,57	5,47	4,20	3,49	1,54	1,09	0,89	0,77	3,67	2,48	1,96	1,67	0,99
200	10,33	6,59	5,06	4,20	1,78	1,26	1,02	0,89	4,33	2,92	2,31	1,96	1,17
Сірчистий ангідрид (діоксин сірки)													
1	0,36	0,23	0,18	0,15	0,13	0,09	0,08	0,07	0,23	0,15	0,12	0,45	0,06
10	1,62	1,04	0,80	0,66	0,43	0,30	0,25	0,21	0,85	0,57	0,46	1,54	0,23
30	3,31	2,11	1,62	1,35	0,74	0,52	0,43	0,37	1,59	1,07	0,85	2,77	0,43
50	4,61	2,94	2,26	1,88	0,95	0,67	0,55	0,48	2,13	1,44	1,14	3,64	0,57
100	7,22	4,61	3,54	2,94	1,35	0,95	0,78	0,67	3,16	2,13	1,69	5,28	0,85
150	9,40	6,00	4,61	3,82	1,65	1,17	0,95	0,83	3,99	2,68	2,13	6,55	1,07
200	11,33	7,22	5,55	4,61	1,91	1,35	1,10	0,95	4,70	3,16	2,51	7,64	1,26
Фосген													
1	0,85	0,54	0,42	0,35	0,26	0,18	0,15	0,13	0,38	0,33	0,26	0,22	0,13
10	3,80	2,42	1,86	1,55	0,82	0,58	0,47	0,41	1,41	1,21	0,96	0,82	0,48
30	7,74	4,94	3,80	3,15	1,42	1,01	0,82	0,71	2,65	2,26	1,80	1,53	0,90
50	10,79	6,88	5,29	4,39	1,84	1,30	1,06	0,92	3,54	3,03	2,40	2,04	1,21
100	16,91	10,79	8,29	6,88	2,60	1,84	1,50	1,30	5,25	4,50	3,57	3,03	1,80
Фтор													
10	22,55	14,39	11,06	9,18	3,25	2,30	1,87	1,62	8,60	5,79	4,60	3,90	3,44
400	246,67	157,36	120,98	100,39	20,63	14,58	11,90	10,30	70,44	47,45	37,66	31,96	28,14
1000	446,86	285,08	219,16	181,86	32,65	23,07	18,83	16,30	118,75	79,99	63,48	53,88	47,45

1500	581,26	370,81	285,08	236,56	40,00	28,27	23,07	19,97	149,62	100,79	79,99	67,89	59,78
2000	700,47	446,86	343,54	285,08	46,20	32,65	26,65	23,07	176,28	118,75	94,24	79,99	70,44
2500	809,53	516,44	397,03	329,46	51,67	36,51	29,80	25,80	200,19	134,85	107,03	90,84	79,99
3000	911,13	581,26	446,86	370,81	56,61	40,00	32,65	28,27	222,12	149,62	118,75	100,79	88,75
Фтороводень													
1	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
10	0,05	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01
30	0,11	0,07	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,08	0,05	0,04	0,04	0,02
50	0,15	0,10	0,08	0,06	0,07	0,05	0,04	0,03	0,11	0,07	0,06	0,05	0,03
100	0,24	0,15	0,12	0,10	0,10	0,07	0,06	0,05	0,16	0,11	0,09	0,07	0,04
150	0,32	0,20	0,15	0,13	0,12	0,08	0,07	0,06	0,20	0,14	0,11	0,09	0,05
200	0,38	0,24	0,19	0,15	0,14	0,10	0,08	0,07	0,24	0,16	0,13	0,11	0,06
Соляна кислота (хлористий водень)													
1	1,43	0,91	0,70	0,58	0,39	0,27	0,22	0,19	0,76	0,51	0,41	0,35	0,20
10	6,36	4,06	3,12	2,59	1,22	0,86	0,70	0,61	2,83	1,90	1,51	1,28	0,76
Хлор													
1	1,41	0,98	0,75	0,63	0,41	0,29	0,24	0,20	0,81	0,55	0,43	0,37	0,22
10	6,29	4,36	3,35	2,78	1,29	0,91	0,75	0,65	3,01	2,03	1,61	1,37	0,81
30	12,83	8,90	6,84	5,68	2,24	1,58	1,29	1,12	5,64	3,80	3,01	2,56	1,52
50	17,87	12,39	9,53	7,90	2,90	2,05	1,67	1,45	7,54	5,08	4,03	3,42	2,03
100	28,00	19,42	14,93	12,39	4,10	2,90	2,36	2,05	11,20	7,54	5,99	5,08	3,01
150	36,43	25,26	19,42	16,12	5,02	3,55	2,90	2,51	14,11	9,51	7,54	6,40	3,80
300	57,10	39,60	30,45	25,26	7,11	5,02	4,10	3,55	20,95	14,11	11,20	9,51	5,64
500	79,52	55,16	42,40	35,19	9,18	6,48	5,29	4,58	28,03	18,88	14,98	12,72	7,54
1000	124,65	86,46	66,47	55,16	12,99	9,18	7,49	6,48	41,61	28,03	22,24	18,88	11,20
2000	195,40	135,53	104,19	86,46	18,38	12,99	10,60	9,18	61,77	41,61	33,02	28,03	16,63

Таблиця 3.2 – Значення поправного коефіцієнта K_{t1} , що враховує вплив температури повітря на глибину поширення первинної хмари НХР

Назва НХР	Температура повітря, °C					
	-20	-10	0	+10	+20	+30
Аміак (ізотермічний)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2
Аміак (під тиском)	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,4
Диметиламін	0	0	0	0,4	1,0	2,5
Метантиол (метил меркаптан)	0	0	0	0,5	1,0	2,4
-	-20	-10	0	+10	+20	+30
Сірководень	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2
Сірчистий ангідрид (діоксид сірки)	0	0	0,6	0,8	1,0	1,7
Соляна кислота (хлористий водень)	0,6	0,8	0,8	0,9	1,0	1,2
Фосген	0	0	0	0,3	1,0	1,4
Фтор	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1
Фтороводень	0	0	0	0	1,0	1,0
Хлор (ізотермічний)	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,4
Хлор (під тиском)	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,4

Таблиця 3.3 – Ступені вертикальної стійкості повітря в приземному шарі

Швидкість повітря (м/с)	Ніч			День		
	ясно	мінлива хмарність	хмарно	ясно	мінлива хмарність	хмарно
0,5	Інверсія			Конвекція		
0,6 - 2,0						
2,1 - 4,0	Ізотермія			Ізотермія		
Більше 4,0	Ізотермія			Ізотермія		

Таблиця 3.4 – Значення коефіцієнта пропорційності K_x залежно від ступеня вертикальної стійкості повітря в приземному шарі

Вертикальна стійкість повітря	Величина відношення Q_z / Q_m									
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	2	4	6	8	
Конвекція	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,4	1,9	2,4	2,7	
Ізотермія	0,4	0,6	0,8	0,9	1,0	1,5	2,2	2,8	3,3	
Інверсія	0,3	0,5	0,7	0,9	1,0	1,6	2,6	3,4	4,0	

Таблиця 3.5 – Значення коефіцієнта впливу місцевості K_m

Значення комплексного показника K_p	Стан атмосфери в приземному шарі повітря		
	конвекція	ізотермія	інверсія
0,05	1,0	1,0	1,0
0,1	0,8	0,8	0,9
0,2	0,5	0,6	0,6
0,3	0,4	0,5	0,5
0,4	0,3	0,4	0,5
0,5	0,3	0,4	0,4
0,6	0,3	0,3	0,4
0,7	0,2	0,3	0,4
0,8	0,2	0,3	0,4
0,9	0,2	0,2	0,3
1,0	0,1	0,2	0,3
1,1	0,1	0,2	0,2
1,2	0,1	0,1	0,1
1,3	0,1	0,1	0,1
1,4	0,05	0,05	0,05
1,5	0,05	0,05	0,05
1,6	0,05	0,05	0,05

Під час розрахунків слід урахувувати, що якщо напрямок руху хмари НХР збігається з напрямком міських транспортних магістралей, то глибина поширення хмари НХР визначається як для степової місцевості, а якщо напрямок вітру не збігається з напрямком міських транспортних магістралей або за відсутності останніх (у населених пунктах із безсистемною забудовою), то глибина поширення хмари НХР, визначається за даними для лісної місцевості змішаного типу, зазначеними у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Значення комплексного показника Кр

Вид рослинності	Тип лісу	Вид рельєфу					
		рівнинний	рівнинно-хвилястий	рівнинно-горбистий	горбисто-балочний	горбистий	передгір'я
Літо							
Лісиста	хвойні	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6
	змішані	0,6	0,8	0,9	0,9	1	1,2
Лісисто-степова	хвойні	0,6	0,8	1	1,1	1,2	1,5
	листяні	0,4	0,6	0,8	0,9	0,9	1,1
Степова		0,3	0,4	0,7	0,8	0,8	1
Напівпустинна		0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8
Зима							
Лісиста	хвойні	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6
	змішані	0,4	0,6	0,7	1	0,9	1,1
Лісисто-степова	хвойні	0,5	0,7	0,8	0,9	1	1,3
	листяні	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	1
Степова		0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,9
Напівпустинна		0,05	0,1	0,3	0,5	0,6	0,8

Для НХР, дані про які відсутні у таблиці 3.1, глибина поширення первинної хмари НХР на рівнинній місцевості Γ_{1p} (км) визначається за формулою:

$$\Gamma_{1p} = b_1 \times \left(\frac{Q_1}{u_1 \times PC_{t50}} \right)^a \quad (2)$$

де Q_1 - кількість НХР, що переходить у первинну хмару (τ); u_1 - швидкість вітру на висоті 1-10 м (м/с); PC_{t50} - значення порогової токсодози ($\text{г} \times \text{с}/\text{м}^2$). Фізико-хімічні властивості деяких НХР зазначені таблиці 3.7 або визначаються за формулою (5);

а та b_1 коефіцієнти, що залежать від вертикальної стійкості повітря в приземному шарі:

$$a = 0,57 \times \exp(0,86 \times \varepsilon), \quad (3)$$

$$b_1 = 15,4 \times \exp(6,96 \times \varepsilon), \quad (4)$$

де ε - параметр вертикальної стійкості повітря в приземному шарі, що дорівнює: для ізотермії - 0; для конвекції - мінус 0,1 - мінус 0,2; для інверсії -

0,1 - 0,2. Чисельні значення порогової токсодози PC_{t50} визначаються за формулою:

$$PC_{t50} = 14,4 \times ГДК \times К,$$

(5) де ГДК - гранично допустима концентрація речовини в повітрі ($мг/м^3$) Довідкова інформація про деякі НХР наведена у таблиці 3.8, за потреби для визначення ГДК окремих НХР можна використовувати науково-технічну та довідкову літературу, відповідні національні та міжнародні стандарти тощо.

К - поправний коефіцієнт: для НХР дратівливої дії дорівнює 5, для НХР отруйної дії - 9.

Таблиця 3.7 – Фізико-хімічні властивості деяких НХР

№ з/п	Назва НХР	Молекулярна маса М (г/моль)	Густина ρ ($кг/м^3$)		Температура кипіння t_k/T_k , ($^{\circ}C/K$)	Питома теплота випаровування λ , ($кДж/кг$)	Питома теплоємність рідини C_p ($кДж/кг \times ^{\circ}C$)	Порогова токсодоза PC_{t50} ($г \times с/м^3$)
			газ	рідина				
1	Аміак: зберігання під тиском	17,03	0,8	682	-33,4/239,6	1190,7	4,78	454
	зберігання в ізотермічних ємкостях		-	682				
2	Диметиламін	45,0	1,95	661	7,0/280,0	591	3,0	60
3	Метантіол (метилмеркаптан)	48,1	-	867	6,0/279,0	511,12	1,85	102
4	Сірководень	34,1	1,5	964	-60,4/212,6	310	2,01	966
5	Сірчистий ангідрид (діоксин сірки)	64,07	2,9	1462	-10,1/262,9	361,3	1,45	194
6	Соляна кислота (хлористий водень)	36,5	1,64	1191	-85,1/187,9	300	1,75	120
7	Фосген	98,9	3,48	1420	8,2/281,2	158	1,02	33
8	Фтороводень	20,01	0,92	980	19,5/292,5	1560	2,49	240
9	Фтор	38,0	1,7	1512	-188,0/85,0	727	1,51	12
10	Хлор	70,91	3,2	1557	-34,6/238,5	288,5	0,876	36

Розрахунок за формулою (2) проводиться для оцінки глибини поширення первинної хмари НХР у приземному шарі атмосфери на відстані до 15-20 км у разі аварійних викидів від однієї ємності або групи ємностей, близько розташованих одна від одної.

Залежно від агрегатного стану НХР визначається можливість утворення первинної/вторинної хмари.

Таблиця 3.8 - Довідкова інформація про деякі НХР

№ з/п	Назва НХР	Хімічна формула	Агрегатний стан	Спосіб перевезення та зберігання
1	2	3	4	5
1	Аміак	NH_3	Безбарвний газ із задушливим різким запахом, легший за повітря, розчинний у воді	Клас небезпеки - 4. ГДК у робочій зоні - 20 мг/м^3 . ГДК у повітрі населеного пункту: разова - $0,2 \text{ мг/м}^3$; добова - $0,04 \text{ мг/м}^3$. Перевезення та зберігання: у зрідженому стані під тиском власних парів $6-18 \text{ кгс/см}^2$. Може зберігатися в ізотермічних резервуарах за атмосферного тиску. Димить у разі викидання в атмосферу. Вибухо- та пожежонебезпека: горючий, горить за наявності постійного вогню. Під час нагрівання ємності вибухають. З повітрям утворює вибухо-небезпечні суміші. Накопичується в низинах, тунелях, підвалах тощо
2	Диметиламінін	$(\text{CH}_3)_2\text{NH}$	Безбарвний горючий газ із різким аміачним запахом	Клас небезпеки - 2. ГДК у повітрі робочої зони - 1 мг/м^3 . ГДК у повітрі населених пунктів - $0,05 \text{ мг/м}^3$. ГДК у воді водоймищ - $0,1 \text{ мг/л}$. Перевезення: у контейнерах, залізничних цистернах, балонах, які можуть бути місцем тимчасового зберігання. Зберігання: у зрідженому стані в горизонтальних циліндричних резервуарах об'ємом ($10-250 \text{ м}^3$) з коефіцієнтом заповнення $0,8$ за температури навколишнього середовища під тиском власних парів $6-18 \text{ кгс/см}^2$. Максимальний об'єм зберігання - 160 т . Вибухо- та пожежонебезпека: утворює з повітрям вибухонебезпечні суміші. Важчий за повітря. Розчинний у воді. Під час виходу в атмосферу димить, накопичується в низинах, підвалах, тунелях. У разі зріджування утворює безбарвну летючу рідину з різким, дратівливим запахом, розчинну у воді, легшу за воду. Димить на повітрі з утворенням важчих за повітря парів

Продовження таблиці 3.8

1	2	3	4	5
3	Метантиол (Метилмеркаптан)	CH ₄ S	Безбарвний горючий газ із різким неприємним запахом	Клас небезпеки - 2. ГДК у повітрі робочої зони - 0,8 мг/м ³ . ГДК у повітрі населених пунктів - 0,00001 мг/м ³ . ГДК у воді водоймищ - 0,0002 мг/л. Перевезення: у залізничних і автомобільних цистернах, контейнерах, балонах, які можуть бути місцем тимчасового зберігання. Зберігання: у зрідженому стані в наземних горизонтальних циліндричних резервуарах (об'ємом 10-250 м ³) за температури навколишнього середовища під тиском власних парів 6-18 кгс/см ² . Вибухо- та пожежонебезпека: можливе займання на відстані. З повітрям утворює вибухонебезпечні суміші. Речовина розкладається у разі розігрівання і спалювання з утворенням токсичних оксидів сірки. Реагує з кислотами з утворенням вогненебезпечного токсичного газу (сірководень). Погано розчиняється у воді, добре - в спирті й ефірі
4	Сірчистий ангідрид (діоксид сірки)	SO ₂	Безбарвний газ із різким характерним запахом, важчий за повітря, розчинний у воді	Клас небезпеки - 3. ГДК у робочій зоні - 10 мг/м ³ . ГДК у повітрі населеного пункту: разова - 0,5 мг/м ³ ; добова - 0,05 мг/м ³ . Перевезення: у залізничних та автомобільних цистернах, контейнерах і балонах. Зберігання: у горизонтальних циліндричних резервуарах (об'ємом 10-250 м ³) за температури навколишнього середовища під тиском власних парів 6-18 кгс/см ² . Зріджений сірчистий ангідрид зберігають у сферичних газгольдерах за температури навколишнього середовища та тиску 0,7-30 кгс/см ² . Димить у разі викидання в атмосферу. Розчиняється у воді з утворенням сірчистої кислоти. Вибухо- та пожежонебезпека: негорючий. У разі нагрівання ємності вибухають. Накопичується в низинах, тунелях, підвалах тощо

Продовження таблиці 3.8

1	2	3	4	5
5	Сірководень	H ₂ S	Безбарвний газ із різким неприємним запахом тухлих яєць, важчий за повітря, розчинний у воді	Клас небезпеки - 2. ГДК у робочій зоні - 10 мг/м ³ . ГДК у повітрі населеного пункту: разова - 0,008 мг/м ³ ; добова - 0,008 мг/м ³ . Перевезення: у залізничних та автомобільних цистернах, контейнерах і балонах. Зберігання: у сферичних газгольдерах (об'ємом 300-2000 м ³) за температури навколишнього середовища та тиску 0,7-30 кгс/см ² . Вибухо- та пожежонебезпека: горючий. З повітрям утворює вибухонебезпечні суміші. Під час нагрівання ємності вибухають. Накопичується в низинах, тунелях, підвалах тощо
7	Фосген	COCl ₂	Безбарвний газ із характерним солодкуватим запахом гнилих фруктів, прилого листя і мокрої сіна	Клас небезпеки - 2. ГДК у повітрі робочої зони - 0,5 мг/м ³ . Перевезення: у контейнерах, залізничних і автомобільних цистернах, балонах, які можуть бути місцем тимчасового зберігання. Зберігання: у зрідженому стані за температури навколишнього середовища під тиском власних парів 6-18 кгс/см ² у наземних циліндричних горизонтальних резервуарах. Максимальний об'єм зберігання - 52 т. Вибухо- та пожежонебезпека: негорючий. Під час викиду (випливу) дуже швидко досягається небезпечна концентрація цього газу в повітрі. У газоподібному стані в 3,5 рази важчий за повітря, в рідкому - в 1,4 рази важчий за воду. Погано розчиняється у воді, легко - в органічних розчинниках бензині, толуолі, ксилолі, оцтовій кислоті тощо

Продовження таблиці 3.8

1	2	3	4	5
6	Соляна кислота (хлористий водень)	HCl	У стані рідини - безбарвна рідина, легкокорозивна у воді, має корозійну дію на більшість металів	-Клас небезпеки - 3. ГДК у робочій зоні - 5 мг/м ³ . ГДК у повітрі населеного пункту: разова - 0,2 мг/м ³ ; добова - 0,2 мг/м ³ . Перевезення: у металевих залізничних та автомобільних цистернах, контейнерах, балонах, покритих шаром гуми. Зберігання: у наземних циліндричних вертикальних резервуарах (об'ємом 50-5000 м ³) покритих шаром гуми, за атмосферного тиску та температури навколишнього середовища або в скляних бутлях об'ємом 20 л. Легко випаровується і димить у разі проливання. Вибухо- та пожежонебезпека: негорюча. У разі взаємодії з металами виділяється вибухонебезпечний газ - водень
			У стані газу - безбарвний газ із різким запахом, важчий за повітря	-Клас небезпеки - 3. ГДК у повітрі робочої зони - 5 мг/м ³ . ГДК у повітрі населених пунктів: середньодобова - 0,02 мг/м ³ , максимальна разова - 0,05 мг/м ³ . Перевезення: у контейнерах, залізничних цистернах, балонах, які можуть бути місцем тимчасового зберігання. Зберігання: у циліндричних (об'ємом 50-5000 м ³) резервуарах за атмосферного тиску і температури навколишнього середовища. Максимальний об'єм зберігання - 100 т. Вибухо- та пожежонебезпека: негорючий, вибухонебезпечний у разі нагрівання. На повітрі димить внаслідок утворення з парами води крапель туману. Добре розчиняється у воді, менше - в органічних рідинах. За нормальних умов в одному об'ємі води розчиняється 450-500 об'ємів газу. Розчин хлористого водню у воді (27,5-35 %) утворює соляну кислоту, а 36 % - концентровану соляну кислоту

Продовження таблиці 3.8

1	2	3	4	5
8	Фтор	F	Газ блідо-жовтого кольору з різким характерним запахом, схожим на суміш запахів хлору та озону	Клас небезпеки - 2. ГДК у повітрі робочої зони - 0,15 мг/м ³ . ГДК у воді водоймищ - 1,5 мг/л. ГДК у ґрунті - 2,8 мг/кг. Перевезення: у контейнерах, залізничних цистернах, балонах, які можуть бути місцем тимчасового зберігання. Зберігання: у зрідженому стані в наземних горизонтальних циліндричних (об'ємом 10-250 м ³) і кульових резервуарах (об'ємом 600-2000 м ³) під тиском власних парів 18 кгс/см ² . Вибухо- та пожежонебезпека: вибухонебезпечний, сильний окислювач, викликає горіння. Реагує з водою, утворюючи плавикову кислоту, з органічними речовинами реагує бурхливо (можливе займання). Важчий за повітря
9	Фтороводень	HF	Безбарвний газ (рідина) з різким запахом	Клас небезпеки - 1. ГДК у повітрі робочої зони - 0,5 мг/м ³ . ГДК у повітрі населених пунктів: середньодобова - 0,005 мг/м ³ , максимальна разова - 0,02 мг/м ³ . Перевезення: у залізничних і автомобільних цистернах, контейнерах, балонах, які можуть бути місцем тимчасового зберігання. Зберігання: у зрідженому стані за температури навколишнього середовища під тиском власних парів 6-18 кгс/см ² у наземних циліндричних горизонтальних резервуарах. Максимальний об'єм зберігання - 1,98 т. Вибухо- та пожежонебезпека: негорючий, вибухонебезпечний у разі нагрівання. Необмежено розчиняється у воді, утворюючи фтористоводневу (плавикову) кислоту з виділенням значної кількості тепла, інтенсивно реагує з багатьма силікатними матеріалами, у тому числі зі склом, кварцом, піском (двоокисом кремнію). На повітрі димить внаслідок утворення з парами води дрібних крапель розчину кислоти

1	2	3	4	5
10	Хлор	Cl	Зеленувато-жовтий газ із різким задушливим запахом, важчий за повітря, малорозчинний у воді, корозійно-активний	Клас небезпеки - 2. ГДК у робочій зоні - 1 мг/м ³ . ГДК у повітрі населеного пункту: разова - 0,1 мг/м ³ ; добова - 0,03 мг/м ³ . Перевезення: у контейнерах, залізничних цистернах, балонах у стисненому або зрідженому стані. Зберігання: у циліндричних (об'ємом 10-250 м ³) і кульових (об'ємом 600-2000 м ³) резервуарах під тиском власних парів 18 кгс/см ² . У разі виникнення розгерметизації відбувається різке викидання хлору в концентрації, що перевищує смертельну в кілька разів. Димить у разі викидання в атмосферу. Під час випаровування 1 кг зрідженого хлору утворюється 315 л газоподібного. Вибухо- та пожежонебезпека: негорючий. Ємності під час нагрівання можуть вибухати. Взаємодія з металами у разі зволоження призводить до утворення горючих газів. Підтримує горіння. Накопичується в низинах, тунелях, підвалах тощо

У разі утворення лише первинної хмари кількість НХР, що перейшла в первинну хмару Q_1 (кг), дорівнює загальній кількості НХР Q (кг).

Якщо можливе утворення вторинної хмари, кількість НХР, що перейшла в первинну хмару Q_1 (кг), визначається за формулою:

$$Q_1 = \frac{Q \times c_u \times (t_a - t_k)}{\lambda} \quad (6)$$

де Q - загальна кількість НХР у ємності (кг); c_u - питома теплоємність рідини (кДж/кг × °С); t_a - температура НХР у рідкому стані до руйнування ємності (°С); t_k - температура кипіння НХР (°С); λ - питома теплота випаровування (кДж/кг).

Вплив типу місцевості на значення глибини поширення первинної хмари НХР вираховується шляхом множення величини Γ_{1p} на коефіцієнт впливу місцевості K_m .

Тоді глибина поширення первинної хмари НХР Γ_1 (км) з урахуванням типу місцевості визначається за формулою:

$$\Gamma_1 = \Gamma_{1p} \times K_m \quad (7)$$

Значення глибини поширення вторинної хмари для деяких НХР Γ_{T2} (км), наведені в таблиці 3.9 (значення не охоплюють радіус району аварії R_A), зазначено для типових ємностей у яких зберігається НХР, за умови їх

повної розгерметизації, значення порогової токсодози PC_{t50} та розповсюдження хмари на відкритій рівнинній місцевості.

Глибина поширення розрахована для середніх умов, у разі глибокої інверсії глибина поширення збільшується в 1,5-2 рази.

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:

$$\Gamma_2 = \Gamma_{T2} \times K_{t2} \times K_K \times K_M, \quad (8)$$

де Γ_{T2} - табличне значення глибини поширення вторинної хмари таблиці 9; K_{t2} поправний коефіцієнт, що враховує вплив температури повітря. Значення поправного коефіцієнта K_{t2} , що враховує вплив температури повітря на глибину поширення вторинної хмари НХР, наведені у таблиці 3.10; K_K коефіцієнт пропорційності, що враховує розбіжності заданої маси НХР з типовими масами НХР, зазначені у таблиці 3.10. Визначення коефіцієнта K_K здійснюється так, як і у разі поширення первинної хмари НХР; K_M коефіцієнт впливу місцевості. Визначення коефіцієнта K_M здійснюється так, як і у разі поширення первинної хмари НХР.

Таблиця 3.9 – Значення глибини поширення вторинної хмари для деяких НХР Γ_2 (км)

Маса НХР (т)	Інверсія, швидкість вітру (м/с)				Конвекція, швидкість вітру (м/с)				Ізотермія, швидкість вітру (м/с)				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	10
Аміак													
1	0,37	0,33	0,31	0,30	0,12	0,12	0,12	0,12	0,22	0,21	0,20	0,20	0,19
10	1,52	1,37	1,29	1,24	0,24	0,35	0,35	0,35	0,75	0,71	0,69	0,68	0,64
30	2,98	2,69	2,53	2,43	0,40	0,59	0,59	0,59	1,34	1,28	1,24	1,22	1,14
50	4,08	3,68	3,46	3,32	0,51	0,75	0,75	0,75	1,77	1,68	1,64	1,60	1,50
100	6,24	5,63	5,30	5,08	0,70	1,03	1,03	1,03	2,56	2,44	2,37	2,32	2,18
150	8,00	7,22	6,80	6,51	0,85	1,25	1,25	1,25	3,18	3,03	2,94	2,89	2,71
300	12,24	11,04	10,40	9,96	1,17	1,72	1,72	1,72	4,61	4,39	4,27	4,18	3,92
500	16,74	15,11	14,22	13,63	1,49	2,18	2,18	2,18	6,06	5,77	5,61	5,50	5,15
1000	25,62	23,11	21,76	20,85	2,06	3,02	3,02	3,01	8,77	8,36	8,12	7,96	7,47
10000	105,20	94,91	89,36	85,63	6,02	8,82	8,82	8,82	30,07	28,65	27,85	27,29	25,60

Продовження таблиці 3.9

-	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	10
Диметиламін													
1	2,98	2,69	2,53	2,43	0,70	0,70	0,70	0,70	1,48	1,41	1,37	1,34	1,26
10	12,25	11,05	10,41	9,97	2,05	2,05	2,05	2,05	5,06	4,82	4,68	4,59	4,31
30	24,04	21,69	20,42	19,57	3,42	3,42	3,42	3,42	9,11	8,67	8,43	8,26	7,75
50	32,89	29,67	27,94	26,77	4,34	4,34	4,34	4,34	11,97	11,40	11,08	10,86	10,19
100	50,31	45,39	42,74	40,95	6,00	6,00	5,99	5,99	17,34	16,52	16,06	15,74	14,76
150	64,52	58,21	54,81	52,52	7,25	7,24	7,24	7,24	21,54	20,52	19,95	19,55	18,34
200	98,72	89,06	83,86	62,66	10,01	10,01	10,00	8,28	25,13	23,94	23,27	22,80	21,39
Сірководень													
1	0,22	0,20	0,18	0,18	0,09	0,08	0,08	0,08	0,14	0,13	0,13	0,13	0,12
10	0,89	0,81	0,76	0,73	0,25	0,25	0,25	0,25	0,48	0,46	0,45	0,44	0,41
30	1,75	1,58	1,49	1,43	0,41	0,41	0,41	0,41	0,87	0,83	0,81	0,79	0,74
50	2,40	2,16	2,04	1,95	0,53	0,53	0,53	0,53	1,14	1,09	1,06	1,04	0,97
100	3,67	3,31	3,11	2,98	0,73	0,73	0,73	0,73	1,66	1,58	1,53	1,50	1,41
150	4,70	4,24	3,99	3,83	0,88	0,88	0,88	0,88	2,06	1,96	1,90	1,87	1,75
200	5,61	5,06	4,76	4,56	1,00	1,00	1,00	1,00	2,40	2,29	2,22	2,18	2,04
Хлор													
1	2,78	2,46	2,32	2,22	0,61	0,61	0,61	0,61	1,31	1,25	1,22	1,19	1,12
10	11,41	10,10	9,51	9,11	1,78	1,78	1,78	1,78	4,50	4,29	4,17	4,08	3,83
30	22,39	19,82	18,66	17,88	2,97	2,97	2,97	2,97	8,10	7,71	7,50	7,35	6,89
50	30,63	27,12	25,53	24,47	3,77	3,77	3,77	3,77	10,64	10,14	9,86	9,66	9,06
100	46,87	41,49	39,06	37,43	5,21	5,21	5,20	5,20	15,42	14,69	14,28	14,00	13,13
150	60,10	53,21	50,10	48,00	6,29	6,29	6,29	6,29	19,16	18,25	17,74	17,39	16,31
300	91,95	81,40	76,65	73,44	8,69	8,69	8,68	8,68	27,76	26,44	25,70	25,19	23,63
500	125,80	111,36	104,86	100,47	11,03	11,02	11,02	11,02	36,48	34,75	33,78	33,11	31,05
1000	192,46	170,38	160,42	153,72	15,24	15,23	15,22	15,22	52,86	50,36	48,95	47,97	44,99
2000	294,45	260,67	245,44	235,18	21,05	21,03	21,02	21,02	76,59	72,96	70,92	69,51	65,19
Сірчистий ангідрид (діоксин сірки)													
1	0,91	0,82	0,77	0,74	0,26	0,26	0,26	0,26	0,49	0,47	0,46	0,45	0,42
10	3,73	3,36	3,17	3,03	0,75	0,75	0,75	0,75	1,70	1,62	1,57	1,54	1,44
30	7,31	6,60	6,21	5,95	1,25	1,25	1,25	1,25	3,05	2,91	2,83	2,77	2,60
50	10,01	9,03	8,50	8,15	1,59	1,58	1,58	1,58	4,01	3,82	3,71	3,64	3,41
100	15,31	13,81	13,01	12,46	2,19	2,19	2,19	2,19	5,81	5,54	5,38	5,28	4,95
150	19,63	17,71	16,68	15,98	2,65	2,64	2,64	2,64	7,22	6,88	6,69	6,55	6,15
200	23,42	21,13	19,90	19,07	3,03	3,02	3,02	3,02	8,42	8,02	7,80	7,64	7,17
Соляна кислота (хлористий водень)													
1	0,74	0,66	0,62	0,60	0,22	0,22	0,22	0,22	0,41	0,39	0,38	0,37	0,35
10	3,02	2,73	2,57	2,46	0,64	0,64	0,64	0,64	1,41	1,34	1,31	1,28	1,20

Продовження таблиці 3.9

-	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	10
Фосген													
1	4,03	3,63	3,42	3,28	0,87	0,87	0,87	0,87	1,93	1,81	1,76	1,73	1,62
10	16,54	14,92	14,05	13,46	2,54	2,54	2,54	2,54	6,62	6,21	6,04	5,92	5,55
30	32,46	29,28	27,57	26,42	4,24	4,24	4,24	4,23	11,92	11,18	10,87	10,66	9,99
50	44,40	40,06	37,72	36,14	5,38	5,38	5,37	5,37	15,66	14,70	14,29	14,00	13,13
100	67,93	61,29	57,71	55,29	7,43	7,43	7,42	7,42	22,70	21,30	20,70	20,29	19,03
Фтор													
10	23,11	20,85	19,63	18,81	3,29	3,28	3,28	3,28	9,00	8,58	8,34	8,17	7,66
400	222,12	200,40	188,69	180,80	18,33	18,32	18,31	18,30	64,79	61,72	59,99	58,80	55,14
1000	389,69	351,58	331,03	317,19	28,09	28,07	28,06	28,05	105,77	100,77	97,95	95,99	90,03
1500	499,74	450,87	424,52	406,77	33,94	33,91	33,90	33,89	131,40	125,18	121,67	119,25	111,84
2000	596,20	537,89	506,47	485,29	38,81	38,78	38,76	38,75	153,26	146,00	141,92	139,09	130,45
2500	683,67	616,81	580,77	556,48	43,06	43,03	43,01	43,00	172,70	164,52	159,91	156,72	146,99
3000	764,58	689,80	649,50	622,34	46,88	46,84	46,82	46,81	190,39	181,37	176,30	172,78	162,05
Фтороводень													
1	0,55	0,50	0,47	0,45	0,16	0,16	0,16	0,16	0,30	0,29	0,28	0,27	0,26
10	2,26	2,04	1,92	1,84	0,46	0,46	0,46	0,46	1,04	0,99	0,96	0,94	0,88
30	4,44	4,01	3,77	3,62	0,77	0,77	0,77	0,77	1,87	1,78	1,73	1,69	1,59
50	6,08	5,48	5,16	4,95	0,98	0,97	0,97	0,97	2,45	2,34	2,27	2,23	2,09
100	9,30	8,39	7,90	7,57	1,35	1,35	1,35	1,35	3,55	3,39	3,29	3,23	3,02
150	11,92	10,76	10,13	9,71	1,63	1,63	1,63	1,63	4,41	4,21	4,09	4,01	3,76
200	14,23	12,83	12,08	11,58	1,86	1,86	1,86	1,86	5,15	4,91	4,77	4,67	4,38

Таблиця 3.10 – Значення поправного коефіцієнта K_{t2} , що враховує вплив температури повітря на глибину поширення вторинної хмари НХР

Назва НХР	Температура повітря, °С					
	-20	-10	0	+10	+20	+30
1	2	3	4	5	6	7
Аміак (ізотермічний)	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2
Аміак (під тиском)	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
Диметиламін	0,3	0,6	0,8	0,9	1,0	1,0
Метантиол (метил меркаптан)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Сірководень	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Сірчистий ангідрид (діоксин сірки)	0,6	0,7	1,0	1,0	1,0	1,1
Соляна кислота (хлористий водень)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

1	2	3	4	5	6	7
Фосген	0,3	0,8	0,8	0,9	1,0	1,0
Фтор	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Фтороводень	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0
Хлор (ізотермічний)	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2
Хлор (під тиском)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1

Для НХР, дані про які відсутні у таблиці 9, глибина поширення вторинної хмари НХР Γ_{2p} (км) на рівнинній місцевості визначається за формулою:

$$\Gamma_{2p} = b_1 \tau^{-0,5} \times \left(\frac{Q_2(\tau)}{u_1 \times PC_{t50}(\tau)} \right)^a \quad (9)$$

де $Q_2(\tau)$ - кількість НХР (т), що випарувалася за час τ ; u_1 - швидкість вітру на висоті 1-10 м (м/с); PC_{t50} - значення порогової токсодози ($\text{г} \times \text{с}/\text{м}^3$). Фізико-хімічні властивості деяких НХР наведені у таблиці 7 або визначаються за формулою (5); τ час (год), за який визначається глибина поширення вторинної хмари НХР. У разі оцінювання максимальної глибини поширення вторинної хмари НХР:

$$\begin{aligned} \tau &= \tau_{\text{вип}}, \text{ якщо } \tau_{\text{вип}} \leq 24 \text{ год,} \\ \tau &= 24 \text{ год, якщо } \tau_{\text{вип}} > 24 \text{ год,} \end{aligned}$$

де $\tau_{\text{вип}}$ час випаровування НХР з поверхні площі виливу (год);

а та b_2 розмірні коефіцієнти, що залежать від вертикальної стійкості повітря: коефіцієнт a визначається за формулою (3):

$$b_2 = 16,84 \times \exp(6,87 \times \varepsilon), \quad (10)$$

де ε параметр вертикальної стійкості повітря в приземному шарі, що дорівнює: для ізотермії - 0; для конвекції - мінус 0,1 - мінус 0,2; для інверсії - 0,1 - 0,2. Кількість НХР, що перейшла у вторинну хмару Q_2 (кг), визначається за формулою:

$$Q_2 = Q - Q_1 \quad (11)$$

Час випаровування НХР τ (год) з площі поверхні виливу визначається за формулою:

$$\tau = \frac{Q_2}{3600 \times E \times S_{\text{пр}}} \quad (12)$$

де E - питома швидкість випаровування ($\text{кг}/\text{м}^2 \times \text{с}$), та визначається за формулою (17); $S_{\text{пр}}$ - площа поверхні виливу НХР (м^2).

Площа поверхні виливу визначається за формулою:

$$S = \frac{\pi \times d_{\text{пр}}^2}{4} \quad (13)$$

де $d_{\text{пр}}$ - приведений діаметр площі поверхні виливу НХР (м).

Приведений діаметр площі поверхні виливу НХР $d_{\text{пр}}$ (м) визначається за формулою за наявності піддона (обвалування):

$$d_{\text{пр}} = 1,22 \times \sqrt{\frac{Q-Q_1}{\rho}} \quad (14)$$

за відсутності піддона (обвалування):

$$d_{\text{пр}} = 5,04 \times \sqrt{\frac{Q-Q_1}{\rho}} \quad (15)$$

де 1,22 та 5,04 розмірні коефіцієнти (м - 0,5); Q кількість НХР у ємності (кг); Q_1 кількість НХР, що перейшла в первинну хмару (кг), визначається за формулою (6); ρ густина НХР (кг/м³).

У формулі (14) висота піддона (обвалування) дорівнює 1 м у разі його заповнення на 85 %. Для ємностей об'ємом більше 2000 т висота піддона (обвалування) може бути більшою. У цьому разі приведений діаметр площі поверхні виливу НХР для ємностей об'ємом більше 2000 т за наявності піддона (обвалування) визначається за формулою:

$$d_{\text{пр}} = \frac{1,22}{\sqrt{H}} \times \sqrt{\frac{Q-Q_1}{\rho}} \quad (16)$$

де H - висота піддона (обвалування) (м).

Питома швидкість випаровування E (кг/м² × с) визначається за формулою:

$$E = 0,041 \times \frac{u_1 \times M}{d_{\text{пр}}^{0,14} \times T_{\text{в}}} \exp \left[\frac{\lambda \times M}{R} \times \left(\frac{1}{T_{\text{к}}} - \frac{1}{T_{\text{в}}} \right) \right] \quad (17)$$

де u_1 - швидкість повітря на висоті 1-10 м (м/с); M - молекулярна маса НХР (г/моль); $d_{\text{пр}}$ - приведений діаметр площі поверхні виливу НХР (м); $T_{\text{к}}$ - температура кипіння НХР (К); $T_{\text{в}}$ - температура випаровування НХР (К); λ - питома теплота випаровування (кДж/кг); R - універсальна газова стала, що дорівнює 8,31 кДж/кмоль × К.

Вплив місцевості на значення глибини поширення вторинної хмари НХР вираховується шляхом множення величини Γ_2 на коефіцієнт впливу місцевості K_m , що визначається так, як і у разі поширення первинної хмари НХР.

Площа первинної (вторинної) хмари НХР $S_{1(2)}$ (км⁻²) визначається за формулою:

$$S_{1(2)} = \frac{(r_{1(2)} + R_A)^2 \times \phi}{60} \quad (18)$$

де $\Gamma_{1(2)}$ - глибина поширення первинної (вторинної) хмари НХР (км); R_A - радіус району аварії (км); ϕ - половина кута сектора (град), у межах якого можливе поширення хмари НХР із заданою довірчою імовірністю P_Γ . Значення кута ϕ (град) залежно від ступеня вертикальної стійкості повітря в приземному шарі та довірчої імовірності P_Γ наведені таблиці 3.11.

Довірча ймовірність P_Γ визначає характер задач, що вирішуються:

- у разі довгострокового прогнозування $P_\Gamma = 0,9$;
- у разі наявності не всіх вихідних даних $P_\Gamma = 0,75$.

Площа прогнозованої зони хімічного забруднення $S_{ПЗХЗ}$ (км²) визначається залежно від значень радіусу аварії R_A , глибини поширення $\Gamma_{1(2)}$ первинної (вторинної) хмари та відповідних кутів сектора поширення цих хмар $\phi_{1(2)}$.

Якщо $\Gamma_1 < \Gamma_2$:

за умов $\phi_1 < \phi_2$

$$S_{ПЗХЗ} = \pi \times \left(R_A^2 + \frac{(\Gamma_2^2 - R_A^2) \times \phi_2}{180} \right) \quad (19)$$

за умов $\phi_2 < \phi_1$

$$S_{ПЗХЗ} = \pi \times \left(R_A^2 + \frac{(\Gamma_2^2 - R_A^2) \times \phi_1}{180} + \frac{(\Gamma_1^2 - R_A^2) \times \phi_2}{180} \right) \quad (20)$$

Якщо $\Gamma_2 < \Gamma_1$:

за умов $\phi_1 < \phi_2$

$$S_{ПЗХЗ} = \pi \times \left(R_A^2 + \frac{(\Gamma_2^2 - R_A^2) \times \phi_2}{180} + \frac{(\Gamma_2^2 - \Gamma_1^2) \times \phi_2}{180} \right) \quad (21)$$

за умов $\phi_2 < \phi_1$

$$S_{ПЗХЗ} = \pi \times \left(R_A^2 + \frac{(\Gamma_1^2 - R_A^2) \times \phi_1}{180} \right) \quad (22)$$

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

Кількість уражених серед виробничого персоналу об'єкта, де сталася аварія, та населення, яке мешкає поблизу цього об'єкта, визначається відповідно до кількості та часу знаходження людей у ЗХЗ, їх захищеності від дії НХР.

Таблиця 3.11 – Значення кута ϕ залежно від ступеня вертикальної стійкості повітря в приземному шарі та довірчої імовірності P_Γ

		Значення P_Γ
--	--	---------------------

Вид хмари НХР та час випаровування	Стан атмосфери у приземному шарі повітря	0,75	0,9
Первинна хмара НХР	інверсія	15	20
	ізотермія	20	25
	конвекція	25	30
Вторинна хмара НХР, час випаровування 2-6 год	інверсія	20	30
	ізотермія	25	40
	конвекція	35	50
Вторинна хмара НХР, час випаровування 6-12 год	ізотермія	37	52
Вторинна хмара НХР, час випаровування 12-24 год		50	70

Кількість людей, які опинилися в ЗХЗ, розраховується або шляхом підсумовування кількості виробничого персоналу (населення), який знаходиться на окремих виробничих ділянках (в житлових кварталах, населених пунктах), що піддалися дії НХР, або шляхом множення середньої густини виробничого персоналу (населення), що знаходиться на території об'єкта (населеного пункту), на площу зараженої території.

Відповідно кількість уражених В (осіб) визначається за формулами:

$$V = L \times (1 - K_3), \quad (23)$$

$$\text{або } V = \Delta \times S_{\text{об.}} \times (1 - K_3), \quad (24)$$

де L - кількість виробничого персоналу (населення) в осередку ураження (осіб);

K_3 - коефіцієнт захищеності виробничого персоналу від вражаючої дії НХР. Коефіцієнт захищеності виробничого персоналу K_3 від дії НХР (по хлору) зазначено в таблиці 3.11. Коефіцієнт захищеності міського та сільського населення K_3 від дії НХР зазначено у таблиці 3.12

Δ - середня щільність розміщення виробничого персоналу (населення) на території об'єкта (населеного пункту) (осіб/км²);

$S_{\text{об.}}$ - площа території об'єкта (населеного пункту), що зазнала ураження (км²).

Значення коефіцієнта захищеності K_3 залежить від місця перебування виробничого персоналу (населення) у момент підходу хмари забрудненого повітря до об'єкта (населеного пункту) та захисних властивостей укриття і засобів індивідуального захисту, що використовуються.

Таблиця 3.12 – Коефіцієнт захищеності виробничого персоналу K_3 від дії НХР (хлору)

	Час перебування, год
--	----------------------

Місцезнаходження, засоби захисту, що застосовуються	0,25	0,5	1	2	3-4
відкрито на місцевості	0	0	0	0	0
у транспорті	0,95	0,75	0,41	-	-
у виробничих приміщеннях з кратністю повітрообміну:					
0,5	0,97	0,87	0,68	0,38	0,09
1,0	0,67	0,52	0,30	0,13	0
2,0	0,18	0,08	0,04	0	0
у сховищах: з режимом регенерації повітря	1	1	1	1	1
без режиму регенерації повітря	1	1	1	1	0
в засобах індивідуального захисту органів дихання (промислових протигазах)	0,95	0,8	0,5	0	0

Таблиця 3.13 – Коефіцієнт захищеності міського та сільського населення K_3 від дії НХР

Час доби, год	Міське населення					Сільське населення				
	Час, що пройшов з моменту виникнення аварії									
	15 хв	30 хв	1 год	2 год	3-4 год	15 хв	30 хв	1 год	2 год	3-4 год
А. Населення не було оповіщено про небезпеку										
1-6	0,95	0,89	0,76	0,36	0,09	0,72/0,87	0,69/0,84	0,60/0,72	0,28/0,33	0,07/0,15
6-7	0,84	0,72	0,64	0,29	0,07	0,39/0,59	0,37/0,57	0,32/0,48	0,15/0,23	0,10/0,05
7-10	0,64	0,54	0,35	0,13	0,02	0,24/0,24	0,23/0,23	0,20/0,20	0,10/0,10	0,02/0,02
10-13	0,69	0,58	0,37	0,15	0,03	0,19/0,19	0,18/0,18	0,16/0,16	0,08/0,08	0,02/0,02
13-15	0,72	0,64	0,47	0,20	0,04	0,17/0,24	0,14/0,23	0,12/0,20	0,06/0,10	0,02/0,02
15-17	0,68	0,58	0,37	0,15	0,03	0,15/0,48	0,14/0,46	0,12/0,40	0,06/0,19	0,02/0,05
17-19	0,69	0,62	0,47	0,19	0,04	0,19/0,59	0,18/0,57	0,16/0,48	0,08/0,23	0,02/0,05
19-1	0,88	0,82	0,67	0,30	0,07	0,48/0,78	0,46/0,73	0,40/0,64	0,19/0,30	0,05/0,07
Б. Населення оповіщено про небезпеку										
1-6	0,95	0,89	0,20	0,36	0,09	0,78/0,89	0,73/0,85	0,64/0,74	0,30/0,35	0,08/0,09
6-7	0,93	0,87	0,74	0,35	0,10	0,50/0,81	0,48/0,77	0,42/0,67	0,21/0,20	0,07/0,08
7-10	0,78	0,68	0,49	0,22	0,06	0,39/0,39	0,37/0,37	0,32/0,32	0,15/0,15	0,04/0,04
10-13	0,79	0,67	0,47	0,21	0,04	0,33/0,33	0,31/0,31	0,27/0,27	0,13/0,13	0,03/0,03
13-15	0,83	0,74	0,56	0,25	0,05	0,31/0,39	0,30/0,37	0,26/0,32	0,12/0,15	0,03/0,04
15-17	0,79	0,69	0,49	0,22	0,04	0,31/0,59	0,30/0,57	0,26/0,48	0,12/0,23	0,05/0,05
17-19	0,86	0,78	0,63	0,28	0,06	0,35/0,66	0,33/0,62	0,29/0,55	0,14/0,26	0,03/0,04
19-1	0,91	0,85	0,71	0,34	0,09	0,59/0,81	0,57/0,77	0,48/0,67	0,23/0,32	0,07/0,06

Коефіцієнт захищеності K_3 виробничого персоналу (населення) визначається за формулою:

$$K_3 = q_1 K_{31} + q_2 K_{32} + q_3 K_{33} + q_4 K_{34} + \dots + q_i K_{3i} \quad (25)$$

де $q_{(1,2,3,\dots,i)}$ частка виробничого персоналу (населення), що знаходиться в умовах перебування 1, 2, 3, ... i, наприклад; 1 - виробничий персонал

(населення), що знаходиться на відкритій місцевості; 2 - виробничий персонал (населення), який забезпечено протигазами; 3 - виробничий персонал (населення), що знаходиться в укриттях; 4 - виробничий персонал, що знаходиться у виробничих будівлях тощо. Під час розрахунку враховуються лише ті показники, що мають місце, а за потреби додаються додаткові. Для визначення кількості уражених від первинної хмари НХР використовується значення коефіцієнта захищеності на час перебування в осередку ураження 15 та 30 хв, наведені у таблиці 3.14.

Таблиця 3.14 – Коефіцієнт захищеності міського та сільського населення K_3 від дії НХР

Час доби, год	Міське населення					Сільське населення				
	Час, що пройшов з моменту виникнення аварії									
	15 хв	30 хв	1 год	2 год	3-4 год	15 хв	30 хв	1 год	2 год	3-4 год
А. Населення не було оповіщено про небезпеку										
1-6	0,95	0,89	0,76	0,36	0,09	0,72/0,87	0,69/0,84	0,60/0,72	0,28/0,33	0,07/0,15
6-7	0,84	0,72	0,64	0,29	0,07	0,39/0,59	0,37/0,57	0,32/0,48	0,15/0,23	0,10/0,05
7-10	0,64	0,54	0,35	0,13	0,02	0,24/0,24	0,23/0,23	0,20/0,20	0,10/0,10	0,02/0,02
10-13	0,69	0,58	0,37	0,15	0,03	0,19/0,19	0,18/0,18	0,16/0,16	0,08/0,08	0,02/0,02
13-15	0,72	0,64	0,47	0,20	0,04	0,17/0,24	0,14/0,23	0,12/0,20	0,06/0,10	0,02/0,02
15-17	0,68	0,58	0,37	0,15	0,03	0,15/0,48	0,14/0,46	0,12/0,40	0,06/0,19	0,02/0,05
17-19	0,69	0,62	0,47	0,19	0,04	0,19/0,59	0,18/0,57	0,16/0,48	0,08/0,23	0,02/0,05
19-1	0,88	0,82	0,67	0,30	0,07	0,48/0,78	0,46/0,73	0,40/0,64	0,19/0,30	0,05/0,07
Б. Населення оповіщено про небезпеку										
1-6	0,95	0,89	0,20	0,36	0,09	0,78/0,89	0,73/0,85	0,64/0,74	0,30/0,35	0,08/0,09
6-7	0,93	0,87	0,74	0,35	0,10	0,50/0,81	0,48/0,77	0,42/0,67	0,21/0,20	0,07/0,08
7-10	0,78	0,68	0,49	0,22	0,06	0,39/0,39	0,37/0,37	0,32/0,32	0,15/0,15	0,04/0,04
10-13	0,79	0,67	0,47	0,21	0,04	0,33/0,33	0,31/0,31	0,27/0,27	0,13/0,13	0,03/0,03
13-15	0,83	0,74	0,56	0,25	0,05	0,31/0,39	0,30/0,37	0,26/0,32	0,12/0,15	0,03/0,04
15-17	0,79	0,69	0,49	0,22	0,04	0,31/0,59	0,30/0,57	0,26/0,48	0,12/0,23	0,05/0,05
17-19	0,86	0,78	0,63	0,28	0,06	0,35/0,66	0,33/0,62	0,29/0,55	0,14/0,26	0,03/0,04
19-1	0,91	0,85	0,71	0,34	0,09	0,59/0,81	0,57/0,77	0,48/0,67	0,23/0,32	0,07/0,06

K_u коефіцієнт, що враховує вплив швидкості вітру на час випаровування НХР
Значення коефіцієнта K_u залежно від швидкості вітру наведені у таблиці 3.16 або визначаються за формулою:

$$K_u = \frac{1}{0.44 \times u + 0.56} \quad (26)$$

де u - швидкість вітру на висоті 1-10 м (м/с).

Для НХР, дані про які відсутні у таблиці 15, час випаровування НХР з площі виливу $\tau_{\text{вип}}$ (год) визначається за формулою (12).

Таблиця 3.15 – Час випаровування НХР за швидкості повітря 1 м/с

Назва НХР	Маса НХР (т)	Температура повітря, °С						
		-30	-20	-10	0	+ 10	+ 20	+ 30
Аміак	50*	6,8 год	4,8 год	3,4 год	2,5 год	1,9 год	1,5 год	1,1 год
	100	4,2 доби	2,9 доби	2,1 доби	1,5 доби	1,2 доби	21,4 год	16,8 год
	500	4,7 доби	3,3 доби	2,3 доби	1,7 доби	1,3 доби	24 год	18,7 год
	2000	5,1 доби	3,6 доби	2,6 доби	1,9 доби	1,4 доби	1,1 доби	20,7 год
	10 000	5,8 доби	4 доби	2,9 доби	2,1 доби	1,6 доби	1,2 доби	23,1 год
	30 000	6,2 доби	4,3 доби	3,1 доби	2,3 доби	1,7 доби	1,3 доби	1 доба
Сірковуглець	10*	2,5 доби	1,5 доби	21,8 год	14 год	9,3 год	6,3 год	4,4 год
	30*	2,7 доби	1,6 доби	23,6 год	15,1 год	10 год	6,8 год	4,8 год
	50*	2,8 доби	1,6 доби	1 доба	15,6 год	10,4 год	7,1 год	5 год
	100	>1 міс.	24,2 доби	14,9 доби	9,6 доби	6,3 доби	4,3 доби	3 доби
	150	>1 міс.	24,9 доби	15,4 доби	9,9 доби	6,5 доби	4,5 доби	3,1 доби
Сірчистий ангідрид (діоксид сірки)	25	4 доби	2,6 доби	1,8 доби	1,3 доби	21,1 год	16,2 год	12,2 год
	50	4,2 доби	2,8 доби	1,9 доби	1,3 доби	23,1 год	17 год	12,8 год
	100	4,4 доби	2,9 доби	2 доби	1,4 доби	1 доба	17,9 год	13,5 год
Фосген	1*	4,2 год	3,2 год	2,5 год	2 год	1,6 год	1,3 год	1,1 год
	10*	4,9 год	3,7 год	2,9 год	2,3 год	1,9 год	1,6 год	1,3 год
	100	3,3 доби	2,6 доби	2 доби	1,6 доби	1,3 доби	1,1 доби	21,4 год
Фтороводень	20*	13,6 год	12,3 год	11,1 год	10,2 год	9,4 год	8,7 год	8,1 год
	50*	14,5 год	13,1 год	11,9 год	10,9 год	10 год	9,3 год	8,6 год
	100	8,9 доби	8 діб	7,3 доби	6,6 доби	6,1 доби	5,7 доби	5,3 доби
Хлор	1*	1,8 год	1,3 год	0,9 год	0,7 год	0,5 год	0,4 год	0,3 год
	10*	2,1 год	1,5 год	1,1 год	0,8 год	0,6 год	0,5 год	0,4 год
	100	1,5 доби	1 доби	17,4 год	12,8 год	9,6 год	7,4 год	5,8 год
	500	1,6 доби	1,1 доби	19,5 год	14,4 год	10,8 год	8,3 год	6,5 год
	1000	1,7 доби	1,2 доби	1 доба	15,1 год	11,3 год	8,7 год	6,8 год
Синильна кислота (ціаністий водень)	1*	1,2 доби	17,6 год	11,6 год	7,9 год	5,5 год	4 год	2,9 год
	30*	1,5 доби	22,3 год	14,7 год	10 год	7 год	5 год	3,7 год
	50*	1,5 доби	23,1 год	15,2 год	10,4 год	7,3 год	5,2 год	3,8 год
	100	22,3 доби	14,2 доби	9,3 доби	6,3 доби	4,4 доби	3,2 доби	2,3 доби
	150	22,9 доби	14,6 доби	9,6 доби	6,5 доби	4,6 доби	3,3 доби	2,4 доби
	250	23,8 доби	15,1 доби	9,9 доби	6,8 доби	4,7 доби	3,4 доби	2,5 доби

Таблиця 3.16 – Значення коефіцієнта K_u залежно від швидкості вітру

Швидкість вітру (м/с)	1	2	3	4	5	6
K_u	1,0	0,70	0,55	0,43	0,37	0,32

Час підходу хмари НХР до об'єкта t (год), що знаходиться в межах зон розповсюдження первинної Γ_1 та/або вторинної Γ_2 хмар НХР, залежить від швидкості перенесення хмари повітряними потоками та визначається за формулою:

$$t = \frac{x}{v} \quad (27)$$

Залежно від фізико-хімічних властивостей НХР та агрегатного стану, в якому вони зберігаються або перевозяться, розрахунки здійснюються:

для газів, які зберігаються або перевозяться в зрідженому стані,- окремо за первинною та вторинною хмарами НХР;

для газів, які зберігаються або перевозяться в стиснутому стані,- тільки за первинною хмарою НХР;

для НХР, які зберігають або перевозять у рідкому стані та температура кипіння яких вища за температуру навколишнього середовища,- тільки за вторинною хмарою НХР.

Площа розливу НХР залежно від наявності або відсутності піддона (обвалування) визначається за формулою (13).

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

$$\Gamma = \max(\Gamma_1; \Gamma_2) + R_A. \quad (28)$$

Усі розрахунки та заходи захисту населення плануються на глибину ПЗХЗ, яка утворюється протягом перших 4 годин з моменту аварії.

Довгострокове прогнозування здійснюється заздалегідь для визначення можливих масштабів забруднення, проведення розрахунку сил та засобів, які залучатимуться для ліквідації наслідків аварії, складання планів роботи та інших довідкових матеріалів.

На карту (схему) наносять місцезнаходження ємностей з НХР, найменування та кількість НХР (t), зону можливого хімічного забруднення, зону прогнозованого хімічного забруднення, спрямовану в бік найбільшої щільності заселення людей, іншу необхідну довідкову інформацію.

Довгострокове прогнозування здійснюється заздалегідь для визначення можливих масштабів забруднення, проведення розрахунку сил та засобів, які залучатимуться для ліквідації наслідків аварії, складання планів роботи та інших довідкових матеріалів.

У разі проведення довгострокового прогнозування визначаються глибина і площа зони можливого хімічного забруднення, глибина і площа прогнозованої зони хімічного забруднення, кількість осіб, що мешкає в ЗМХЗ та ПЗХЗ, можливі втрати людей (осіб), тривалість хімічного забруднення (хв, год, діб).

Глибина зони можливого хімічного забруднення $\Gamma_{ЗМХЗ}$ (км) та глибина прогнозованої зони хімічного забруднення $\Gamma_{ПЗХЗ}$ (км) рівні між собою та визначаються за формулою (29).

Площа зони можливого хімічного забруднення $S_{ЗМХЗ}$ (км²) визначається за формулою:

$$S_{ЗМХЗ} = \pi \times \Gamma^2 = 3,14 \times \Gamma^2, \quad (29)$$

де $\Gamma_{(км)}$ - кінцевий результат розрахунку зони забруднення визначається за формулою (29).

Площа прогнозованої зони хімічного забруднення $S_{ПЗХЗ}$ (км²) визначається за формулами (18-22).

3.3. Графічна частина

По результатам розрахунку розробляється схематичне зображення зон хімічного забруднення внаслідок аварії на об'єкті з викидом небезпечної хімічної речовини (НХР), зокрема на рис.1 хлору (Cl₂). Використовується для довгострокового прогнозування поширення забруднення.

Таблиця 3.17. Основні елементи схеми

Елемент	Опис
Центральна точка (помаранчевий кружок)	Місце аварії – джерело викиду хлору (позначено як "ХЛОР - 75", ймовірно, 75 тонн).
Синій значок із сумним смайликом	Символізує небезпеку, аварію, зону ураження.
Велике жовте коло	Зона можливого хімічного забруднення – максимальна можлива область поширення хмари НХР за несприятливих умов.
Світло-жовтий сектор (конус)	Прогнозована зона хімічного забруднення – реальна зона поширення хмари за поточними метеоумовами (напрямок і сила вітру).
Стрілка зліва: "1" → 270°	Напрямок вітру: 270° (вітер дме із заходу на схід). Це визначає форму сектора.
Позначка знизу: Γ ЗМХЗ (Γ ПЗХЗ)	Глибина зон: • Γ ЗМХЗ – глибина зони можливого хімічного забруднення • Γ ПЗХЗ – глибина прогнозованої зони хімічного забруднення

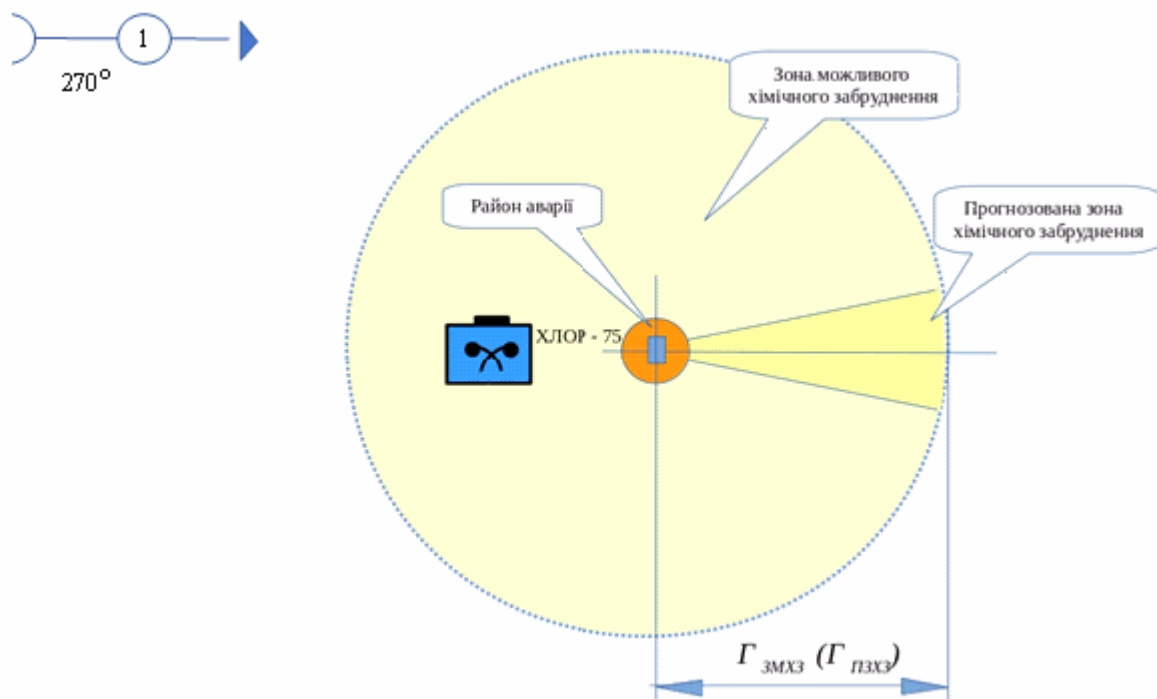


Рис. 3.1. Зони можливого та прогнозованого хімічного забруднення за результатами довгострокового прогнозування

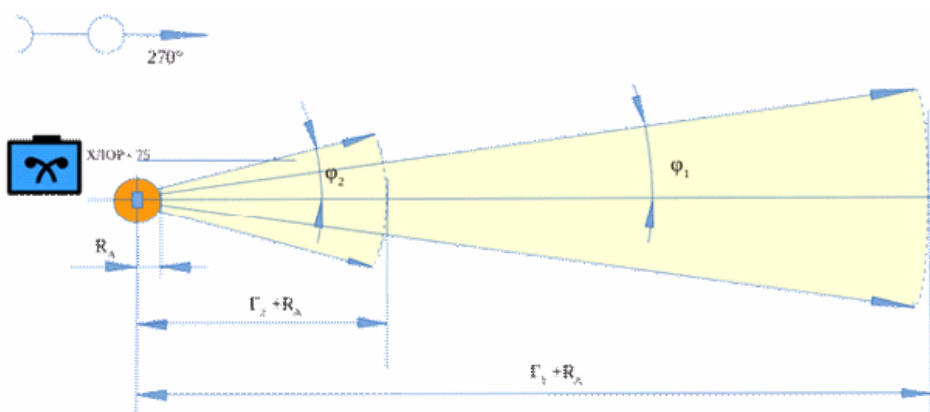


Рис. 3.2. Схема поширення первинної та вторинної хмари НХР

3.4 Загальні відомості про програмний застосунок MARPLOT

MARPLOT (Mapping Application for Response, Planning, and Local Operational Tasks) — це програмне забезпечення для картографування, розроблене NOAA та EPA як частина пакету CAMEO. Воно використовується для планування та реагування на хімічні аварії, зокрема для відображення зон можливого та прогнозованого забруднення (threat zones), розрахованих у модулі ALOHA. Алгоритм відображення базується на інтеграції з ALOHA для імпорту даних про зони, додаванні об'єктів на карту та налаштуванні шарів. Нижче наведено покроковий алгоритм, адаптований до контексту вашої схеми (викид 75 т хлору, напрямок вітру 270°).

3.5 Ознайомлення з інтерфейсом програми MARPLOT

без використання модуля ALOHA

(ручний ввід даних з довгострокового прогнозу: викид 75 т хлору, вітер 270°, Г ЗМХЗ = 3 км, Г ПЗХЗ = 1,3 км)

Панель інструментів

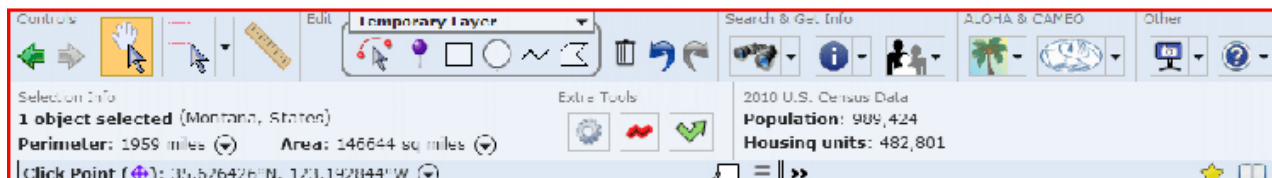
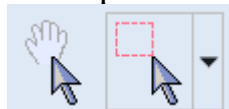


Рис. 3.3 Загальний вигляд палені інструментів

Піктограми та меню панелі інструментів



Використовуйте значки «Попередній» та «Наступний вигляд» для переміщення назад і вперед загального вигляду, щоб повернутися до певного вигляду для цього сеансу, не впливаючи на шари та інші елементи, що наразі відображаються на карті.



Інструмент панорування (ліворуч), щоб переміщувати карту, клацаючи та перетягуючи. Використовуйте інструмент вибору області (праворуч), щоб тимчасово позначити прямокутну або круглу область на карті та відкрити меню «Вибрана область». Інструмент панорування та інструмент вибору області також можна використовувати для вибору об'єктів на карті клацанням. (Щоб вибрати кілька об'єктів, утримуйте клавішу Shift під час клацання.). Коли цей інструмент вибрано, ви можете утримувати клавішу Ctrl, щоб тимчасово переключитися на інструмент виділення області. (Якщо ви використовуєте Mac, утримуйте клавішу Command.) Аналогічно, якщо вибрано інструмент виділення області, утримування клавіші Ctrl (або клавіші Command на Mac) тимчасово переключиться на інструмент панорування.

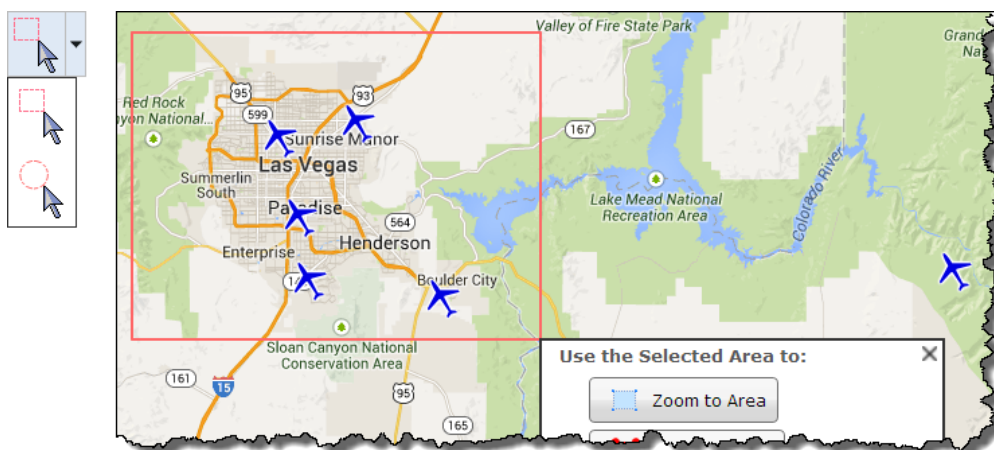
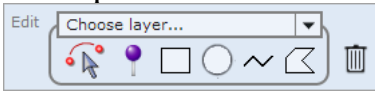


Рис. 3.4 Інструмент вибору області



Інструмент лінійка для вимірювання відстаней на карті. Коли лінійку вибрано, область під панеллю інструментів перетворюється на панель інформації про вимірювання лінійки з детальною інформацією про вимірювання об'єкта лінійки, що відображається на карті червоним кольором.



Список, щоб вибрати шар, який потрібно редагувати (шар редагування потрібен, коли ви використовуєте інструменти в області під розкритим списком). Використовуйте інструмент редагування (крайній ліворуч), щоб переміщувати об'єкти та редагувати вершини. Використовуйте інші інструменти малювання, щоб малювати об'єкти-символи (точкові), прямокутники, кола, полілінії та багатокутники. Використовуйте значок «Видалити» (кошик), щоб видалити вибрані об'єкти.

Виберіть потрібний інструмент малювання та створіть об'єкт на карті.



Для переміщення об'єктів вручну та керування вершинами: скористайтеся розкритим списком над інструментами малювання, щоб вибрати шар, який потрібно редагувати. (Зверніть увагу, що це єдиний із п'яти методів редагування об'єктів, який вимагає вибору шару «Редагувати».) Далі виберіть інструмент редагування (ліворуч від інструментів малювання на панелі інструментів). Коли цей інструмент вибрано, маркери вибору об'єктів відображаються як червоні кола зі світлішою червоною заливкою посередині, на відміну від суцільних червоних кіл, які ви зазвичай бачите, коли об'єкти вибрано.



Об'єкти-символи (точки): Натисніть на значок «Символ» на панелі інструментів, а потім натисніть на карту, щоб створити об'єкт-символ. Ви можете вибрати з сотень різних символів, що містяться в MARPLOT, або додати власні символи.




Прямокутні об'єкти: Натисніть на значок «Прямокутник» на панелі інструментів, а потім клацніть і перетягніть на карту, щоб створити прямокутний об'єкт. Прямокутний об'єкт завжди орієнтований так, що його сторони вертикальні та горизонтальні. (Щоб створити чотиристоронній об'єкт, який обертається, скористайтеся інструментом «Полігон».)





Об'єкти кола: Натисніть на значок кола на панелі інструментів, а потім клацніть і перетягніть на карту, щоб створити об'єкт кола. Початкова точка клацання буде центром вашого кола.





Об'єкти полілінії: Клацніть значок полілінії на панелі інструментів, а потім клацніть на карті в кожній точці, де ви хочете розмістити вершину, щоб створити об'єкт полілінії. Клацніть і перетягніть існуючу вершину, щоб змінити її положення. Клацніть правою кнопкою миші (або Ctrl+клац на Mac) на існуючій вершині, щоб видалити її. Натисніть кнопку «Готово», коли закінчите малювати об'єкт полілінії. (Під час малювання об'єкта полілінії інструменти та панель неактивні, а поруч з інструментами малювання з'являються кнопки «Готово» та «Скасувати».)


 **Об'єкти-полігон:** Натисніть на значок «Полігон» на панелі інструментів, а потім натисніть на карті в кожній точці, де ви хочете розмістити вершину, щоб створити об'єкт-полігон. Натисніть і перетягніть існуючу вершину, щоб змінити її положення. Клацніть правою кнопкою миші (або Ctrl+клац на Mac) на існуючій вершині, щоб видалити її. Натисніть кнопку «Готово», коли закінчите малювати об'єкт-полігон. (Під час малювання об'єкта-полігону інструменти та панель неактивні, а поруч з інструментами малювання з'являються кнопки «Готово» та «Скасувати».)

 **Редагувати дані, графіку, розташування та спливаючі нотатки об'єкта:** виберіть об'єкт, а потім клацніть значок «Налаштування» в розділі «Додаткові інструменти» панелі інструментів, щоб відкрити діалогове вікно «Налаштування об'єкта» .

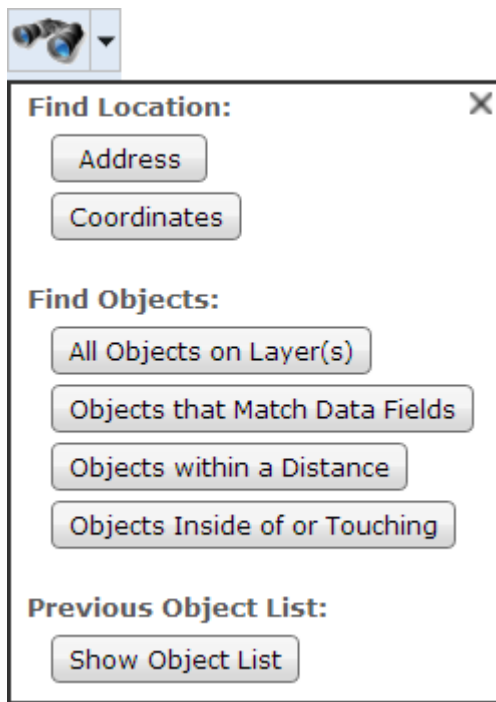
 **Одночасно внести однакові зміни до даних, графіки та спливаючих нотаток кількох об'єктів:** виділіть об'єкти, а потім клацніть значок «Налаштування кількох об'єктів» у розділі «Додаткові інструменти» панелі інструментів, щоб відкрити діалогове вікно «Налаштування кількох об'єктів» . Зверніть увагу, що ви можете вибрати кілька об'єктів, утримуючи клавішу Shift під час клацання на об'єктах, використовуючи інструмент виділення області для вибору об'єктів у певній області або виконавши пошук.

 **Перемістити об'єкт(и) на інший шар:** Виберіть один або кілька об'єктів, а потім натисніть значок «Перемістити на шар» у розділі «Додаткові інструменти» панелі інструментів, щоб відкрити діалогове вікно «Перемістити об'єкт(и) на шар» . Ви можете перемістити об'єкти на існуючий шар (якщо поля даних на шарі відповідають вибраним об'єктам) або розпочати новий шар.

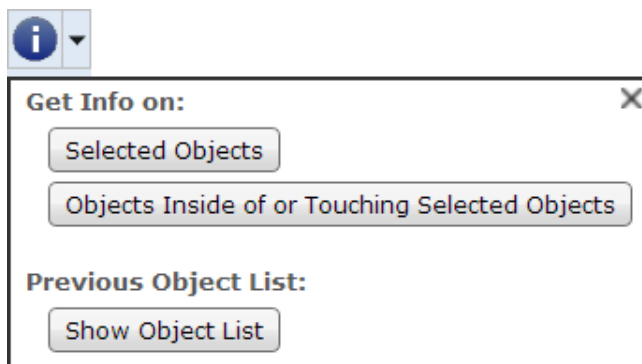
 **Видалити об'єкт(и):** Виберіть один або кілька об'єктів, а потім натисніть значок «Видалити» (сміттєвий кошик) праворуч від інструментів малювання на панелі інструментів.

 **Значок «Скасувати»** (ліворуч), щоб скасувати (повернути назад) останню дію у стеку «Скасувати/Повторити», і використовуйте значок «Повторити» (праворуч), якщо ви передумаєте щодо останнього скасування. Наведіть курсор миші на значки «Скасувати» або «Повторити», щоб побачити короткий опис дії, яку буде скасовано/повторено. Не всі дії можна скасувати в MARPLOT, а стек «Скасувати/Повторити» очищується після завершення сеансу MARPLOT.

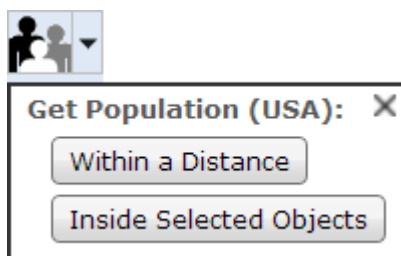
Використовуйте значок пошуку , щоб отримати доступ до функцій пошуку .



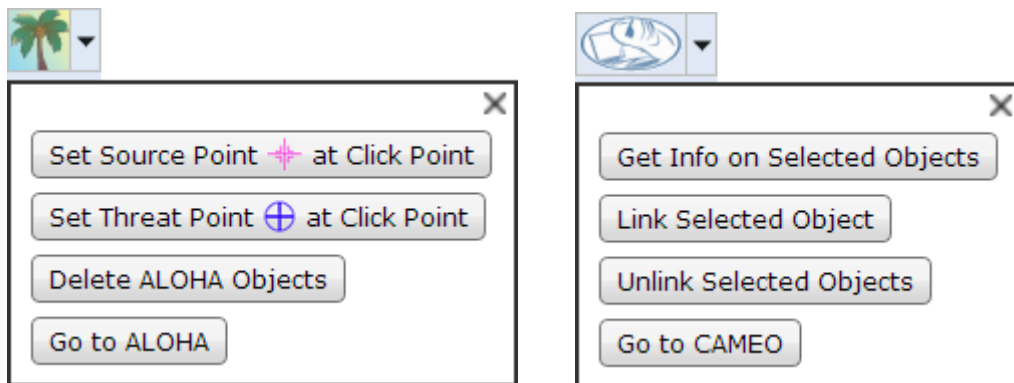
Скористайтесь піктограмою «Отримати інформацію», щоб отримати доступ до опцій «Отримати інформацію» .



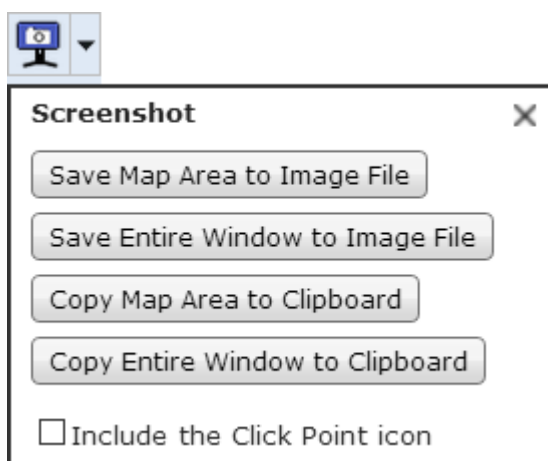
Скористайтесь піктограмою «Отримати населення», щоб отримати оцінки чисельності населення для місць на карті в Сполучених Штатах.



Використовуйте значки ALOHA та CAMEO для обміну інформацією з програмами в пакеті програмного забезпечення CAMEO . (Програми необхідно встановлювати окремо.)



Використовуйте значок «Знімок екрана», щоб зробити знімок карти або всього вікна програми, а потім ви можете зберегти його як файл зображення або скопіювати його в буфер обміну, щоб потім вставити зображення безпосередньо в іншу програму (наприклад, електронну пошту або текстовий документ).



Використовуйте значок «Довідка», щоб відкрити довідку MARPLOT, збільшити MARPLOT для покращення читабельності, перевірити наявність оновлень або переглянути вікно «Про MARPLOT». Зверніть увагу, що функція «Збільшити для читабельності» насправді дозволяє збільшувати або зменшувати розмір тексту та інших елементів інтерфейсу.



Окрім стандартних об'єктів, які можна малювати в MARPLOT, існує також кілька типів спеціальних об'єктів, які можна створювати, використовуючи існуючі об'єкти:



Буферна зона: Виберіть один або кілька об'єктів (будь-якого типу), а потім натисніть на значок «Буферна зона» в розділі «Додаткові інструменти» панелі інструментів. MARPLOT створює новий складний об'єкт-полігон, який будується для покриття області в межах заданої відстані (радіус на ваш вибір) навколо вибраного(их) об'єкта(ів). Якщо вибрані вами об'єкти є прямокутниками, колами або багатокутниками, буферна зона включатиме як область всередині об'єкта, так і область навколо об'єкта в межах заданого радіуса. Ви можете вказати шар, на якому буде створено об'єкт.



Кругові сітки: Виберіть об'єкт кола, а потім натисніть значок «Кругова сітка» в розділі «Додаткові інструменти» панелі інструментів. (Крім того, ви можете створити круглу область вибору, а потім натиснути кнопку «Створити сітку» в меню «Вибрана область»). Ви можете вибрати, чи потрібна вам сітка: кільця за шириною, кільця за площею чи сектори. Потім ви можете вказати, як потрібно налаштувати секції сітки (наприклад, кількість секцій), і тоді MARPLOT створить певну кількість нових об'єктів-полігонів. Ви можете вказати шар, на якому будуть створені об'єкти.



Прямокутні сітки: Виберіть прямокутний об'єкт, а потім натисніть значок «Прямокутна сітка» в розділі «Додаткові інструменти» панелі інструментів. (Крім того, ви можете створити прямокутну область вибору, а потім натиснути кнопку «Створити сітку» в меню «Вибрана область»). Ви можете вказати, як потрібно налаштувати квадрати сітки, і тоді MARPLOT створить кілька нових прямокутних об'єктів. Ви можете вказати шар, на якому будуть створені об'єкти.



Об'єднання полігонів: Виберіть два або більше об'єктів типу полігон, прямокутник та/або коло, а потім натисніть значок «Об'єднання полігонів» у розділі «Додаткові інструменти» панелі інструментів. MARPLOT створює новий об'єкт, який включає область з усіх вибраних об'єктів. Ви можете вказати шар, на якому буде створено об'єкт.



Перетин багатокутників: Виберіть два або більше об'єктів типу багатокутник, прямокутник та/або коло, а потім натисніть значок «Перетин багатокутників» у розділі «Додаткові інструменти» панелі інструментів. MARPLOT створює новий об'єкт, який включає лише спільну для всіх вибраних об'єктів область. Ви можете вказати шар, на якому буде створено об'єкт.



Різниця багатокутників: Виберіть два або більше об'єктів типу багатокутник, прямокутник та/або коло, а потім натисніть значок «Різниця багатокутників» у розділі «Додаткові інструменти» панелі інструментів. MARPLOT створить новий об'єкт, який є площею об'єкта, вибраного першим, за вирахуванням площ інших вибраних об'єктів. (На зображенні нижче показано два приклади залежно від того, чи було вибрано

першим об'єкт: коло чи прямокутник.) Ви можете вказати шар, на якому буде створено об'єкт.



Об'єднання поліліній: Виберіть два або більше об'єктів поліліній, а потім натисніть значок «Об'єднання поліліній» у розділі «Додаткові інструменти» панелі інструментів. MARPLOT створює новий об'єкт поліліній, який об'єднує всі вибрані об'єкти поліліній. Ви можете вказати шар, на якому буде створено об'єкт.

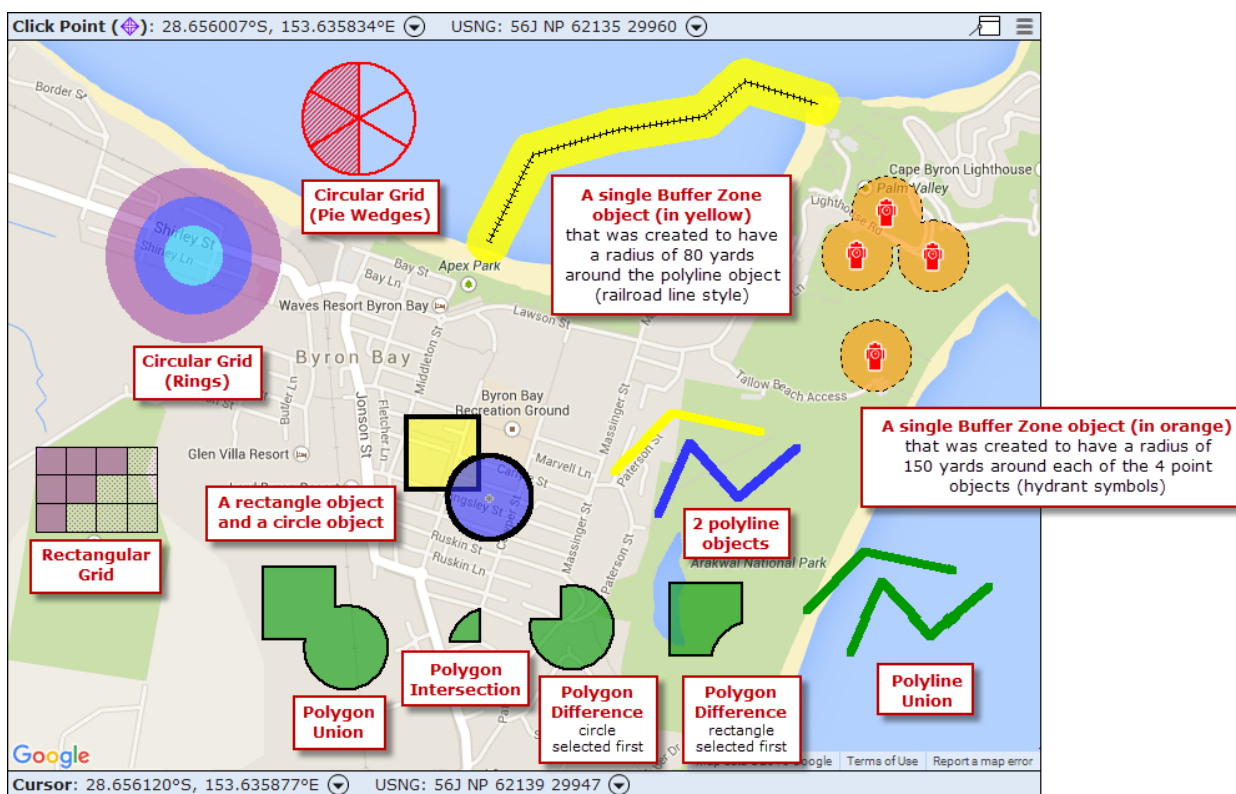


Рис. 3.5 Особливості нанесення спеціального об'єкту


На рис 3.5 нижче показано зразки кожного типу спеціального об'єкта, який можна створити в MARPLOT. Кольори об'єктів на зображенні призначені для того, щоб допомогти вам зрозуміти, коли створення спеціального об'єкта призводить до створення одного об'єкта чи кількох об'єктів. Наприклад, функції «Створити сітку» завжди призводять до створення кількох об'єктів. Якщо ви розміщуєте об'єкти сітки на шарі в режимі «Індивідуальна графіка», ви можете налаштувати графіку по-різному для окремих об'єктів у сітці, наприклад, щоб затінити ділянки сітки, які вже були знайдені під час пошуково-рятувальної операції. З іншого боку, функція буферної зони та всі спеціальні функції полігонів та поліліній призводять до створення одного об'єкта.

3.6 Нанесення результатів розрахунків у затосунку MARPLOT

1) Оберіть адресу місця викиду хімічних речовин

1. Натисніть значок пошуку на панелі інструментів, а потім виберіть «Координати». (Або ви можете відкрити контекстне меню, яке викликається

кляцанням правою кнопкою миші, а потім вибрати «Координати» в розділі «Перейти до»).

2. З'являться координати точки (). За потреби виберіть інший формат широти/довготи, і MARPLOT автоматично змінить його на формат за замовчуванням, у якому координати широти та довготи відображаються та вводяться в програмі. Аналогічно, ви можете використовувати прапорець, щоб указати, чи слід відображати чи приховувати координати Національної сітки США у MARPLOT.

3. Натисніть «Показати на карті», щоб відцентрувати карту за цими координатами. (Зверніть увагу, що рівень масштабування залишиться незмінним.)

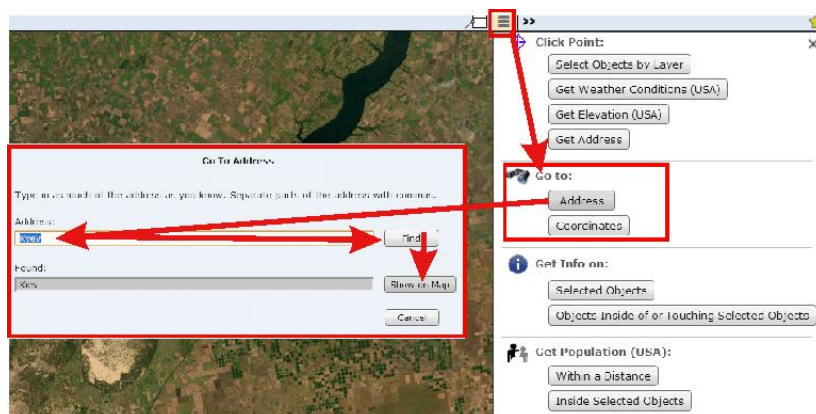


Рис. 3.6 Задаємо адресу місця довгострокового прогнозування

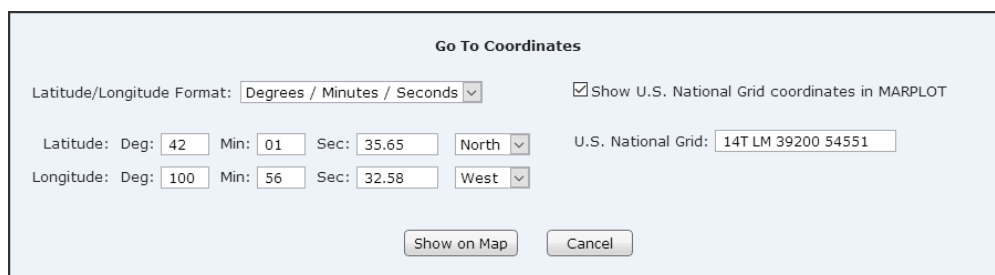


Рис. 3.7 Задаємо координати місця довгострокового прогнозування

Щоб зробити інший вигляд:

1. Перемістіть карту до області світу, яка є найбільш значущою для вашої роботи. Це може бути країна, штат, округ або навіть місто — будь-яка частина світу, яку ви найчастіше використовуєте в MARPLOT.

2. Збільшуйте/зменшуйте масштаб карти, доки вона не досягне потрібного рівня деталізації.

3. Показуйте або приховуйте елементи на панелі залежно від ваших уподобань. Зазвичай більшість користувачів приховують усі інформаційні поля, легенди, шари, веб-картографічні служби (WMS) та растрові карти, оскільки головний вигляд використовується для скидання налаштувань вигляду MARPLOT. Користувачі вибирають бажану базову карту, а також можуть вибрати відображення деяких додаткових елементів карти (таких як шкала масштабування, сітка широти/довготи або компас).

4. Натисніть на значок «Зберегти закладку».

2) Перейдіть до створення шару джерела аварії: оберіть Layers → New Layer, назвіть шар Джерело аварії, натисніть ОК, виберіть Draw → Symbol, оберіть символ типу Chemical Plant або Hazard, клікніть точно в центр карти на координатах аварії, клацніть правою кнопкою миші на символі та оберіть Properties, встановіть назву Район аварії та інші надписи, колір заливки помаранчевий, розмір Large, у мітці додайте іконку небезпеки через Draw → Text, введіть символ, розмістіть під символом, встановіть шрифт Arial Bold, 16 pt, зафіксуйте шар через Layers → Lock Layer, щоб уникнути випадкового зсуву.

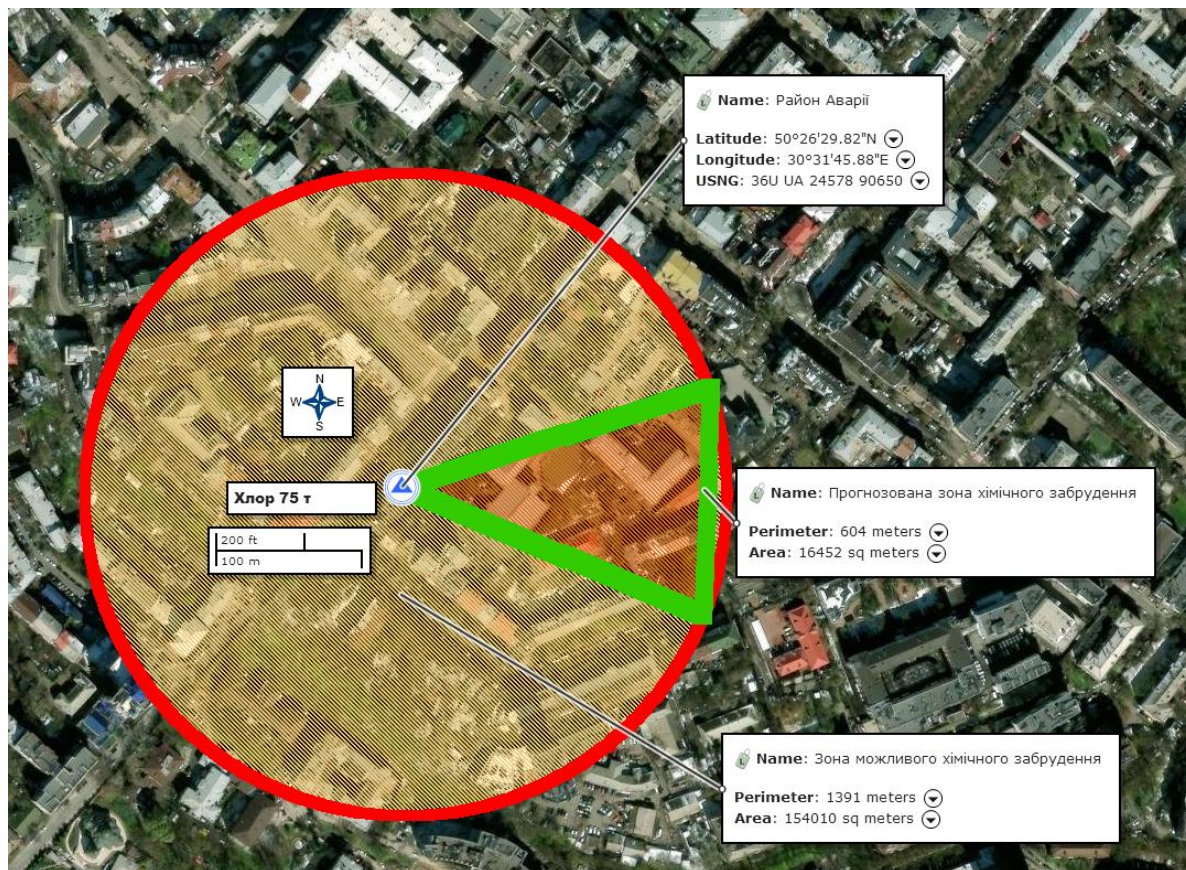


Рис. 3.8 Зони прогнозованого хімічного забруднення за результатами довгострокового прогнозування в програмі MARPLOT

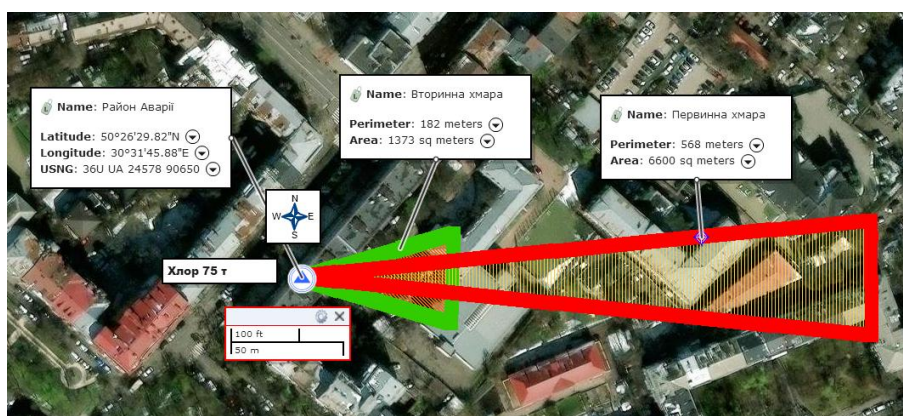


Рис. 3.9 Відображення поширення первинної та вторинної хмари НХР

4. ВИХІДНІ ДАНІ ДО КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

Варіант	Речовина	Стан	Маса Q (т)	t _{air} (°C)	u1 (м/с)	Атм. режим	Піддон	Тип місцевості	R_A (км)	x (км)	Δ (осіб/км ²)	L (осіб)
1	Аміак (NH ₃)	під тиском	150	20	3.0	конвекція	так	степова (рівнинна)	0.05	5.0	800	200
2	Хлор (Cl ₂)	стиснений/рідкий	500	15	1.5	ізотермія	ні	лісиста змішана	0.05	10.0	500	150
3	Сірководень (H ₂ S)	стиснений/рідкий	10	10	1.2	інверсія	ні	напівпустинна	0.02	2.0	200	50
4	Фтороводень (HF)	рідина/розчин	5	20	0.8	інверсія	так	берегова смуга	0.01	1.0	300	30
5	Фтор (F ₂)	газ	400	0	4.0	конвекція	ні	відкрита місцевість	0.10	20.0	50	10
6	Диметиламін	рідкий/газ	50	25	4.5	конвекція	ні	с/г	0.02	3.0	150	40

Варіант	Речовина	Стан	Маса Q (т)	t _{air} (°C)	u1 (м/с)	Атм. режим	Піддон	Тип місцевості	R_A (км)	x (км)	Δ (осіб/км ²)	L (осіб)
7	Пропан (LPG)	під тиском	800	15	1.0	ізотермія	так	проміслова	0.05	1.5	1000	500
8	Бензин (суміш)	рідина	200	25	2.0	ізотермія	ні	урбанізована	0.03	0.8	2500	1200
9	Сірчистий ангідрид (SO ₂)	рідина/газ	100	20	3.5	конвекція	ні	індустріальна	0.05	4.0	600	300
10	Фосген	газ/рідкий	10	10	2.5	перехідний	ні	ліс	0.01	2.5	100	20
11	Хлористий діоксид (ClO ₂)	газ/рідина	2	10	5.0	турбулентність	ні	ліс	0.005	0.5	50	5
12	Водень (H ₂)	під тиском	1000	20	6.0	конвекція	так	відкрита місцевість	0.20	30.0	10	5
13	Соляна кислота (HCl)	рідина/газ	10	15	1.8	ізотермія	ні	міська зона	0.02	1.0	3000	800

Варіант	Речовина	Стан	Маса Q (т)	t _{air} (°C)	u1 (м/с)	Атм. режим	Піддон	Тип місцевості	R_A (км)	x (км)	Δ (осіб/км ²)	L (осіб)
14	Сірковуглець (CS ₂)	рідина	30	20	2.2	перехідний	ні	с/г	0.01	2.0	100	10
15	Фтороводень (HF)	рідина	50	0	1.0	інверсія	ні	промислова	0.05	3.5	400	200
16	Невідома органічна сполука	рідина/летка	20	25	2.5	перехідний	ні	напівпустинна	0.01	4.0	50	10
17	Діетиламін	рідкий/газ	150	20	3.0	конвекція	ні	степова	0.05	6.0	200	80
18	Синильна кислота (HCN)	рідина/газ	1	20	1.0	інверсія	ні	урбанізована	0.005	0.2	5000	200
19	Аміак (NH ₃)	під тиском	300	0	2.0	ізотермія	так	відкрита місцевість	0.05	8.0	100	40
20	Пропан-бутан (LPG суміш)	під тиском	50	25	4.5	конвекція	ні	с/г	0.02	2.5	150	30

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Кодекс цивільного захисту України від 01.01. 2025 року № 5403-VI.
2. Про критичну інфраструктуру : Закон України від 16.11.2021 р. № 1882-IX. Дата оновлення: 17.07.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#Text>.
3. Методичні рекомендації щодо розроблення планів локалізації і ліквідації аварій та їх наслідків, затверджені наказом ДСНС від 17.05.2022 № 253.
4. Методичні рекомендації з розробки планів цивільного захисту на особливий період суб'єктами господарювання: наказ ДСНС України від 19.03.2024 № 302. — Київ: ДСНС України, 2024. — 45 с.
5. Тактика ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій: практикум. 2-ге видання, виправлене та доповнене / Укладачі: І. М. Неклонський, В. О. Собина, Д. В. Тарадуда. — Х.: НУЦЗУ. — 2020. — 218 с.
6. Тактика ліквідування надзвичайних ситуацій: завдання та методичні рекомендації для виконання контрольної роботи / Іван ЧОРНОМАЗ, Юрій ДЕНДАРЕНКО — Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2021. — 33 с.
7. Безпека у надзвичайних ситуаціях. Навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях. Основні положення : ДСТУ 50058:2008. — [Чинний від 2009-01-01]. — Київ : Держспоживстандарт України, 2009. — 10с.
8. Методика оцінювання ризиків виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру та пожеж, затвердженою наказом МВС від 13.10.2023 № 836
9. Порядок управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру та пожеж, затвердженим наказом МВС від 31.07.2023 № 627
10. Порядок класифікації надзвичайних ситуацій за їх рівнями, затверджений постановою КМУ від 24.03.2004 № 368
11. Методи ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій з викидом небезпечних речовин в атмосферу: Монографія / Андронов В.А., Гончаренко Ю.Ю., Калугін В.Д., Кустов М.В., Тютюник В.В. — Х., НУЦЗУ, 2020. — 286 с..

ДОДАТОК 1
Приклад оформлення курсового проєкту

Міністерство освіти і науки України
"Національний технічний університет"
Дніпровська політехніка

Інститут природокористування
(інститут, факультет)

кафедра охорони праці та цивільної безпеки
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
курсного проєкту

Студента(ки) _____
(ПІБ)

академічної групи _____
(шифр)

спеціальність 263 Цивільна безпека
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою Цивільна безпека
(офіційна назва)

на тему План ліквідації аварії на хімічно-небезпечному об'єкті
(назва)

Керівники	Посада, прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
Керівник проєкту			

Дніпро
202__

ЗМІСТ

1. Загальні положення
2. Завдання, вихідні дані
3. Загальні відомості про хімічну речовину
4. Порядок прогнозування та оцінки хімічної обстановки у наслідок аварії з викиданням ХНР
5. Висновки та прийняти рішення для захисту працюючих людей
6. Список використаних джерел

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Мета дисципліни «Планування процесів ліквідації аварій» полягає в обґрунтуванні цілей і шляхів їх досягнення на основі визначення комплексу завдань і робіт, а також ефективних методів, способів і ресурсів усіх видів, необхідних для захисту населення, територій, навколишнього природного середовища та майна від надзвичайних ситуацій шляхом запобігання таким ситуаціям, ліквідації їх наслідків і надання допомоги постраждалим у мирний час та в особливий період.

Завдання курсового проєкту – навчитися застосовувати Методику прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин (НХР) під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті для оцінки хімічної обстановки та визначення масштабів забруднення.

Завдання, яке потрібно вирішити – на хімічному підприємстві виникла аварія внаслідок руйнування ємності з НХР. Її кількість, ступінь захисту ємності, метеоумови наведені в вихідних даних. Об'єкт господарювання відносно хімічного підприємства знаходиться на заданій відстані (див. вихідні дані) на осі розповсюдження НХР. До теоретичної частини роботи включити фізико-хімічні та токсичні властивості НХР, дати визначення ступені вертикальної стійкості повітря згідно варіанту завдання.

2. ЗАВДАННЯ, ВИХІДНІ ДАНІ

Завдання

На основі отриманих даних побудувати схему зони хімічного забруднення, вказавши радіус аварії, глибину поширення первинної та вторинної хмар, а також площу забруднення.

Порядок виконання завдання:

1. Ознайомитися з Методикою прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин.
2. Використовуючи дані з додатків до Методики, провести розрахунки за вказаними формулами.
3. Оформити результати розрахунків у вигляді звіту, включивши всі необхідні графіки, схеми та рекомендації.
4. Підготувати презентацію результатів роботи.

Варіант №4

Таблиця 2.1. Вихідні дані

Варіант	Речовина	Стан	Маса Q (т)	t _а (°C)	u _г (м/с)	Атмосферний режим	Тип місцевості	Рельєф	Сезон	Швидкість вітру на висоті	K
4	Бензин (легкий вуглеводень, суміш)	рідина	200	+25	2.0	ізотермія	міська зона	урбанізований	літо	5	

3. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ХІМІЧНУ РЕЧОВИНУ

БЕНЗИН МОТОРНИЙ або ГАЗОЛІН, або ПЕТРОЛ

Gasoline or petrol or motor spirit

Число небезпеки: (33) легкозаймиста рідина (температура спалаху нижча ніж 23° C);

Код ООН: (1203)

Аварійна картка: (305)

Код небезпеки: (F1) Легкозаймисті рідини, температура спалаху яких не перевищує 61° C;

Клас небезпеки: (3) Легкозаймисті рідини

Упаковка: (II)



Небезпека для людей

Небезпечні при: I - вдиханні, III - попаданні на шкіру, IV - попаданні в очі. I - нежить, кашель, першіння в горлі, відчуття сп'яніння; III - почервоніння, сухість шкірних покривів; IV - різь, сльозотеча. При пожежі та вибухах можливі опіки і травми.

Заходи першої допомоги

Викликати швидку медичну допомогу. Свіже повітря, спокій, тепло, чистий одяг. Шкіру і слизові оболонки промити водою. Промити очі водою. Прийняти активоване вугілля.

Дії у разі пожежі

Не наближатися до палаючих ємкостей. Охолоджувати ємкості водою з максимальної відстані. Гасити тонкорозпиленою водою, повітряно-механічною та хімічною пінами з максимальної відстані.

Вибухо- і пожежонебезпека

Горючі. Легко займаються від іскор і полум'я. Пари утворюють з повітрям вибухонебезпечні суміші, які можуть поширюватися далеко від місця витікання. Ємкості можуть вибухати при нагріванні. У порожніх ємкостях із залишків можуть утворюватися вибухонебезпечні суміші. Нітрофарби, нітролаки, нітродіокси горять з утворенням токсичних газів (оксидів азоту, оксидів сірки). Рідини мають температуру спалаху не більше +23° C₀. Над поверхнею розлитої рідини утворюється горюча концентрація парів при температурі навколишнього середовища, рівній температурі спалаху рідини та вище.

Нейтралізація

Для ізоляції парів використовувати розпилену воду. При знижених температурах повітря речовину відкачати зі знижень місцевості з додержанням правил пожежної безпеки. Місце розливу ізолювати піском, повітряно-механічною піною, обвалувати і не допускати попадання речовини в

поверхневі води. Зрізати поверхневий шар ґрунту з забрудненням, зібрати і вивезти для утилізації, додержуючись правил пожежної безпеки. Місця зрізів засипати свіжим шаром ґрунту. Поверхні рухомого складу промити мийними композиціями, лужними розчинами (вапняним молоком, розчином кальцінованої соди). Поверхню території (окремі осередки) обробити лужними розчинами, випалити при загрозі попадання речовини в ґрунтові води. Ґрунт переорати.

Основні властивості

Рідини. Безбарвні або ясно-жовті. Характерний запах. Низькокиплячі або помірно кипячі. Нерозчинні у воді. Леткі. Пари важчі за повітря, накопичуються в низьких ділянках поверхні, підвалах, тунелях. Забруднюють водоймища.

Засоби індивідуального захисту

Для хімрозвідки та керівника робіт - ПДУ-3 (протягом 20 хвилин). Для аварійних бригад - ізолюючий захисний костюм КІХ-5 у комплекті з ізолюючим протигазом ПІ-4М або з дихальним апаратом АСВ-2. При займанні - вогнезахисний костюм у комплекті з саморятувальником СПІ-20. За відсутності вказаних зразків: захисний загальновійськовий костюм Л-1 або Л-2 у комплекті з промисловим протигазом РПГ-67 і патронами А, КД. При малих концентраціях у повітрі (при перевищенні ГДК до 100 разів) - спецодяг, промисловий протигаз малого габариту ПФМ-1, з універсальним захисним патроном ПЗУ, автономний захисний індивідуальний комплект з примусовою подачею в зону подиху очищеного повітря. Маслобензостійкі рукавички, рукавички з дисперсії бутилкаучуку, спеціальне взуття. Допускається використання інших з характеристиками, аналогічними або більш високими, ніж у засобів, які рекомендуються.

Дії загального характеру

Відвести вагон у безпечне місце. Ізолювати небезпечну зону в радіусі не менше 200 м. Відкоригувати вказану відстань за результатами хімрозвідки. Відвести сторонніх. У небезпечну зону входити в захисних засобах. Триматися навітряного боку. Уникати низьких місць. Дотримуватися правил пожежної безпеки. Не палити. Усунути джерела вогню та іскор. Потерпілим надати першу допомогу. Відправити людей з осередку ураження на медобстеження.

Дії у разі витоків, розливів, розсипів

Повідомити в СЕС. Припинити рух поїздів і маневрові роботи в небезпечній зоні. Не торкатися пролітої речовини. Усунути течії з додержанням запобіжних заходів. Перекачати речовину у цілу ємкість або в ємкість для зливу з дотриманням умов змішання рідин. Розливи огородити ґрунтовим валом. Не допускати попадання речовини у водоймища, підвали, каналізацію.

4. ПОРЯДОК ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ОЦІНКИ ХІМІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ У НАСЛІДОК АВАРІЇ З ВИКИДАННЯМ НХР

1. Оскільки в моєму варіанті завдання немає інформації про НХР в таблиці 1, глибина поширення первинної хмари НХР на рівнинній місцевості Γ_{1p} (км) визначається за формулою:

$$\Gamma_{1p} = b_1 \times \left(\frac{Q_1}{u_1 \times PC_{t50}} \right)^\alpha = 15,4 \times \left(\frac{0}{2 \times 12960} \right)^{0,57} = 0$$

Фізико-хімічні властивості визначаються за формулою (5); а та b_1 коефіцієнти, що залежать від вертикальної стійкості повітря в приземному шарі:

$$a = 0,57 \times \exp(0,86 \times \varepsilon) = 0,57 \times \exp(0,86 \times 0) = 0,57;$$

$$b_1 = 15,4 \times \exp(6,96 \times \varepsilon) = 15,4 \times \exp(6,96 \times 0) = 15,4.$$

ε - параметр вертикальної стійкості повітря в приземному шарі, що дорівнює: для ізотермії - 0;

Чисельні значення порогової токсодози PC_{t50} визначаються за формулою:

$$PC_{t50} = 14,4 \times \text{ГДК} \times K = 14,4 \times 100 \times 9 = 12960.$$

Якщо можливе утворення вторинної хмари, кількість НХР, що перейшла в первинну хмару Q_1 (кг), визначається за формулою:

$$Q_1 = \frac{Q \times C_u \times (t_a - t_k)}{\lambda} = \frac{200000 \times 1,84 \times (25 - 39)}{390} = 0 \text{ кг};$$

Кількість НХР, що перейшла у вторинну хмару Q_2 (кг), визначається за формулою:

$$Q_2 = Q - Q_1 = 200000 - 0 = 200000 \text{ кг}.$$

Приведений діаметр площі поверхні виливу НХР $d_{пр}$ (м) визначається за формулою за відсутності піддона:

$$d_{пр} = 5,04 \times \sqrt{\frac{Q - Q_1}{\rho}} = 5,04 \times \sqrt{\frac{200000 - 0}{710}} = 84,6 \text{ м}.$$

Площа поверхні виливу визначається за формулою:

$$S = \frac{\pi \times d_{пр}^2}{4} = \frac{3,14 \times 84,6^2}{4} = 5618,4 \text{ м}^2.$$

Питома швидкість випаровування E (кг/м² × с) визначається за формулою:

$$\begin{aligned} E &= 0,041 \times \frac{u_1 \times M}{d_{пр}^{0,14} \times T_B} \exp \left[\frac{\lambda \times M}{R} \times \left(\frac{1}{T_K} - \frac{1}{T_B} \right) \right] \\ &= 0,041 \times \frac{2 \times 100}{84,6^{0,14} \times 315} \exp \left[\frac{390 \times 100}{8,31} \times \left(\frac{1}{307} - \frac{1}{315} \right) \right] \\ &= 0,0018 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \times \text{с}} \end{aligned}$$

Час випаровування НХР τ (год) з площі поверхні виливу визначається за формулою:

$$\tau = \frac{Q_2}{3600 \times E \times S_{\text{пр}}} = \frac{200000}{3600 \times 0,0018 \times 5618,4} = 5,49 \text{ год.}$$

Значення глибини поширення вторинної хмари для деяких НХР Γ_{T2} (км), наведені в додатку 9 до цієї Методики (значення не охоплюють радіус району аварії R_A), зазначено для типових ємностей у яких зберігається НХР, за умови їх повної розгерметизації, значення порогової токсодози PC_{t50} та розповсюдження хмари на відкритій рівнинній місцевості.

Глибина поширення розрахована для середніх умов, у разі глибокої інверсії глибина поширення збільшується в 1,5-2 рази.

Для НХР, дані про які відсутні у таблиці 9, глибина поширення вторинної хмари НХР Γ_{2p} (км) на рівнинній місцевості визначається за формулою:

$$\begin{aligned} \Gamma_{2p} &= b_2 \tau^{-0,5} \times \left(\frac{Q_2(\tau)}{u_1 \times PC_{t50}(\tau)} \right)^a = 16,84 \times 5,49^{-0,5} \times \left(\frac{200}{2 \times 12960} \right) \\ &= 0,055 \text{ км}^2; \end{aligned}$$

а та b_2 розмірні коефіцієнти, що залежать від вертикальної стійкості повітря: коефіцієнт a визначається за формулою (3):

$$a = 0,57 \times \exp(0,86 \times \varepsilon) = 0,57 \times \exp(0,86 \times 0) = 0,57;$$

$$b_2 = 16,84 \times \exp(6,96 \times \varepsilon) = 15,4 \times \exp(6,96 \times 0) = 16,84.$$

Довірча ймовірність P_{Γ} визначає характер задач, що вирішуються:

- у разі наявності не всіх вихідних даних $P_{\Gamma} = 0,75$.

Площа прогнозованої зони хімічного забруднення $S_{\text{ПЗХЗ}}$ (км²) визначається залежно від значень радіусу аварії R_A , глибини поширення $\Gamma_{1(2)}$ первинної (вторинної) хмари та відповідних кутів сектору поширення цих хмар $\varphi_{1(2)}$.

Якщо $\Gamma_1 < \Gamma_2$:

за умов $\varphi_1 < \varphi_2$

$$\begin{aligned} S_{\text{ПЗХЗ}} &= \pi \times \left(R_A^2 + \frac{(\Gamma_2^2 - R_A^2) \times \varphi_2}{180} \right) = 3,14 \times \left(1 + \frac{(0,055^2 - 1) \times 25}{180} \right) \\ &= 2,7 \text{ км}^{-2}; \end{aligned}$$

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

Кількість уражених серед виробничого персоналу об'єкта, де сталася аварія, та населення, яке мешкає поблизу цього об'єкта, визначається відповідно до кількості та часу знаходження людей у ЗХЗ, їх захищеності від дії НХР.

Кількість людей, які опинилися в ЗХЗ, розраховується або шляхом підсумовування кількості виробничого персоналу (населення), який знаходиться на окремих виробничих ділянках (в житлових кварталах,

населених пунктах), що піддалися дії НХР, або шляхом множення середньої густини виробничого персоналу (населення), що знаходиться на території об'єкта (населеного пункту), на площу зараженої території.

Відповідно кількість уражених V (осіб) визначається за формулами:

Оскільки об'єкт входить у зону ураження $S_{об} = S_{ПЗХЗ} = 2,7 \text{ км}^2$.

Відповідно до умови, за таблицею 14 коефіцієнт захищеності $K_3 = 0,64$.

$V = \Delta \times S_{об} \times (1 - K_3) = 200 \times 2,7 \times (1 - 0,64) = 195 \text{ ос.}$

Час підходу хмари НХР до об'єкта t (год), що знаходиться в межах зон розповсюдження первинної Γ_1 та/або вторинної Γ_2 хмар НХР, залежить від швидкості перенесення хмари повітряними потоками та визначається за формулою:

$t = x/v = 0,5/5 = 0,1 \text{ год.}$

Час випаровування НХР $\tau_{вип}$ (год) з площі виліву розраховується за формулою:

$\tau_{вип} = \tau_{вип.таб} \times K_{ц} = 40 \times 0,37 = 14,8 \text{ год.}$

Згідно до розрахунків, у програмі MARPLOT намалюємо схему аварії на підприємстві:



Рисунок 1

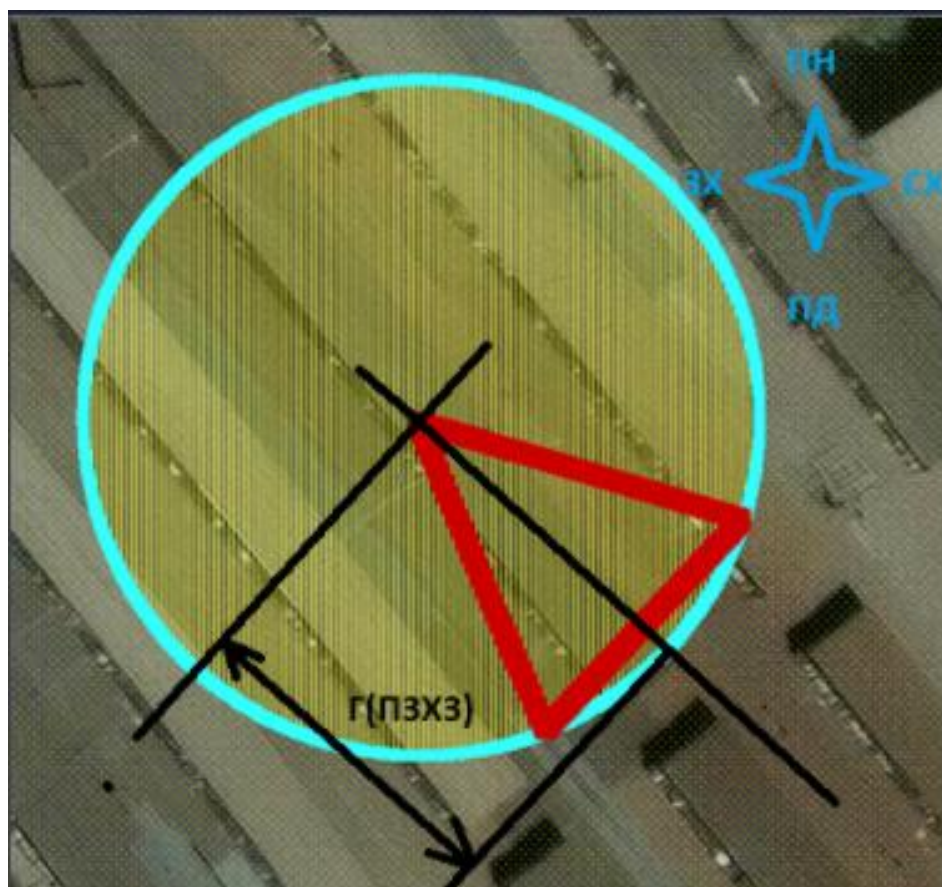


Рисунок 2

ВИСНОВОК ТА ОБҐРУНТУВАННЯ

У результаті виконання завдання було побудовано схему зони хімічного забруднення, яка відображає основні параметри аварії: радіус ураження, глибину поширення первинної та вторинної хмар, а також загальну площу забруднення. Розрахунки проведено з урахуванням фізико-хімічних властивостей небезпечної речовини, метеорологічних умов та типу місцевості.

Побудована схема дозволяє візуалізувати межі потенційної небезпеки для населення та об'єктів інфраструктури, що є критично важливим для оперативного планування заходів з локалізації та ліквідації наслідків аварії. Визначення глибини поширення хмар забруднення дає змогу оцінити часові рамки реагування та необхідні ресурси для евакуації або захисту населення.

Таким чином, виконане завдання повністю відповідає меті курсового проєкту – розробці обґрунтованого плану реагування на хімічну аварію, з урахуванням реальних сценаріїв розвитку подій. Отримані результати можуть бути використані як основа для подальших розрахунків у межах комплексного плану цивільного захисту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Чеберячко С.І. План ліквідації аварії на хімічно-небезпечному об'єкті [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до виконання курсового проєкту з планування процесів ліквідації аварій для здобувачів ступеня бакалавра спеціальності 263 Цивільна безпека / С.І. Чеберячко, Ю.І. Чеберячко, І.А. Лісовицька ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка», – Дніпро : НТУ «ДП», 2025. – 61 с.

2. ...

3. ...

4. ...

Навчальне видання

Чеберячко Сергій Іванович
Чеберячко Юрій Іванович
Лісовицька Ірина Анатоліївна

**ПЛАН ЛІКВІДАЦІЇ АВАРІЇ
НА ХІМІЧНО-НЕБЕЗПЕЧНОМУ ОБ'ЄКТІ**

**Методичні рекомендації до виконання курсового проєкту
з планування процесів ліквідації аварій**
для здобувачів ступеня бакалавра спеціальності 263 Цивільна безпека

Видано в авторській редакції.

Електронний ресурс.
Підписано до видання 04.11.2025. Авт. арк. 2,38.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка».
49005, м. Дніпро, просп. Дмитра Яворницького, 19.