

УДК 614.842

ПРОГНОЗУВАННЯ НАСЛІДКІВ ВИЛИВУ (ВИКИДУ) НЕБЕЗПЕЧНИХ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН У РАЗІ АВАРІЙ НА ХІМІЧНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ

О. П. ЯЦЮК, кандидат хімічних наук

Український науково-дослідний інститут цивільного захисту

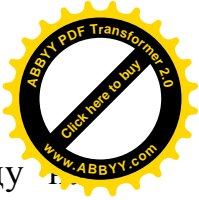
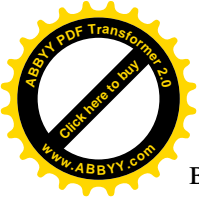
E-mail: kimakovskaya@ukr.net

***Анотація.** На основі аналізу стану хімічної безпеки в розвинутих країнах світу та існуючих методів прогнозування наслідків виліву (викиду) небезпечних хімічних речовин у разі аварій на хімічно небезпечних об'єктах, запропоновано методику прогнозування наслідків можливих аварій під час здійснення заходів із ліквідування аварій та їх наслідків. Методика призначена для використання підрозділами служби цивільного захисту й іншими підрозділами з ліквідації аварій на хімічно небезпечних об'єктах*

***Ключові слова:** хімічно небезпечний об'єкт, небезпечні хімічні речовини, аварія, прогнозування наслідків, методика*

Забезпечення хімічної безпеки в Україні, де відмічається величезне техногенне навантаження на навколишнє середовище та людину, обумовлює велику проблему щодо безпечної експлуатації хімічно небезпечних об'єктів (далі – ХНО). Сьогодні в Україні функціонує 931 об'єкт, на яких зберігається або використовується у виробничій діяльності 308,07 тис тонн небезпечних хімічних речовин, у тому числі 4,08 тис тонн хлору, 202,66 тис тонн аміаку та 101,33 тис тонн інших небезпечних хімічних речовин [1]. Проведений аналіз існуючих методологічних підходів до вирішення проблеми оцінки безпеки ХНО показав, що не зважаючи на значні наукові досягнення в даній сфері, на сьогодні не існує чітко сформульованої та ефективною комплексної методики оцінки безпеки, а відповідно, і ризику виникнення аварій на ХНО, тому питання розробки такої методики є актуальним та своєчасним.

Аналіз чинної в Україні методики прогнозування наслідків виліву (викиду) небезпечних хімічних речовин та у разі аварії на ХНО показав, що не дивлячи на те, що методичний підхід, який застосовано в даній методиці, є



важливим і корисним, наявна методика потребує суттєвого перегляду відповідності чинному законодавству, удосконаленню і доповненню відповідно до сучасних вимог і діючих нормативно-правових актів, а також урахування новітніх методичних розробок та механізмів в сфері прогнозування.

Мета дослідження – розробка сучасної Методики прогнозування наслідків вилливу (викиду) небезпечних хімічних речовин у разі аварій на ХНО (далі – Методика), яка б дозволила проведення довгострокового та аварійного прогнозування масштабів забруднення небезпечними хімічними речовинами навколишнього середовища. Основними завданнями було провести аналіз існуючих світових досягнень в сфері прогнозування масштабів та наслідків аварій на ХНО, синтез найкращих підходів такого прогнозування та розробка проекту сучасної методики разом з довідковими матеріалами. При виконанні досліджень використовували аналітичні методи та метод системного аналізу.

Результати дослідження та їх обговорення.

В основу розробленої методики була покладена «Методика прогнозування наслідків вилливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті» [2], що була затверджена наказом МНС, Мінагрополітики, Мінекономіки та Мінприроди 27.03.2001 року. Також були враховані деякі положення «Методики визначення ризиків та прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки» [3] затвердженої наказом Мінпраці та соціальної політики України 04.12.2002 року. Під час підготовки нової Методики використовували загальновідомі формули, в тому числі формулу Мацака з рівнянням Клайперона-Клаузіуса. В новій Методиці для прогнозування наслідків вилливу (викиду) небезпечних хімічних речовин за аварій збільшена кількість небезпечних хімічних речовин до 36 сполук. Також дана Методика враховує ландшафтні й кліматичні умови в осередку аварії.

В загальному плані структура Методики складається з таких розділів:

- галузі застосування;
- термінів та визначення понять;



- загальних положень;
- прогнозування масштабу зони хімічного забруднення;
- прогнозування тривалості хімічного забруднення;
- визначення ступеня небезпеки хімічного забруднення;
- класифікація адміністративно-територіальних одиниць та об'єктів господарської діяльності за ступенем хімічної небезпеки;
- додатки.

Методика дозволяє здійснити довгострокове (оперативне) й аварійне прогнозування масштабів забруднення у разі виникнення аварії з виливом (викидом) небезпечних хімічних речовин із технологічних ємкостей на ХНО, автомобільному, річковому, залізничному та трубопровідному транспорті. Також Методика може бути використана для проведення розрахунків масштабів забруднення у разі виникнення аварії на морському транспорті, у разі, якщо хмара НХР може дістати прибережної зони, де мешкає населення. Її дія поширюється на небезпечні хімічні речовини, які, у разі виникнення аварії, переходять у навколишнє середовище у газоподібному, пароподібному й аерозольному агрегатному станах з утворенням первинної та/або вторинної хмари та не поширюється на небезпечні хімічні речовини, які за температури навколишнього середовища і атмосферного тиску не переходять у газоподібний, пароподібний або аерозольний стан.

В Загальних положеннях наведено принципи оцінки хімічної обстановки що передбачають визначення масштабу аварії, розрахунок часу підходу хмари небезпечної хімічної речовини до населених пунктів; прогнозування можливої кількості і структури уражених осіб та проведення класифікації адміністративно-територіальних одиниць і об'єктів господарської діяльності за ступенем хімічної небезпеки. Водночас прийняті такі вихідні дані для прогнозування масштабів зони хімічного забруднення і можливих загальних втрат населення в осередку забруднення:

- загальна кількість небезпечної хімічної речовини на об'єкті та дані щодо розміщення їх запасів у технологічних ємкостях;



- кількість небезпечної хімічної речовини, що потрапила в атмосферу,
- характер виливу на поверхню («вільно», «в піддон» або «в обвалування»);
- висота піддону або обвалування;
- метеорологічні умови: температура повітря, швидкість вітру на висоті 1-10 м, ступінь вертикальної стійкості повітря;
- середня щільність населення у місті та замиській зоні.

В разі проведення довгострокового прогнозування в Методиці рекомендовано приймати:

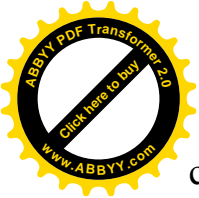
- кількість небезпечної хімічної речовини, що вилілась: - максимальну за об'ємом одиничної ємкості, а для об'єктів, що розташовані у небезпечних районах (на особливий період і для сейсмічних районів тощо) - загальну кількість небезпечної хімічної речовини;
- для залізничних станцій, через які здійснюється перевезення небезпечної хімічної речовини, розглядається аварія з виливом 60 т найбільш небезпечної речовини, що транспортується;
- метеорологічні умови, за яких площа зони можливого хімічного забруднення буде найбільшою: ступінь вертикальної стійкості повітря – інверсія; швидкість повітря – 1 м/с; температура повітря – 20 °С.

Для проведення аварійного прогнозування масштабів забруднення після виникнення аварії застосовували загальновідомі формули Мацака, в тому числі з рівнянням Клайперона-Клаузіуса, в якій використовували такі вихідні данні:

- кількість речовини, що вилілась;
- реальні метеорологічні умови.

Центром зони хімічного забруднення визначається місце аварії. Зовнішні межі хімічного забруднення визначаються за значенням порогової токсодози (PC_{150}) у разі інгаляційної дії небезпечної хімічної речовини на організм людини.

Глибина зони хімічного забруднення визначається в залежності від фізико-хімічних властивостей небезпечної хімічної речовини та агрегатного



стану, в якому вони зберігаються або перевозяться:

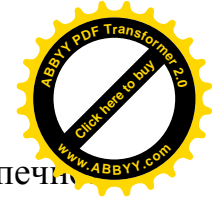
- для газів, які зберігаються або перевозяться у зрідженому стані, – окремо за первинною та вторинною хмарами небезпечної хімічної речовини;
- для газів, які зберігаються або перевозяться під тиском – тільки за первинною хмарою небезпечної хімічної речовини;
- для небезпечних хімічних речовин, які зберігають або перевозять у рідкому стані, а також, температура кипіння яких вище за температуру навколишнього середовища, – тільки за вторинною хмарою небезпечної хімічної речовини.

Також в Методиці використані такі допущення:

- у разі виникнення аварії ємкість з небезпечною хімічною речовиною руйнується повністю;
- кількість викинутої небезпечної хімічної речовини (Q) відповідає нормативу заповнення даної ємкості;
- у разі виникнення аварії на газо- та продуктопроводі прийнято розрив трубопроводу – «гільйотинний» з максимальною витратою за максимальної тривалості викиду, а кількість небезпечної хімічної речовини, що вилілась, дорівнює максимальній кількості небезпечної хімічної речовини, яка міститься в трубопроводі між автоматичними відсікачами;
- топографічні особливості місцевості, а також її рельєф, відкритий або закритий (до закритого рельєфу місцевості відносяться великі міста, гори, ліс віком 30 років та більше);
- граничний час перебування людей у зоні хімічного забруднення і тривалість збереження метеорологічних умов незмінними становить 4 год. Після закінчення цього часу прогноз обстановки уточнюється.

Основними показниками, що характеризують масштаб зони хімічного забруднення приймається:

- радіус району аварії R_A (км);
- глибина Γ_I (км) і площа S_I (км²) поширення первинної хмари небезпечної хімічної речовини;



- глибина Γ_2 (км) і площа $S_2(\text{км}^2)$ поширення вторинної хмари небезпечних хімічних речовин.

Глибину поширення первинної хмари небезпечних хімічних речовин (Γ_{TI}) на рівнинній місцевості за стандартних температурних умов із граничним значенням порогової токсодози PC_{150} для деяких небезпечних хімічних речовин наведено у таблиці 1 додатка 1 Методики. Значення глибини поширення первинної хмари небезпечних хімічних речовин (Γ_{TI}) розраховано для деяких типових об'ємів зберігання небезпечних хімічних речовин з урахуванням їх повної розгерметизації і виливу небезпечних хімічних речовин у піддон (обвалування), вертикальної стійкості повітря та швидкості вітру на висоті 1-10 м.

Глибина поширення первинної хмари небезпечних хімічних речовин Γ_1 (км) з урахуванням метеорологічних і топографічних умов, впливу температури повітря на кількість небезпечних хімічних речовин, що переходить у первинну хмару, визначається за формулою 1:

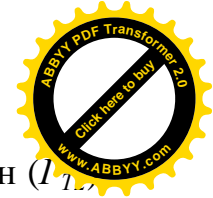
$$\Gamma_1 = \Gamma_{TI} \cdot K_{TI} \cdot K_m \cdot K_k, \quad (1)$$

де: Γ_{TI} – табличне значення глибини поширення первинної хмари небезпечних хімічних речовин на рівнинній місцевості за стандартних зовнішніх температурних умов, км;

K_{TI} – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив температури повітря (наведено у таблиці 2 додатка 1 Методики);

K_m – коефіцієнт впливу місцевості (наведено в таблицях 4.1 та 4.2 Методики);

K_k – коефіцієнт пропорційності, що враховує розбіжності маси небезпечних хімічних речовин з типовими об'ємами ємкостей наведено у таблиці 1 додатка 1 Методики. Для його визначення розраховується коефіцієнт перевищення, що представляє собою співвідношення заданої кількості небезпечних хімічних речовин Q_z (тон) до найближчого значення типової ємкості Q_m (тон) за даними таблиці 1 додатка 1 Методики. Значення коефіцієнта пропорційності наведено у таблиці 3 додатка 1 Методики.



Глибину поширення вторинної хмари небезпечних хімічних речовин (Γ_{T_2}) на рівнинній місцевості за стандартних температурних умов із граничним значенням порогової токсодози PC_{T50} для деяких небезпечних хімічних речовин наведено у таблиці 5 додатка 1 Методики. Значення глибини поширення вторинної хмари НХР (Γ_{T_2}) розраховано для деяких типових об'ємів зберігання небезпечних хімічних речовин з урахуванням вертикальної стійкості повітря.

Глибина поширення вторинної хмари небезпечних хімічних речовин Γ_2 (км) з урахуванням метеорологічних і топографічних умов, впливу температури повітря на кількість НХР, що переходить у вторинної хмару, визначається за формулою 2:

$$\Gamma_2 = \Gamma_{T_2} \cdot K_{T_2} \cdot K_m \cdot K_k, \quad (2)$$

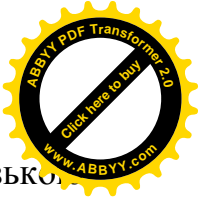
де: Γ_{T_2} – табличне значення глибини поширення вторинної хмари небезпечних хімічних речовин на рівнинній місцевості за стандартних зовнішніх температурних умов, км;

K_{T_2} – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив температури повітря наведено у таблиці 6 додатка 1 Методики;

K_m – коефіцієнт впливу місцевості наведено у таблиці 4.1 та 4.2 Методики);

K_k – коефіцієнт пропорційності, що враховує розбіжності маси небезпечних хімічних речовин з типовими об'ємами ємкостей, наведено у таблиці 5 додатка 1 Методики. Визначення коефіцієнту K_k здійснюється аналогічно випадку поширення первинної хмари небезпечних хімічних речовин. Значення коефіцієнта пропорційності наведено у таблиці 3 додатка 1 Методики.

Район аварії обмежується радіусом R_A (км), що визначає площу кола, в межах якого уражуючи властивості хмари небезпечної хімічної речовини найбільші. Величина радіусу району аварії залежить від виду небезпечної хімічної речовини і умов його зберігання (використання). Під час проведення розрахунків значення R_A приймається:



- для зріджених газів і рідких небезпечних хімічних речовин із низькою температурою кипіння, що зберігаються у технологічних ємкостях об'ємом до 100 т – 0,5 км, в інших випадках – 1 км;

- для рідких небезпечних хімічних речовин із високою температурою кипіння у разі руйнування технологічних ємкостей об'ємом до 100 т – 0,2-0,3 км, в інших випадках – 0,5 км.

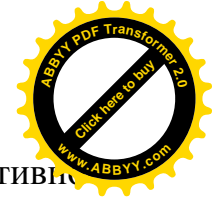
В разі виникнення пожежі радіус району аварії рекомендується збільшувати у 1,5 – 2 рази, що обумовлено можливістю викиду більшої кількості небезпечної хімічної речовини, а також її розкидання за рахунок вибуху.

Під час прогнозування тривалості хімічного забруднення враховується час, протягом якого існує небезпека ураження людей за відсутності засобів індивідуального захисту. Основними показниками, що характеризують тривалість хімічного забруднення є:

- час випаровування небезпечної хімічної речовини з поверхні виливу;
- час підходу забрудненого повітря до об'єкту.

Основним показником, що характеризує ступінь небезпеки хімічного забруднення є кількість людей, які опинилися в осередку ураження. Кількість уражених серед виробничого персоналу об'єкта, де трапилась аварія, та населення, яке мешкає поблизу цього об'єкта, визначається виходячи з кількості людей, які опинилися в осередку ураження та їх захищеності від дії небезпечної хімічної речовини.

Кількість людей, що опинились в осередку ураження, розраховується або шляхом підсумовування кількості виробничого персоналу (населення), що знаходиться на окремих виробничих ділянках (житлових кварталах, населених пунктах), що піддалися дії небезпечної хімічної речовини, або шляхом помноження середньої густини виробничого персоналу (населення), що знаходиться на території об'єкта (населеного пункту) на площу зараженої території.



В Методиці наведено критерії класифікації адміністративних територіальних одиниць та об'єктів господарської діяльності за ступенем хімічної небезпеки. Критеріями класифікації територій та об'єктів щодо їх хімічної небезпеки є кількість населення та розмір площі, що можуть потрапити в зону можливого хімічного забруднення у випадку виникнення аварії на хімічно небезпечному об'єкті (табл. 1).

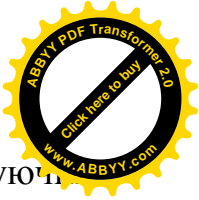
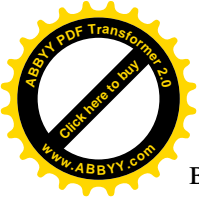
1. Критерії класифікації адміністративно-територіальних одиниць і хімічно небезпечних об'єктів (крім залізниць)

Назва об'єкту, що класифікується	Критерії класифікації	Одиниця виміру	Чисельне значення критерію, що використовується для класифікації			
			Ступінь хімічної небезпеки			
			I	II	III	IV
Хімічно небезпечний об'єкт	Кількість населення, яке потрапляє в прогнозовану зону хімічного забруднення у разі виникнення аварії на хімічно небезпечному об'єкті	тис. чол.	більше 3,0	від 0,3 до 3,0	від 0,1 до 0,3	менше 0,1
Хімічно небезпечна адміністративно-територіальна одиниця	Частка території, що потрапляє в зону можливого хімічного забруднення у разі виникнення аварії на хімічно небезпечних об'єктах	%	більше 50	від 30 до 50	від 10 до 30	менше 10

Висновки

1. Проведений аналіз існуючих методологічних підходів до вирішення проблеми оцінки небезпеки хімічно-небезпечних об'єктів показав, що не зважаючи на значні наукові досягнення в даній сфері, на сьогодні не існує чітко сформульованої та ефективної комплексної методики оцінки небезпеки, а відповідно і ризику виникнення аварій на хімічно-небезпечних об'єктах, тому питання розробки такої методологічної бази є актуальним завданням.

2. Проведені аналітичні дослідження і системний аналіз існуючих підходів до прогнозування наслідків виліву (викиду) небезпечних хімічних речовин у разі аварій на хімічно-небезпечних об'єктах дозволив суттєво



вдосконалити підходи до прогнозування що використовувались в існуючій методиці та по суті розробити нову Методику прогнозування.

3. В розробленій Методиці використані класичні методологічні підходи до прогнозування, однак у новій Методиці для прогнозування наслідків вилливу (викиду) небезпечних хімічних речовин за аварій збільшена їх кількість до 36 сполук. Також дана Методика враховує ландшафтні і кліматичні умови в осередку аварії. Це дозволяє виключити більшість суб'єктивних факторів та суттєво підвищити коректність прогнозу.

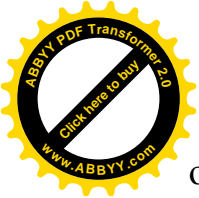
4. Для проведення сучасного прогнозування ймовірності виникнення і визначення тяжкості наслідків аварії на ХНО і підвищення коректності таких прогнозів, а також для оперативного прийняття раціональних управлінських рішень, під час аварії та ліквідації її наслідків, необхідно об'єднати наявні інформаційні ресурси, або створити окрему базу даних, в яку доцільно включити державний реєстр ХНО, базу даних аварій і надзвичайних ситуацій на ХНО, державний реєстр та базу даних документів страхового фонду документації щодо ХНО в електронному вигляді, базу даних планів локалізації і ліквідації аварій на ХНО та деякі інші.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2014 році. [Електронний ресурс]. //Офіційний веб-портал Державної служби України з надзвичайних ситуацій – Режим доступу: <http://www.mns.gov.ua/content/nasdopov2014.html>.

2. Методика прогнозування наслідків вилливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті, затверджена наказом МНС, Мінагрополітики, Мінекономіки, Мінприроди від 27.03.2001 року №73/82/64/122, зареєстрований у Мінюсті України 10.04.2001 року за № 326/5517 (Офіційний вісник України від 27.04.2001– 2001 р., № 15, стор. 261, стаття 681, код акту 18436/2001).

3. Наказ Мінпраці та соціальної політики України "Про затвердження Методики визначення ризиків та прийнятних рівнів для декларування безпеки



об'єктів підвищеної небезпеки" від 04.12.2002 №637. [Електронний ресурс].
//Інформаційний портал України – Режим доступу: //http://ua-
info.biz/legal/basene/ua-cmelgt/index.htm.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ РАЗЛИВА (ВЫБРОСА) ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В СЛУЧАЕ АВАРИИ НА ХИМИЧЕСКИ ОПАСНОМ ОБЪЕКТЕ

О. П. Яцюк

Аннотация. На основании анализа состояния химической безопасности в развитых странах мира и существующих методов прогнозирования последствий разлива (выброса) опасных химических веществ в случае аварий на химически опасных объектах, предложена методика прогнозирования последствий возможных аварий при выполнении мероприятий по ликвидации аварий и их последствий. Методика предназначена для использования подразделениями службы гражданской защиты и другими подразделениями по ликвидации аварий на химически опасных объектах.

Ключевые слова: химически опасный объект, опасные химические вещества, авария, прогнозирование последствий, методика

PREDICTION CONSEQUENCES SPOUT (RELEASE) OF HAZARDOUS CHEMICALS IN CASE OF ACCIDENTS ON CHEMICALLY HAZARDOUS OBJECTS

O. Yatsyuk

Abstract. Based on the analysis of chemical safety in developed countries and existing methods for predicting the consequences of the spout (release) of hazardous chemicals in the event of accidents on chemically hazardous objects the method of forecasting the consequences of possible accidents in the implementation of measures for elimination of accidents and their consequences. The technique is intended for use by civil defense units and other units of the liquidation of the chemically hazardous objects

Key words: chemically dangerous objects, dangerous chemicals, the accident, forecasting consequences methods