

# Кореляція класу об'єкта підвищеної небезпеки, маси небезпечних речовин та його ризику

## Correlation between the Class of a High-Hazard Object, the Mass of Hazardous Substances, and its Risk

Юрій Ключка

Yuriy Klyuchka

доктор технічних наук, с.н.с., e-mail: klyuchka.yuriy@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1066-4217

Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, e-mail: klyuchka.yuriy@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1066-4217

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, м. Харків, Україна

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine

Received: June 20, 2025 | Revised: June 27, 2025 | Accepted: June 30, 2025

DOI: 10.33445/sds.2025.15.3.15

**Мета роботи:** Аналіз запровадження Постанови КМУ на основі принципів та вимог Директиви ЄС Seveso III, дослідження взаємозв'язку між масою небезпечних речовин, класом об'єкта підвищеної небезпеки (ОПН) та ризиком.

**Метод дослідження:** Аналіз та порівняння законодавчої та нормативної бази, теоретичний аналіз, кількісна оцінка небезпечних факторів, схематичне представлення.

**Теоретична цінність дослідження:** полягає у систематизації та поглибленому аналізі взаємозв'язку між класом ОПН, масою небезпечних речовин та рівнем ризику, виходячи з імплементації Директиви ЄС Seveso III в законодавство. Розширено наукове розуміння кореляції “маса – клас – ризик”, констатується не лише наявність зв'язку, але й показано, що він може бути нелінійним та мати неочікувані наслідки для класифікації та реального ризику ОПН.

**Практична цінність дослідження:** Практична цінність дослідження полягає у наданні обґрунтованих висновків та рекомендацій, спрямованих на вдосконалення системи ідентифікації та класифікації ОПН в Україні, що матиме прямий вплив на підвищення промислової безпеки. Виявлено потенційні невідповідності між формальним класом ОПН та реальним ризиком: Дослідження на прикладах демонструє ситуації, коли об'єкт нижчого класу може мати більший реальний ризик порівняно з об'єктом вищого класу. Це є важливою інформацією для контролюючих органів та підприємств для перегляду підходів до оцінки безпеки. Надає підґрунтя для розробки нових рекомендацій та законодавчих змін.

**Тип статті:** теоретичний, практичний.

**Purpose:** Analyzing the Implementation of the Cabinet of Ministers Resolution Based on EU Seveso III Directive principles and requirements and investigating the interrelationship between the mass of hazardous substances, high-hazard object (HHO) class, and risk.

**Method:** Analysis and comparison of legislative and regulatory frameworks, theoretical analysis, quantitative assessment of hazardous factors, schematic representation.

**Theoretical implications:** The theoretical value of the study lies in systematizing and in-depth analyzing the interrelationship between the class of (HHOs, the mass of hazardous substances, and the risk level, based on the implementation of the EU Seveso III Directive into Ukrainian legislation. The scientific understanding of the “mass – class – risk” correlation is expanded, not only stating the existence of a connection but also demonstrating that it can be non-linear and have unexpected consequences for the classification and actual risk of HHOs.

**Practical implications:** The practical value of the study lies in providing substantiated conclusions and recommendations aimed at improving the system for identifying and classifying HHOs in Ukraine, which will directly impact the enhancement of industrial safety. Potential discrepancies between the formal HHO class and actual risk have been identified: the study demonstrates, using examples, situations where a lower-class object may have a higher actual risk compared to a higher-class object. This provides important information for regulatory bodies and enterprises to review safety assessment approaches. It also provides a basis for the development of new recommendations and legislative changes.

**Papertype:** theoretical, practical.

**Ключові слова:** об'єкт підвищеної небезпеки, клас об'єкту, ризик, маса речовин, порогова маса.

**Key words:** high-hazard object, object class, risk, mass of substances, threshold mass.

### Вступ

У сучасному світі, де промислове виробництво є рушійною силою економічного розвитку, зростає й усвідомлення потенційних ризиків, пов'язаних з діяльністю, що включає використання небезпечних речовин. Великі промислові аварії, такі як ті, що сталися у Севезо (Італія) у 1976 році [1, 2], стали каталізатором для розробки суворих міжнародних стандартів з управління промисловими ризиками. Європейський Союз у відповідь на ці виклики розробив та імплементував низку директив, відомих як Директиви Seveso, остання з яких – Директива 2012/18/EU (Seveso III) – встановлює вимоги до запобігання великим аваріям та мінімізації їхніх наслідків для людини та довкілля [3].

Для України, що прагне до інтеграції в європейське співтовариство, гармонізація національного законодавства з нормами ЄС є пріоритетним завданням. У контексті

промислової безпеки це означає необхідність адаптації положень Директиви Seveso III. Ключовим кроком у цьому напрямку стало ухвалення Постанови Кабінету Міністрів України від 13 вересня 2022 р. № 1030 “Деякі питання ідентифікації об’єктів підвищеної небезпеки” [4]. Цей документ покликаний стати фундаментом для створення ефективної національної системи контролю за об’єктами, що становлять підвищену загрозу.

### **Теоретичні основи дослідження**

Відповідно до [4] для ідентифікації об’єкта підвищеної небезпеки необхідно визначити всі небезпечні речовини, які використовуються, переробляються, виготовляються, транспортуються або зберігаються на об’єкті. Потім для кожної речовини визначаються її індивідуальна назва, клас небезпеки та категорія небезпеки відповідно до чинного законодавства. У разі коли на об’єкті загальна маса небезпечних речовин, визначена відповідно до постанови, дорівнює або перевищує порогову масу небезпечної речовини, такий об’єкт належить до об’єкта підвищеної небезпеки відповідного класу.

В той же час у разі коли на об’єкті відсутні певні небезпечні речовини із загальною масою, що перевищує або дорівнює відповідній пороговій масі, з метою вирішення питання про віднесення об’єкта до об’єкта підвищеної небезпеки необхідно застосовувати такі формули [3]:

1) об’єкт є ОПН 1 класу, якщо сума

$$\sum_{i=1}^n \frac{q_i}{Q_{1i}} \geq 1, \quad (1)$$

де  $q_i$  – маса окремої небезпечної речовини за індивідуальною назвою або класом небезпечної речовини (категорією небезпеки);

$Q_{1i}$  – порогова маса окремої небезпечної речовини за індивідуальною назвою або класом небезпечної речовини (категорією небезпеки) для об’єкта підвищеної небезпеки 1 класу;

2) об’єкт є ОПН 2 класу, якщо сума

$$\sum_{i=1}^n \frac{q_i}{Q_{2i}} \geq 1, \quad (2)$$

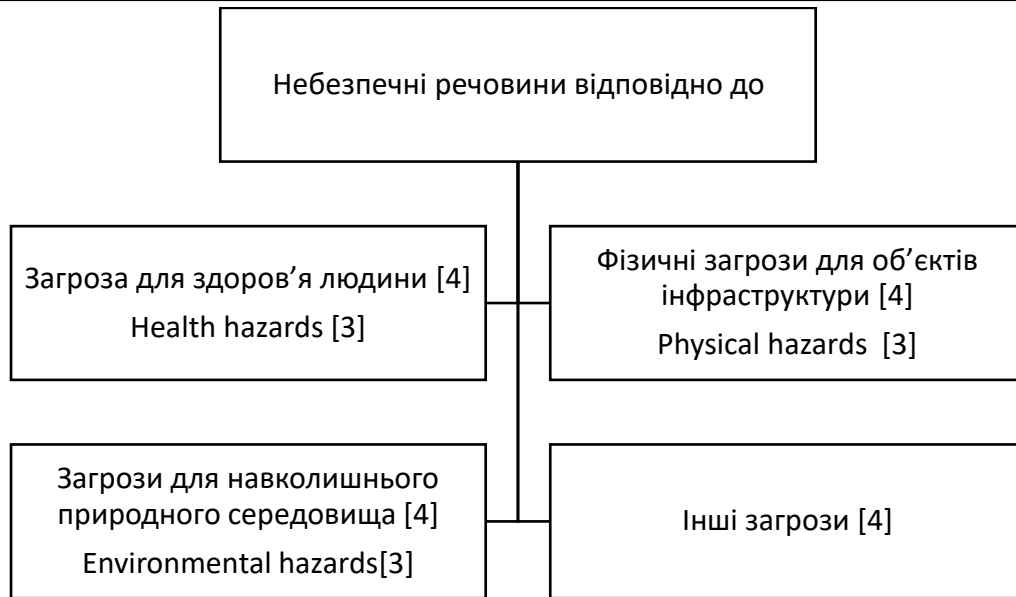
де  $Q_{2i}$  – порогова маса окремої небезпечної речовини за індивідуальною назвою або класом небезпечної речовини (категорією небезпеки) для об’єкта підвищеної небезпеки 2 класу;

3) об’єкт є об’єктом підвищеної небезпеки 3 класу, якщо сума

$$\sum_{i=1}^n \frac{q_i}{Q_{3i}} \geq 1, \quad (3)$$

де  $Q_{3i}$  – порогова маса окремої небезпечної речовини за індивідуальною назвою або класом небезпечної речовини (категорією небезпеки) для об’єкта підвищеної небезпеки 3 класу.

Використання формул (1)-(3) з метою оцінювання впливу небезпеки від небезпечних речовин на здоров’я людини, об’єкти інфраструктури (фізична безпека) та навколишнє природне середовище застосовуються окремо для кожного виду загроз [4]. На рис. 1 наведена класифікація груп речовин, для яких проводяться окремі розрахунки. Також на рисунку для порівняння наведені інформація щодо таких же розрахунків відповідно до [3].



**Рисунок 1** – Класифікація груп речовин, для яких проводяться окремі розрахунки

Таким чином, на основі рис. 1 та алгоритмів ідентифікації можна стверджувати, що незначне зменшення кількості небезпечних речовин (1-5 %) на об'єкті може призводити до зниження класу об'єкта підвищеної небезпеки, або ж виключення його з переліку таких [5].

В табл. 1 наведені теоретичні варіанти об'єктів з небезпечними речовинами та особливості їх ідентифікації, як ОПН 1 класу.

**Таблиця 1** – Результати ідентифікації об'єктів з небезпечними речовинами

№ з/п	Небезпечні речовини				Висновок ідентифікації	
	Загроза для здоров'я людини [4] Health hazards [3]	Фізичні загрози для об'єктів інфраструктури [4] Physical hazards [3]	Загрози для навколишнього природного середовища [4] Environmental hazards [3]	Інші загрози [4]	Результат ідентифікації по [4]	Результат ідентифікації по [3]
1.	-	50 тон P1a ВИБУХОВІ РЕЧОВИНИ	-	-	ОПН 1 класу	Підприємство вищого рівня безпеки
2.	19,99 тон H1 ГОСТРА ТОКСИЧНІСТЬ	49,9 тон P1a ВИБУХОВІ РЕЧОВИНИ	490 тон E2 Категорія 2: хронічна небезпека для водного середовища	490 тон O2 Речовини та суміші, які у разі контакту з водою виділяють займісті газу	ОПН 2 класу	Підприємство нижчого рівня безпеки

Аналіз таблиці та результатів ідентифікації свідчить, що національна методика [4], відповідає [3]. При цьому порівняння теоретичного об'єкту №1 та №2 з таблиці, показує, що незначне зниження небезпечних речовин нижче граничного значення призводить до зниження класу об'єкту, не дивлячись на збільшення кількості речовин інших категорій.

Особливістю є те, що в національній методиці [4] використання формул (1)-(3) застосовується також і для блоку речовин “Інші загрози”, чого немає в [3]. Це в свою чергу посилює вимоги до підприємств на яких переробляються чи зберігаються відповідні речовини.

При цьому слід відмітити, що для об’єктів підвищеної небезпеки 1-го класу обов’язковим є складання місцевими органами виконавчої влади, органи місцевого самоврядування планів реагування на надзвичайні ситуації, які є зовнішніми планами щодо об’єктів підвищеної небезпеки 1 класу.

Якщо прийняти, що дані теоретичні підприємства є тотожними в відношенні до речовин “P1a ВИБУХОВІ РЕЧОВИНИ”, то з впевненістю можна говорити, що ризик на об’єкті №2 буде більшим ніж на №1. Відповідно виникає проблема відповідності вимог та реальної небезпеки, а саме, що перший об’єкт є ОПН 1 класу, а другий являється ОПН другого класу з меншими вимогами до нього, з більшою кількістю небезпечних речовин та більшим ризиком.

Подібним чином розглянемо теоретичні варіанти об’єктів з небезпечними речовинами та особливості їх ідентифікації, як ОПН 2 класу.

**Таблиця 2 – Результати ідентифікації об’єктів з небезпечними речовинами**

№ з/п	Небезпечні речовини				Висновок ідентифікації	
	Загроза для здоров’я людини [4] Health hazards [3]	Фізичні загрози для об’єктів інфраструктури [4] Physical hazards [3]	Загрози для навколишнього природного середовища [4] Environmental hazards [3]	Інші загрози [4]	Результат ідентифікації по [4]	Результат ідентифікації по [3]
1.	-	10 тон P2 ЗАЙМИСТІ ГАЗИ	-	-	ОПН класу 2	Підприємство нижчого рівня небезпеки
2.	49,99 тон H2 ГОСТРА ТОКСИЧНІСТЬ	9,9 тон P1a ВИБУХОВІ РЕЧОВИНИ	99 тон E1 Категорія 1: гостра небезпека для водного середовища, або Категорія 1: хронічна небезпека для водного середовища	99 тон O2 Речовини та суміші, які у разі контакту з водою виділяють займісті газу	ОПН класу 3	-

Аналогічним чином можемо спостерігати, що незначне зниження небезпечних речовин нижче граничного значення призводить до зниження класу об’єкту, не дивлячись на збільшення кількості речовин інших категорій відповідно до національного законодавства, де присутній 3 клас ОПН, а в директиві SEVESO III – відсутній.

Знову ж, виникає проблема відповідності вимог та реальної небезпеки, а саме, що перший об’єкт є ОПН 2 класу, а другий являється ОПН третього класу з меншими вимогами до нього, з більшою кількістю небезпечних речовин та більшим ризиком.

Підсумовуючи можна стверджувати, що відсутня чітка кореляція між класом ОПН та ризиком від нього.

### **Постановка проблеми**

Оцінка ризику від функціонування об’єкту підвищеної небезпеки та відповідність цього ризику класу ОПН є актуальною проблемою при запровадженні ризик-орієнтованого підходу. Ця

проблематика потребує проведення подальших наукових досліджень та розробки відповідних пропозицій до законодавчої бази.

Метою даної статті є аналіз запровадження зазначеної Постанови КМУ на основі принципів та вимог Директиви ЄС Seveso III. Розглянемо, наскільки положення українського законодавчого акта корелюють з принципами запровадження ризик-орієнтованого підходу, а саме існування взаємозв'язку між масою небезпечних речовин, класом ОПН та ризиком. Аналіз включатиме як позитивні аспекти імплементації, так і потенційні виклики та можливості для подальшого вдосконалення національної системи промислової безпеки.

## **Методологія**

В основу дослідження покладено оцінку небезпечних факторів вибуху, пожежі, викиду небезпечних речовин на ОПН та їх залежність від маси небезпечної речовини, що приймає участь в аварії.

## **Результати**

З метою визначення впливу маси небезпечної речовини, що приймає участь в аварії на небезпечні фактори від НС на ОПН необхідно проаналізувати можливий вплив кожної групи речовин на величину ризику.

Перший блок речовин, а саме, що віднесені до категорії “загроза для здоров'я людини (health hazards)” в рамках ідентифікації ОПН, ґрунтуються на їхній здатності взаємодіяти з біологічними системами організму та викликати несприятливі наслідки. Ці наслідки можуть варіюватися від легких подразнень до летальних випадків, залежно від концентрації, тривалості експозиції, шляху проникнення та індивідуальної чутливості. Обґрунтування цих небезпек базується на таких аспектах:

гостра токсичність. Речовини, що належать до цієї категорії, характеризуються високою гострою токсичністю, тобто здатністю викликати швидке та серйозне пошкодження або смерть після одноразової або короткочасної експозиції. Це визначається за допомогою таких показників, як LD50 (летальна доза для 50% тестованих тварин) або LC50 (летальна концентрація для 50% тестованих тварин) для різних шляхів надходження (інгаляційний, оральний, дермальний). Аварійні викиди таких речовин можуть призвести до масових отруєнь з високим показником летальності серед населення, що перебуває в зоні ураження;

хронічна токсичність. Речовини можуть викликати кумулятивний ефект при тривалій або багаторазовій експозиції. Це призводить до розвитку хронічних захворювань, таких як ураження органів дихання, нервової системи, печінки, нирок, репродуктивної системи;

канцерогенність, мутагенність, тератогенність. Особливу небезпеку становлять речовини, які виявляють канцерогенну (здатність викликати рак), мутагенну (здатність змінювати генетичний матеріал) або тератогенну (здатність викликати вроджені вади розвитку плода) дію. Їхня присутність на ОПН вимагає найсуворіших заходів контролю, оскільки наслідки контакту можуть проявитися через роки і передаватися у спадок.

Для таких речовин можна виділити такі способи впливу на людину:

найбільш поширений і небезпечний шлях надходження для газоподібних, пароподібних речовин та аерозолів це інгаляційний шлях. Аварійні викиди таких речовин можуть швидко поширюватися на значні відстані, охоплюючи великі території та загрожуючи численним групам населення;

пероральний (через рот) та дермальний (через шкіру) шляхи є менш поширеними при великих аваріях, але можуть бути значущими при розливах рідких токсичних речовин, забрудненні ґрунту, або при прямому контакті. Забруднення джерел питної води або сільськогосподарських угідь може призвести до довгострокових наслідків для здоров'я населення.

Другий блок речовин “фізичні загрози для об’єктів інфраструктури (physical hazards)” несуть небезпеку як для людини так і інфраструктури. Основні впливи в даному випадку наступні:

ударна хвиля в результаті вибуху, яка може руйнувати будівлі, вибивати вікна, пошкоджувати комунікації (газопроводи, водопроводи, лінії електропередач), виробниче обладнання та призвести до травмування або загибелі людини. Це не тільки призводить до прямих збитків, але й може спричинити вторинні аварії (наприклад, пожежі від пошкоджених газопроводів);

інтенсивне теплове випромінювання від масштабних пожеж може призвести до деформації металевих конструкцій, обвалення будівель, виходу з ладу сусіднього обладнання та транспорту, тощо;

розліт уламків в результаті руйнування обладнання або будівель під час вибуху може завдати значної шкоди на великих відстанях.

Третій блок включає речовини, які, хоч і можуть не становити прямої та миттєвої загрози для життя людини (як токсичні сполуки) або для інфраструктури (як вибухонебезпечні матеріали), проте здатні спричинити значне та тривале забруднення компонентів довкілля – води, ґрунту, тощо, а також завдати шкоди біорізноманіттю та екосистемам загалом. Небезпеки, що походять від речовин, які становлять загрозу для навколишнього природного середовища, базуються на їхніх екоотоксикологічних властивостях, стійкості та здатності до розповсюдження. Обґрунтування цих небезпек включає такі ключові аспекти:

Шкода водним організмам: Багато речовин цієї категорії є високотоксичними для водних екосистем. Навіть невеликі концентрації після аварійного скиду або розливу можуть призвести до масової загибелі риб, амфібій, водних безхребетних та рослин. Це порушує харчові ланцюги та може спричинити колапс локальних водних екосистем.

Шкода ґрунтовим організмам та рослинам: Забруднення ґрунту токсичними речовинами впливає на мікроорганізми, що забезпечують його родючість, а також на кореневі системи рослин. Це може призвести до деградації ґрунтів, зниження врожайності сільськогосподарських культур та загибелі лісових масивів.

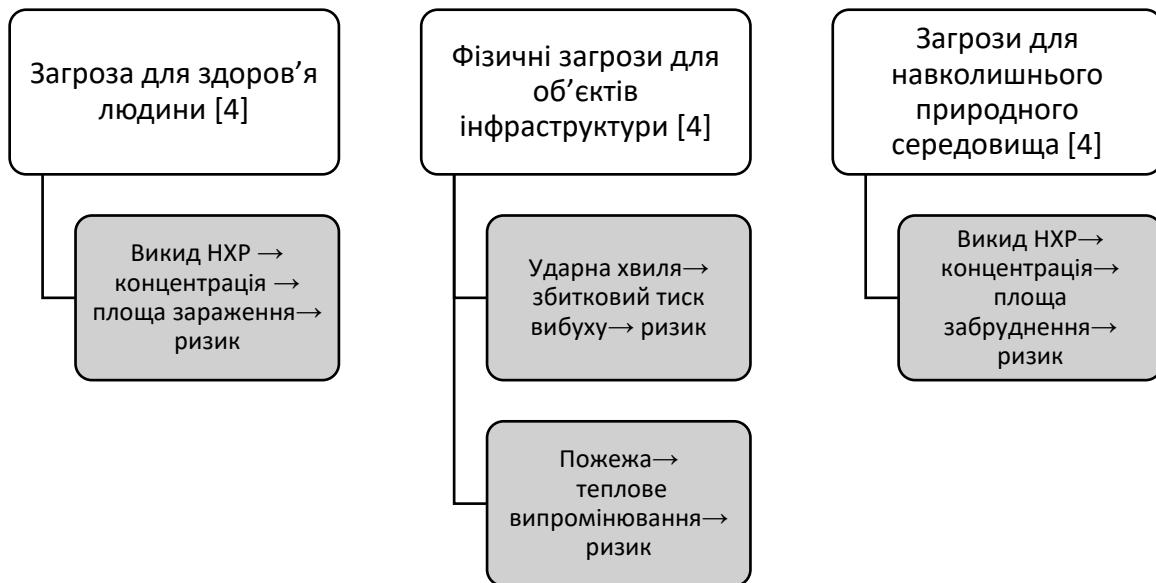
Вплив на наземних тварин: Через забруднення води, ґрунту та рослинності, токсичні речовини можуть потрапляти в організм наземних тварин, викликаючи у них захворювання, порушення репродуктивної функції або загибель.

Персистентність (стійкість): Деякі хімічні сполуки є дуже стійкими до розкладу в природному середовищі. Вони можуть залишатися в ґрунті, воді або донних відкладеннях протягом багатьох років або навіть десятиліть. Це створює довгострокові джерела забруднення.

Біоаккумуляція та біомагніфікація: Стійкі речовини можуть накопичуватися в живих організмах (біоаккумуляція) і збільшувати свою концентрацію по харчовому ланцюгу (біомагніфікація). Це означає, що хижаки на вершині харчового ланцюга (включаючи людину) можуть отримувати значно вищі дози токсинів, ніж організми нижчих трофічних рівнів, що призводить до хронічних захворювань та репродуктивних проблем.

Таким чином основний вплив від кожного блоку небезпечних речовин на величину ризику можна представити у вигляді наступного рисунку.

Управління ризиками на промислових об’єктах, що використовують або зберігають небезпечні речовини, є фундаментальним аспектом забезпечення безпеки виробництва та захисту населення й довкілля. Одним із ключових параметрів, що безпосередньо впливає на масштаб і характер потенційної катастрофи, є маса небезпечної речовини, присутньої на об’єкті.



**Рисунок 2** – Шлях впливу від кожного блоку небезпечних речовин на величину ризику

Взаємозв'язок між кількістю (масою) небезпечної речовини та рівнем ризику є центральним принципом регуляторних систем, таких як європейська Директива Seveso та її український аналог – Закон України “Про об'єкти підвищеної небезпеки”. Саме порогові кількості небезпечних речовин визначають, чи класифікується об'єкт як підвищеної небезпеки, і, відповідно, який обсяг регуляторних вимог до нього застосовується.

Для цього необхідно проаналізувати прямий або часто нелінійний взаємозв'язок між масою небезпечної речовини, що перебуває на об'єкті, та рівнем ризику. Розуміння цієї кореляції, особливо граничних значень як в табл.1, є важливим для ефективного запобігання техногенним катастрофам та взаємозв'язку між класом ОПН та рівнем ризику.

**На першому етапі** проаналізуємо вплив зміни маси НХР (загроза для здоров'я людини) на рівень ризику. З цією метою необхідно оцінити зміну площі та глибини поширення хмари НХР.

Глибина поширення первинної хмари НХР  $\Gamma_1$  з урахуванням метеорологічних та топографічних умов, впливу температури повітря на кількість НХР, що переходить у первинну хмару, визначається за формулою [6]

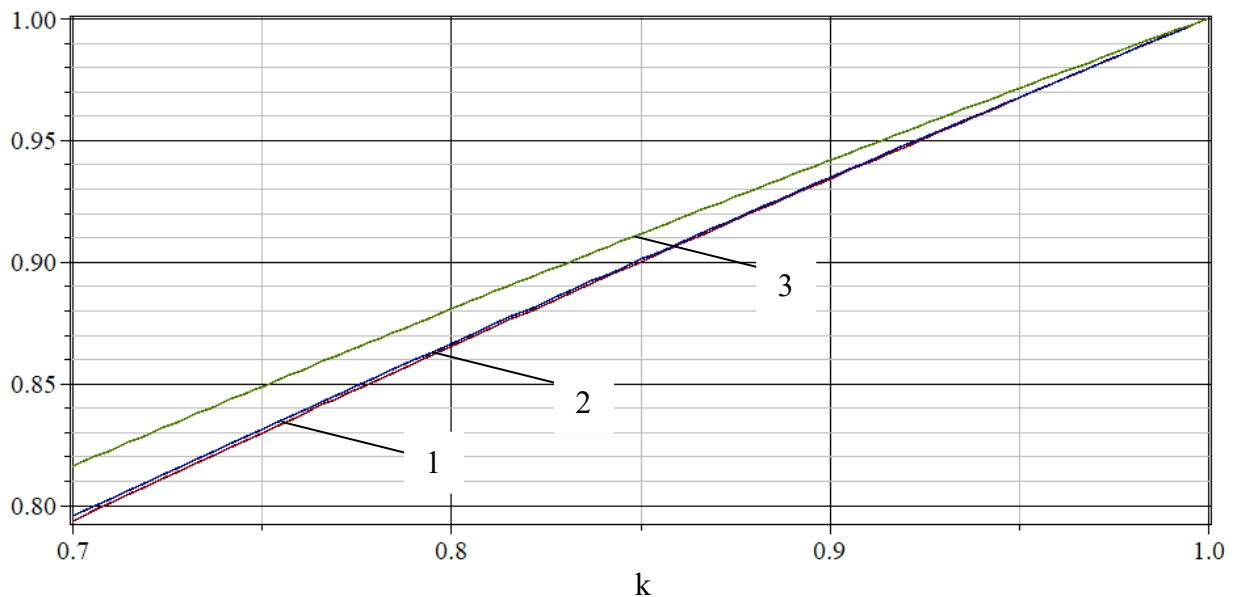
$$\Gamma_1 = \Gamma_{T1} \cdot K_{t1} \cdot K_K \cdot K_M, \quad (4)$$

- де  $\Gamma_{T1}$  – табличне значення глибини поширення первинної хмари (км);  
 $K_{t1}$  – коригувальний коефіцієнт, що враховує вплив температури повітря на глибину поширення первинної хмари НХР.  
 $K_K$  – коефіцієнт пропорційності, що враховує розбіжності заданої маси НХР з типовими масами НХР;  
 $K_M$  – коефіцієнт впливу місцевості.

Відповідно до [6] було проаналізовано глибини розповсюдження первинної хмари та їх взаємозв'язок з речовиною та її масою. У якості прикладу на рис. 3 наведено вплив зміни маси НХР на зміну глибини розповсюдження первинної хмари. У якості зміни маси використано коефіцієнт  $k$

$$k = \frac{m}{m_0}, \quad (5)$$

- де  $m_0$  – маса речовини, що приймає участь в НС, кг;  
 $m$  – зменшена маса речовини, що приймає участь в НС, кг.



**Рисунок 3** – Залежність зміни глибини розповсюдження первинної хмари від зміни маси НХР:  
1 – аміак; 2 – сірководень; 3 – фосген

Аналіз рисунку показує, що зміна глибини розповсюдження для трьох речовин прямопропорційна зміні маси речовини, що приймає участь аварії. Так, зміна маси на 10% ( $k = 0,9$ ) призводить до зміни глибини на 6-7%. Враховуючи, що площа зараження пропорційна квадрату глибини розповсюдження НХР, то при зміні маси на 10% ( $k = 0,9$ ) площа розповсюдження зменшиться на 11-13%. В цілому можна говорити, що площа первинної хмари пропорційна масі небезпечної речовини, а відповідно і величині ризику.

**На другому етапі** відповідно до [7] проаналізуємо зміну параметрів вибуху при зміні маси речовини. Величину розрахункового надлишкового тиску  $\Delta P$  у кілопаскалях, що розвивається у разі займання газо-, пароповітряних сумішей, визначають за формулою

$$\Delta P = P_0 \cdot (0,8 \cdot m_{np}^{0,33} / r + 3 \cdot m_{np}^{0,66} / r^2 + 5 \cdot m_{np} / r^3), \quad (6)$$

де  $P_0$  – атмосферний тиск, кПа (101,3 кПа);

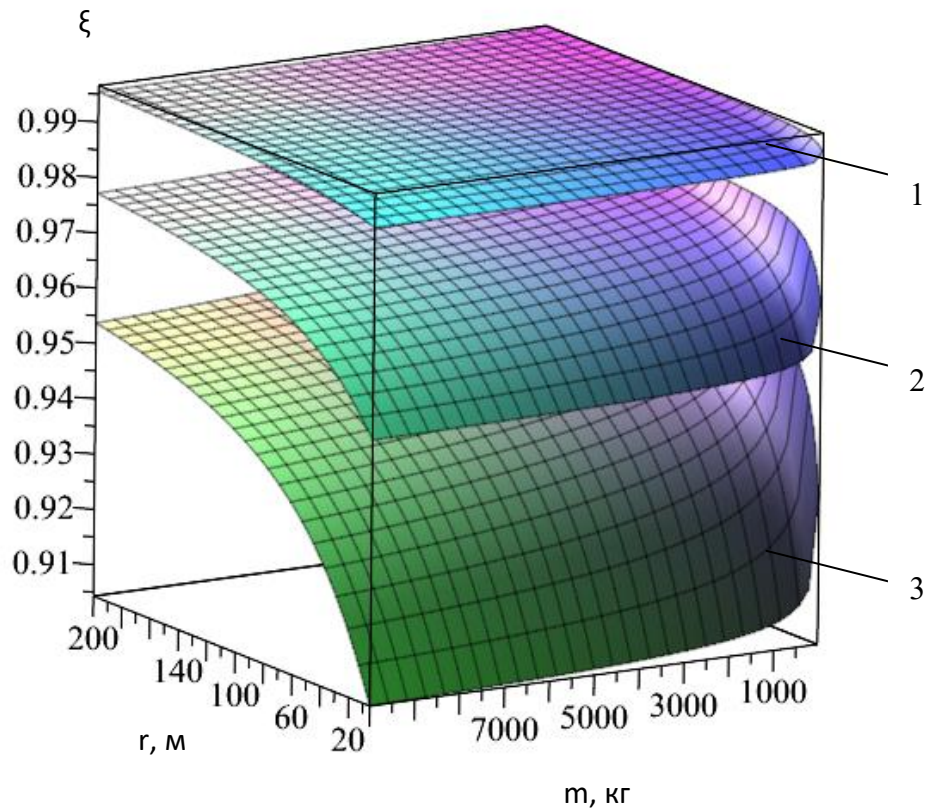
$r$  – відстань від геометричного центра зовнішньої установки до межі розрахункової зони, м;

$m_{np}$  – маса речовини, що приймає участь у вибуху.

На рис. 4 наведена залежність  $\zeta = (\Delta P|_{m=k \cdot m_{np}} / \Delta P|_{m=m_{np}})$ , як показник зміни збиткового тиску вибуху від зміни маси на 1%, 5% та 10%.

Аналіз малюнку показує, що зменшення збиткового тиску на великій відстані (200 м) складає 0,5%, 2,5% та 5% для  $k$  0,99; 0,95; 0,9, відповідно. На коротких відстанях (до 60 м) падіння тиску складає до 1%, 5% та 10% для  $k$  0,99; 0,95; 0,9, відповідно. Таким чином можна говорити про падіння величини збиткового тиску на величину від 50% до 100% від величини зменшення маси речовини, що приймає участь у вибуху.

При розгляді вибухів на підприємстві потрібно приймати до уваги, що речовини, котрі розглядаються при ідентифікації ОПН зберігаються не в одному місці, установці чи складі. Їх зменшення на ту чи іншу величину може навіть не вплинути на масштаб найбільш імовірного сценарію вибуху, і відповідно, ризику.



**Рисунок 4** – Залежність зміни збиткового тиску вибуху від маси речовини та відстані:  
1 –  $k = 0,99$ ; 2 –  $k = 0,95$ ; 3 –  $k = 0,9$

На третьому етапі, при оцінці наслідків та ризиків від пожеж на підприємстві та можливого впливу зміни маси горючої речовини на підприємстві, слід використати методичку наведену в [7].

Інтенсивність теплового випромінювання  $q$  у кіловатах на квадратний метр під час горіння розливів горючих рідин або твердих горючих матеріалів обчислюють за формулою

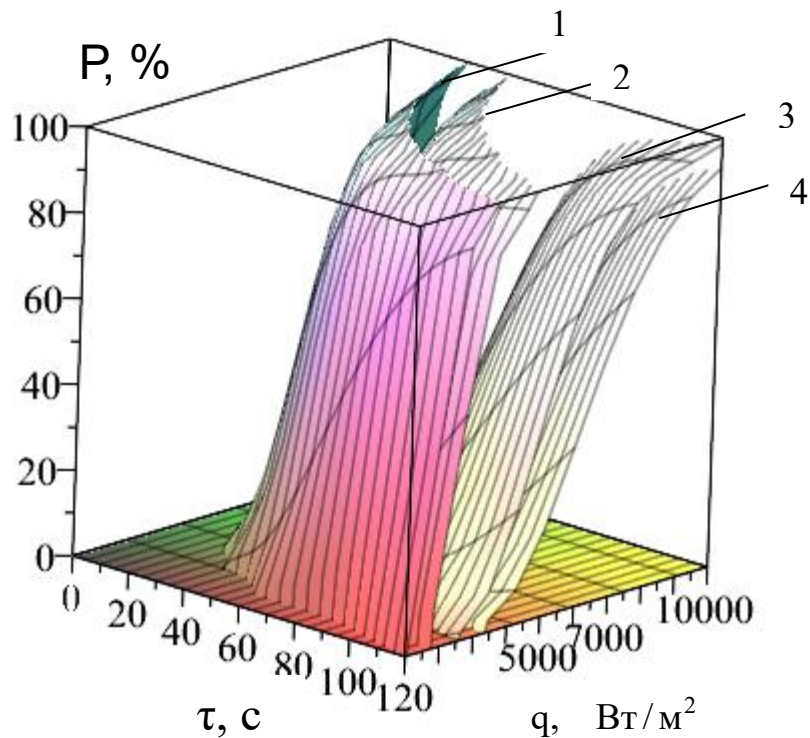
$$q = E_f \cdot F_q \cdot \psi, \quad (7)$$

де  $E_f$  – середньповерхнева густина теплового випромінювання полум'я,  $\text{кВт} \cdot \text{м}^{-2}$ ;  
 $F_q$  – кутовий коефіцієнт опромінення;  
 $\psi$  – коефіцієнт пропускання теплового випромінювання крізь атмосферу.

При використанні даної залежності використовується масовий розхід горючої речовини при пожежі, а не загальна маса. Таким чином незначна зміна маси небезпечної речовини на об'єкті безпосередньо не впливає на величину теплового випромінювання та ризик. В той же час, якщо вся небезпечна речовина, що є на об'єкті, приймає участь у пожежі, то вона може впливати на час існування пожежі.

На рис. 5 з урахуванням [7, 12] наведені залежності імовірності враження від часу та теплового потоку.

Аналіз малюнку показує, що час впливу теплового потоку на людину, який може призвести до загибелі, настільки малий в порівнянні з типовими масштабними пожежами, що зміна маси небезпечної речовини на об'єкті на 1-20% суттєво не вплине на величину ризику.



**Рисунок 5** – Залежність імовірності враження від часу та теплового потоку:  
1 – опіки 1 ст.; 2 – опіки 2 ст.; 3 – загибель без захисного одягу; 4 – загибель в зах. од.

**На четвертому етапі** слід дослідити ризики аварій при викиді речовин третього блоку “загрози для навколишнього природного середовища”.

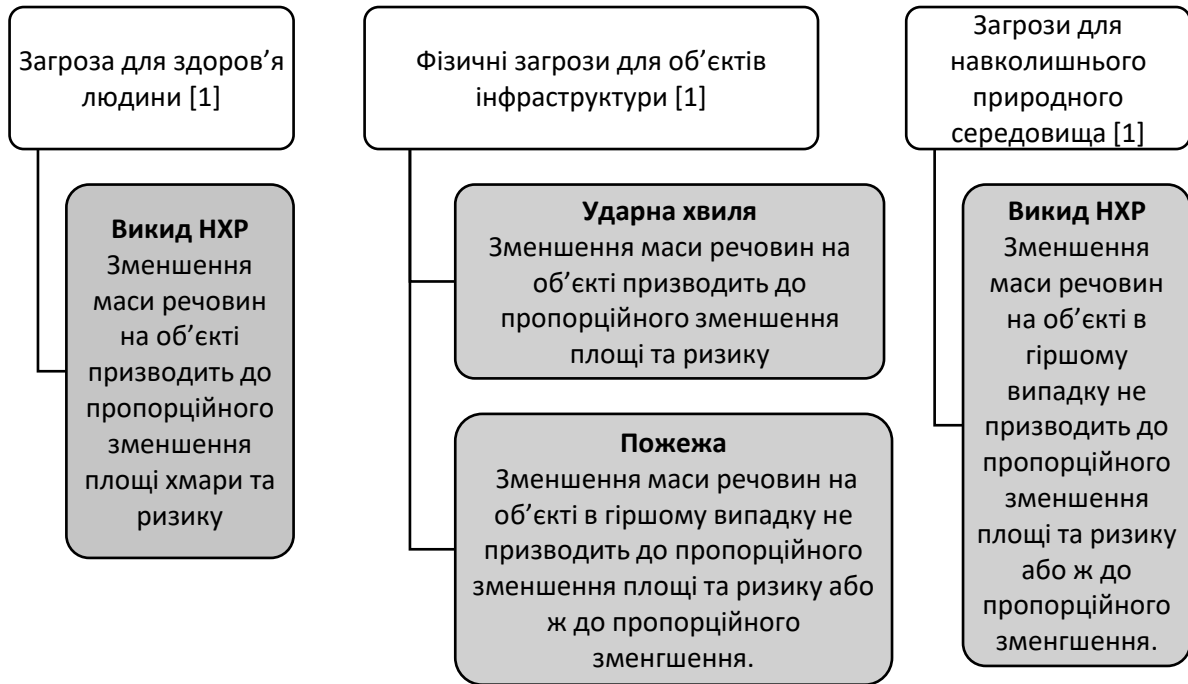
Аварії на об’єктах такого типу зазвичай мають не миттєвий характер, а відбуваються протягом певного часу з витоком небезпечної речовини. При цьому незначне зменшення небезпечної речовини на об’єкті з високою імовірністю не вплине на наслідки надзвичайної ситуації. Окрім того, аналіз [8-11] показує, що наслідки аварій з викидом речовин такого типу мають пропорційну залежність від маси витоку.

### **Обговорення**

Наукову новизну результатів дослідження та їх практичне значення підтримано у ході дискусії науково-педагогічного складу кафедри інженерної підтримки Національного університету оборони України.

На основі проведеної роботи вплив зміни маси небезпечних речовин на об’єкті на величину ризику схематично можна представити в наступному вигляді (рис. 6).

Приймемо, що величина ризику від речовин, що представляють загрозу для здоров’я людини –  $R_z$ , фізичні загрози для об’єктів інфраструктури –  $R_\phi$ , загрози для навколишнього природного середовища –  $R_c$ , інші загрози –  $R_i$ .



**Рисунок 6** – Шлях впливу від кожного блоку небезпечних речовин на величину ризику

Тоді, для прикладу наведеного в таблиці 1, можна отримати, що перше підприємство (ОПН 1 класу) має ризик  $R_1$ , а друге підприємство (ОПН 2 класу) має ризик  $R_2$ , причому  $R_1 < R_2$  (табл. 3).

**Таблиця 3** – Результати ідентифікації об'єктів з небезпечними речовинами та величини ризику

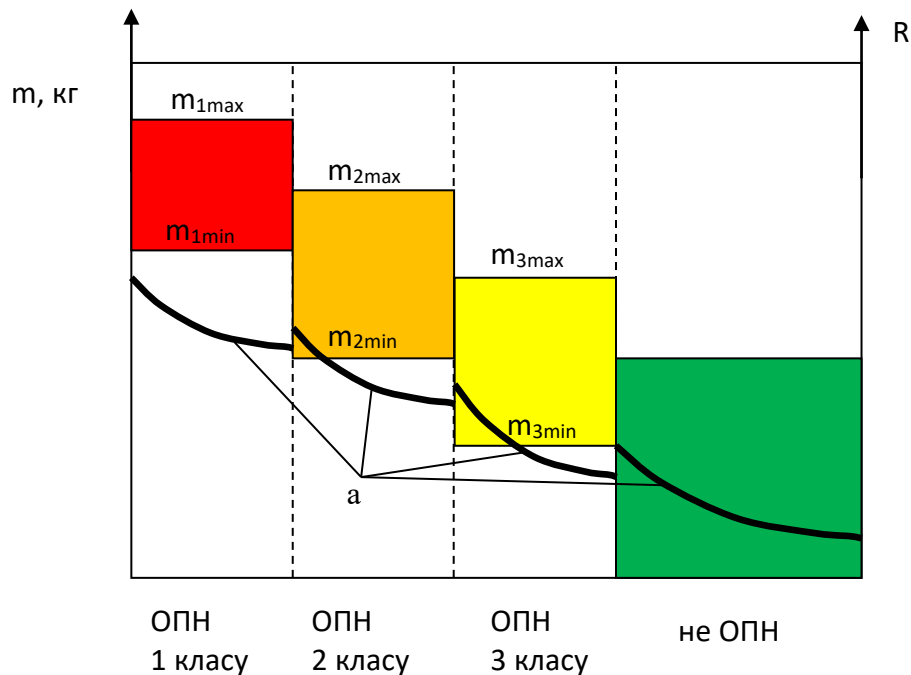
№ з/п	Небезпечні речовини				Оцінка	
	Загроза для здоров'я людини [4]	Фізичні загрози для об'єктів інфраструктури [4]	Загрози для навколишнього природного середовища [4]	Інші загрози [4]	Результат ідентифікації по [4]	Величина ризику
1.		50 тон P1a	-	-	ОПН 1 класу	$R_1 = R_\phi$
2.	19,99 тон H1	49,9 тон P1a	490 тон E2	490 тон O2	ОПН 2 класу	$R_2 = R_3 + k \cdot R_\phi + R_c + R_i$

Таким чином ми отримуємо ситуацію коли більш небезпечне підприємство з більшою кількістю небезпечних речовин являється ОПН 2-го класу, а менш безпечне – 1-го класу.

Подібна ситуація спостерігається й для прикладу наведеного в таблиці 2, коли більш небезпечне підприємство з більшою кількістю небезпечних речовин являється ОПН 3-го класу, а менш безпечне – 2-го класу.

Продовжуючи даний алгоритм можна отримати ситуацію коли більш небезпечне підприємство з більшою кількістю небезпечних речовин не являється ОПН, а менш безпечне – 3-го класу.

Таким чином можна говорити про відсутність чіткої кореляції між класом ОПН, масою небезпечних речовин на об'єкті та ризиком у зв'язку з використанням формул (1)-(3) для кожного виду загроз окремо. Схематично дану ситуацію представлено на рис. 7.



**Рисунок 7** – Схематичний зв'язок між класом ОПН, масою небезпечних речовин та величиною ризику:  $m_{imax}$ ,  $m_{imin}$  – максимальна та мінімально можлива кількість небезпечних речовин на об'єкті;  $a$  – величина ризику

Аналіз показує, що ОПН меншого класу може бути більш небезпечним за величиною ризику. Дана ситуація потребує детальних досліджень для розробки рекомендації та усунення проблеми коли більш небезпечний об'єкт має нижчий клас ОПН.

### Висновки

1. Проведено аналіз та порівняння результатів ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України від 13.09.2022 р. № 1030 "Деякі питання ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки" та Директиви ЄС "Directive 2012/18/EU of the European Parliament and of the Council of 4 July 2012 on the control of major-accident hazards involving dangerous substances, amending and subsequently repealing Council Directive 96/82/EC". Показана відмінність, а саме, що в національній методиці [4] використання формул (1)-(3) застосовується також і для блоку речовин "Інші загрози", чого немає в [3]. Це в свою чергу посилює вимоги до підприємств на яких переробляються чи зберігаються відповідні речовини.

2. Проведено оцінку впливу зміни маси небезпечних речовин на об'єкті на величини ризику. Встановлено, що несуттєві зміни маси небезпечних речовин (до 10%) в кращому випадку зменшують величину ризику на таку ж величину. В інших випадках, коли мова йде не про одночасне залучення всієї небезпечної речовини в НС, величина ризику може практично не змінюватися.

3. Показана відсутність чіткої кореляції між класом ОПН, масою небезпечних речовин на об'єкті та ризиком у зв'язку з використанням формул (1)-(3) для кожного виду загроз окремо. Таким чином отримуємо ситуацію коли більш небезпечне підприємство з більшою кількістю небезпечних речовин являється ОПН 2-го класу, а менш безпечне – 1-го класу. Також

можливий варіант, коли більш небезпечне підприємство з більшою кількістю небезпечних речовин являється ОПН 3-го класу, а менш безпечне – 2-го класу.

4. Подальші дослідження будуть спрямовані на порівняння реальних ОПН, оцінку впливу мас на клас ОПН та на можливу величину ризику. Це дозволить розробити рекомендації для усунення проблеми коли більш небезпечний об'єкт має нижчий клас ОПН.

### **Фінансування**

Це дослідження не отримало конкретної фінансової підтримки.

### **Конкуруючі інтереси**

Автори заявляють, що у них немає конкуруючих інтересів.

### **Список використаних джерел**

1. Rocha, Denis & Amorim, Diovanna & Silva, Douglas & Silva, Edjane & Bolis, Ivan. (2023). Seveso Accident: An Analysis of Human and Organizational Factors. *Revista Ação Ergonômica*. 17. 1-16. URL: <https://revistaacaoergonomica.org/article/10.4322/rae.v17n2.e202303/pdf/abergo-17-2-e202303-trans1.pdf>.
2. De Marchi, Bruna & Funtowicz, S. & Ravetz, Jerome. (1996). 4 Seveso: A paradoxical classic disaster 4 Seveso: A paradoxical classic disaster. *The Long Road to Recovery: Community Responses to Industrial Disaster*. URL: [https://www.researchgate.net/publication/265628235\\_4\\_Seveso\\_A\\_paradoxical\\_classic\\_disaster\\_4\\_Seveso\\_A\\_paradoxical\\_classic\\_disaster](https://www.researchgate.net/publication/265628235_4_Seveso_A_paradoxical_classic_disaster_4_Seveso_A_paradoxical_classic_disaster).
3. Directive 2012/18/EU of the European Parliament and of the Council of 4 July 2012 on the control of major-accident hazards involving dangerous substances, amending and subsequently repealing Council Directive 96/82/EC Text with EEA relevance. *Official Journal of the European Union*, 24.7.2012, L 197/1. Available at: <http://data.europa.eu/eli/dir/2012/18/oj>.
4. Деякі питання ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки: Постанова Кабінету Міністрів України від 13.09.2022 р. № 1030.
5. Directive 2012/18/EU (Seveso-III-Directive) Questions & Answers. URL: <https://www.dsb.no/contentassets/b7f3a384ca0b4c318e6d05579d3a2952/questions--answers-seveso-iii-directive-version-2018.pdf>.
6. Методика прогнозування наслідків вилу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті: затв. Наказом МВС України від 29.11.2019 № 1000. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0440-20#Text>.
7. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою: ДСТУ Б.В.1.1-36:2016. – [Чинний від 2017–01–01]. – Київ: Мінрегіон України, 2016. – 31 с. – (Національний стандарт України).
8. Про затвердження методики розрахунку розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів: Наказ Мінприроди України від 20.07.2009 р. № 389.
9. Методика визначення збитків, заподіяних внаслідок забруднення та/або засмічення вод, самовільного користування водними ресурсами : Наказ Міністерства довкілля та природних ресурсів України від 21 лип. 2022 р. № 252. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0900-22#Text>.
10. Методика кількісного визначення надходжень забруднюючих речовин в річку з підземним потоком / Н.К. Маркіна, Я.В. Горишнякова, О.О. Доценко, О.К. Лептуга // Всеукраїнська науково-практична конференція "Проблеми техногенно-екологічної безпеки в сфері цивільного захисту": збірник матеріалів (08–09 грудня 2022 р., НУЦЗУ, Харків). Х.: НУЦЗУ, 2022.
11. Луньова О. В. Методика оцінки ризику забруднення підземних вод річки Сіверський Донець. *Геотехнічна механіка*. 2020. Вип. 150. С. 15-23. <https://doi.org/10.15407/geotm2020.150.015>.

12. Григоренко О. М. Класифікація об'єктів підвищеної небезпеки з урахуванням імплементації директиви Севезо 3 на території України / О. М. Григоренко, Ю. П. Ключка, С. В. Гарбуз // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2017. – Вип. 25. – С. 14-21. – URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pns\\_2017\\_25\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pns_2017_25_5).

## References

1. Rocha, Denis & Amorim, Diovanna & Silva, Douglas & Silva, Edjane & Bolis, Ivan. (2023). Seveso Accident: An Analysis of Human and Organizational Factors. *Revista Ação Ergonômica*. 17. 1-16. Available from : <https://revistaacaoergonomica.org/article/10.4322/rae.v17n2.e202303/pdf/abergo-17-2-e202303-trans1.pdf>.
2. De Marchi, Bruna & Funtowicz, S. & Ravetz, Jerome. (1996). 4 Seveso: A paradoxical classic disaster 4 Seveso: A paradoxical classic disaster. *The Long Road to Recovery: Community Responses to Industrial Disaster*. Available from : [https://www.researchgate.net/publication/265628235\\_4\\_Seveso\\_A\\_paradoxical\\_classic\\_disaster\\_4\\_Seveso\\_A\\_paradoxical\\_classic\\_disaster](https://www.researchgate.net/publication/265628235_4_Seveso_A_paradoxical_classic_disaster_4_Seveso_A_paradoxical_classic_disaster).
3. Directive 2012/18/EU of the European Parliament and of the Council of 4 July 2012 on the control of major-accident hazards involving dangerous substances, amending and subsequently repealing Council Directive 96/82/EC Text with EEA relevance. *Official Journal of the European Union*, 24.7.2012, L 197/1. Available from : <http://data.europa.eu/eli/dir/2012/18/oj>
4. On Some Issues of Identification of High-Risk Facilities: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of September 13, 2022 No. 1030.
5. Directive 2012/18/EU (Seveso-III-Directive) Questions & Answers. Available from : <https://www.dsb.no/contentassets/b7f3a384ca0b4c318e6d05579d3a2952/questions--answers-seveso-iii-directive-version-2018.pdf>.
6. Methodology for Predicting the Consequences of Spills (Releases) of Hazardous Chemical Substances During Accidents at Chemically Hazardous Facilities and Transport: Approved by Order of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine No. 1000 dated November 29, 2019. Available from : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0440-20#Text>.
7. Determination of Categories of Premises, Buildings, and Outdoor Installations Based on Explosion, Fire and Fire Hazard: DSTU B.V.1.1-36:2016. - [Effective from 2017–01–01]. – Kyiv: Minrehiion of Ukraine, 2016. – 31 p. – (National Standard of Ukraine).
8. On Approval of the Methodology for Calculating the Amount of Compensation for Damage Caused to the State as a Result of Violation of Legislation on the Protection and Rational Use of Water Resources: Order of the Ministry of Environmental Protection of Ukraine No. 389 dated July 20, 2009.
9. Methodology for Determining Damages Caused as a Result of Pollution and/or Littering of Waters, Unauthorized Use of Water Resources: Order of the Ministry of Environment and Natural Resources of Ukraine No. 252 dated July 21, 2022. Available from : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0900-22#Text>.
10. Markina, N.K., Horishna, Ya.V., Dotsenko, O.O., & Leptuha, O.K. (2022). Methodology for the quantitative determination of pollutants entering the river with the underground flow. *Vseukrainska naukovo-praktychna konferentsiia "Problemy tekhnogenno-ekolohichnoi bezpeky v sferi tsyvilnoho zakhystu"* [All-Ukrainian Scientific and Practical Conference "Problems of Technogenic and Ecological Safety in the Field of Civil Protection"]: collection of materials (December 08–09, 2022, NUCDU, Kharkiv). Kharkiv: NUCDU.
11. Lunova, O. V. (2020). Method of estimation of underground water pollution risk of Seversky Donets river. *Heotekhnichna mekhanika*, 150, 15-23. <https://doi.org/10.15407/geotm2020.150.015>.
12. Hryhorenko, O. M., Kliuchka, Yu. P., & Harbuz, S. V. (2017). Classification of high-risk facilities taking into account the implementation of the Seveso 3 directive on the territory of Ukraine. *Problemy nadzvychainykh sytuatsii*, 25, 14-21. Available from : [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pns\\_2017\\_25\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pns_2017_25_5).