

Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет

**МЕТОДИ ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ
СИТУАЦІЙ ТЕХНОГЕННОГО ТА МЕДИКО-
БІОЛОГІЧНОГО ХАРАКТЕРУ НА ОБ'ЄКТАХ
КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗА
ВИКОРИСТАННЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ВОДНИХ
РОЗЧИНІВ**

Монографія

Луцьк
Вежа-Друк
2025

УДК 614.8:504.5
М54

*Рекомендовано до друку Вченою радою Луцького національного технічного університету
(протокол № 11 від 24.06.2025 р.)*

Рецензенти:

Карабин В. В., д-р техн. наук, професор, професор кафедри цивільного захисту
Львівського державного університету безпеки життєдіяльності;

Лукашенко В. В., д-р техн. наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних систем та
мереж Державного університету «Київський авіаційний інститут»;

Андрушак І. Є., д-р техн. наук, професор, професор кафедри інженерії програмного
забезпечення Луцького національного технічного університету.

Автори:

Лобойченко В. М., д-р техн. наук, професор, професор кафедри цивільної безпеки
Луцького національного технічного університету (розділи 1, 2, 3, 4, 5); **Дівізінюк М. М.**,
д-р фіз.-мат. наук, професор, голов.н.с. Центру інформаційно-аналітичного та технічного
забезпечення моніторингу об'єктів атомної енергетики НАН України (розділи 1, 5);
Шевченко Р. І., д-р техн. наук, професор, заступник начальника науково-інноваційного
центру Національного університету цивільного захисту України (розділи 2, 3, 4);
Федорчук-Мороз В. І., канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри цивільної безпеки
Луцького національного технічного університету (розділи 1, 6); **Рашкевич Н. В.**, д-р філ.,
доцент кафедри пожежної профілактики в населених пунктах Національного університету
цивільного захисту України (розділи 2, 3).

**Методи попередження надзвичайних ситуацій техногенного та медико-
біологічного характеру на об'єктах критичної інфраструктури за використання
ідентифікації водних розчинів** : монографія / В. М. Лобойченко, М. М. Дівізінюк,
Р. І. Шевченко та ін. – Луцьк : Вежа-Друк, 2025. – 324 с.

ISBN 978-966-940-673-6

Сучасний науково-технічний розвиток техногенної сфери, поява нових виробництв, частина з яких відноситься до об'єктів критичної інфраструктури, потребує застосування відповідних інноваційних підходів при забезпеченні їх цивільної безпеки. Для України в умовах військової агресії росії застосування лише класичних методів цивільної безпеки не є достатнім для забезпечення цивільної безпеки об'єктів критичної інфраструктури. В монографії розглянута актуальна проблема сфери цивільного захисту з розробки методів цивільного захисту, які формуються у ході синергетичного поєднання базових елементів різних галузей із спеціальними методами цивільної безпеки та мають проблематику, що є складовою декількох суміжних напрямків. В цій науковій праці представлено сучасний стан попередження надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури в різних країнах світу, в тому числі, на територіях України, що зазнали впливу військових дій, висвітлено особливості управління ними, запропоновано низку інженерно-технічних методів попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури, які базуються на ідентифікації водних розчинів, і розглянуто нормативно-правову документацію з даного питання. Запропоновані в монографії інженерно-технічні методи відповідають вимогам сталого розвитку та поєднують в собі підходи зеленої хімії, екології та цивільного захисту. Представлена робота сприятиме подальшому розвитку наукових засад цивільного захисту та буде цікава широкому колу фахівців.

УДК 614.8:504.5

ISBN 978-966-940-673-6

© Лобойченко В. М., Дівізінюк М. М., Шевченко Р. І.,
Федорчук-Мороз В. І., Рашкевич Н. В., 2025
© Кречко А. М. (обкладинка), 2025

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	7
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	11
1.1. Аналіз стану з попередження надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури у провідних країнах світу	11
1.2. Аналіз стану з попередження надзвичайних ситуацій об'єктах критичної інфраструктури у європейських країнах, що розвиваються	29
Література до розділу 1	37
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ТЕРИТОРІЯХ УКРАЇНИ, ЯКІ ЗАЗНАЛИ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ ВНАСЛІДОК АГРЕСІЇ РОСІЇ	70
2.1. Надзвичайні ситуації на територіях України, які зазнали військових дій внаслідок агресії росії, пов'язані з порушенням грунтів	70
2.2. Надзвичайні ситуації на територіях України, які зазнали військових дій внаслідок агресії росії, пов'язані з порушенням масивів підземних вод	88
Література до розділу 2	101
РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ НАДЗВИЧАЙНИМИ СИТУАЦІЯМИ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ НА SMALL-SCALE ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	136
3.1. Характеристики процесу організаційних питань запобігання надзвичайних ситуацій в системі Державної служби України з надзвичайних ситуацій	136

3.2. Характеристики надзвичайних ситуацій техногенного характеру і особливості управління ними на об'єкті критичної інфраструктури	142
3.3. Визначення параметрів процесу формування, передачі та обробки інформаційних повідомлень стосовно поширення наслідків надзвичайних ситуацій медико-біологічного характеру та критерію ефективності застосування організаційно-технічних методів їх скорочення	147
3.3.1. Технічні параметри процесу формування, передачі, обробки інформаційних повідомлень та необхідна умова досягнення ефективності застосування організаційно-технічних методів	147
3.3.2. Організаційні параметри процесу формування, передачі, обробки інформаційних повідомлень та достатня умова забезпечення ефективності організаційно-технічних методів	152
3.4. Забезпечення якості покриття і швидкості мережі Інтернет та інтерактивної телефонії в зоні поширення медико-біологічної небезпеки	163
3.5. Скорочення часу формування операторських запитів та повідомлень у разі виникнення небезпеки медико-біологічного характеру	177
Література до розділу 3	197
РОЗДІЛ 4. ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ МЕТОД ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТЕХНОГЕННОГО ТА МЕДИКО - БІОЛОГІЧНОГО ХАРАКТЕРУ НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА ТЕРИТОРІЯХ, ЯКІ ЗАЗАНАЛИ ВОЄННОГО ВПЛИВУ ШЛЯХОМ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН В ҐРУНТАХ	204
4.1. Фізичні умови формування інженерно-технічного методу виявлення негативних факторів накопичення хімічних речовин в ґрунтах об'єктів критичної інфраструктури та територіях, які	204

зазнали воєнного впливу

4.1.1. Рішення окремої задачі з дослідження стабільності мінерального складу підземних вод 204

4.1.2. Рішення окремої задачі з відбору проб ґрунту та приготування водної витяжки 211

4.1.3. Рішення окремої задачі з вимірювання електропровідності проб ґрунту 213

4.2. Керуючий алгоритм інженерно-технічного методу попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтах 219

4.3. Процедури реалізації керуючого алгоритму інженерно-технічного методу попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтах 225

Література до розділу 4 233

РОЗДІЛ 5. ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ МЕТОД ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЙ ТЕХНОГЕННОГО ТА МЕДИКО-БІОЛОГІЧНОГО ХАРАКТЕРУ НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА ТЕРИТОРІЯХ, ЯКІ ЗАЗНАЛИ ВОЄННОГО ВПЛИВУ ШЛЯХОМ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН В ҐРУНТОВИХ ВОДАХ 236

5.1. Формування фізичного поля інженерно-технічного методу виявлення негативних факторів потрапляння хімічних речовин в ґрунтові води поблизу об'єктів критичної інфраструктури 236

5.1.1. Рішення окремої задачі з вибору показника стану води на території потенційної зони надзвичайної ситуації 236

5.1.2. Рішення окремої задачі з вибору місць відбору проб води в зоні надзвичайної ситуації 241

5.1.3. Рішення окремої задачі з вимірювання електропровідності проб ґрунтових вод	263
5.2. Керуючий алгоритм інженерно-технічного методу попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтових водах	266
5.3. Процедури керуючого алгоритму інженерно-технічного методу попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтових водах	271
Література до розділу 5	282
РОЗДІЛ 6. ПИТАННЯ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В НОРМАТИВНО-ПРАВОВІЙ ДОКУМЕНТАЦІЇ З ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ	285
6.1. Нормативно-правове регулювання питань захисту критичної інфраструктури та об'єктів підвищеної небезпеки	285
6.2. Державний нагляд (контроль) у сфері діяльності, пов'язаної з об'єктами підвищеної небезпеки	289
6.3. Законодавча та нормативно-правова база забезпечення екологічної безпеки для попередження надзвичайних ситуацій	297
6.4. Міжнародне нормативно-правове регулювання попередження надзвичайних ситуацій техногенного та медико-біологічного характеру	308
Література до розділу 6	314

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ВООЗ	Всесвітня організація охорони здоров'я
ГДК	гранично-допустима концентрація
ГІС	географічні інформаційні системи
ДСНС	Державна служба України з надзвичайних ситуацій
ЄДСЦЗ	Єдина державна система цивільного захисту
ЄС	Європейський Союз
ІЗВ	індекс забруднення води
КІЗ	комбінаторний індекс забруднення
КП	контрольний пункт
КПС	контрольний пункт спостережень
МАГАТЕ	Міжнародне агенство з атомної енергії
МВС	Міністерство внутрішніх справ України
МРКУ	модуль ресурсно-критичного управління
МСЗ	мережа стільникового зв'язку
НДІ мікрографії	науково-дослідний, проектно-конструкторський та технологічний інститут мікрографії
НДР	науково-дослідна робота
НС	надзвичайна ситуація
НУЦЗУ	Національний університет цивільного захисту України
ООН	Організація Об'єднаних Націй
ПНО	потенційно небезпечний об'єкт
РМСЗ	резервна мережа стільникового зв'язку
США	Сполучені Штати Америки
ТЕС	теплоелектростанція
ЦРКУ	центр ресурсно-критичного управління
ПЛЛА	плани локалізації і ліквідації аварій

ВСТУП

Сучасний етап розвитку цивільного захисту включає бурхливий розвиток прикладних методів досліджень та активне впровадження цифрових технологій, що відповідають парадигмі Індустрії 5.0. В той же час, в цивільному захисті спостерігається брак сталої методологічної бази. Наявний методологічний інструментарій базується переважно на адаптованих підходах із суміжних галузей знань, які також включають певні суперечності синергетичного характеру, що виникають унаслідок намагань інтеграції цих підходів у рамках дослідження теоретичних засад цивільного захисту.

Стрімке накопичення прикладних досліджень висуває потребу у створенні цілісних, системних підходів до формування методології наукових розвідок у сфері цивільної безпеки. Як наслідок, постає актуальна проблема розробки спеціалізованих методів цивільного захисту, що виникають в результаті синтезу базових концепцій різних наук та профільних методик, які застосовуються в галузі цивільної безпеки, але при цьому охоплюють проблематику, спільну для кількох суміжних напрямів.

Окремі питання, що безпосередньо пов'язані з цивільним захистом, вже детально опрацьовані як у прикладному так і в теоретичному аспектах. Тоді як комплексні методи, що охоплюють міждисциплінарні завдання, залишаються недостатньо розвиненими. В свою чергу, це стримує науковий прогрес у сфері цивільної безпеки, як у напрямку поєднання загальнонаукових підходів із профільними методами, так і шляхом фрагментації дослідницької діяльності між суміжними галузями. В свою чергу, це значно ускладнює досягнення цілісних наукових результатів.

Сучасний розвиток науково-технічного прогресу в техногенній сфері призводить до зростання складності виробничих процесів і систем, в тому числі, і для об'єктів критичної інфраструктури, а загрози сьогодення. Зокрема, війни та конфлікти, підвищують рівень загроз в цьому напрямку. Такі об'єкти відіграють ключову роль у забезпеченні стабільного функціонування держави, її економічної та соціальної систем. Водночас рівень їх вразливості до

різноманітних загроз – техногенних, природних та антропогенних – постійно зростає.

Слід зазначити, що наявна система попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури потребує докорінної технічної перебудови відповідно до новітніх технологічних, економічних та урбаністичних викликів. Зростання рівня сучасних медико-біологічних загроз, в тому числі, в місцях, де відбувались військові дії, також вказує на необхідність суттєвих змін в з цього напрямку в системі цивільного захисту. Існуючі на сьогодні підходи не забезпечують належного рівня безпеки, тому необхідне впровадження єдиних інженерно-технічних та організаційних методів, здатних охопити потреби всієї системи цивільного захисту. Особливо важливим це стає для України в умовах зростання ризиків техногенного та медико-біологічного характеру. Нагальною є також розробка методів дослідження процесів забезпечення безпеки об'єктів критичної інфраструктури. Вирішення цієї наукової проблеми має ключове значення для підвищення безпеки населення, стабільності держави та охорони довкілля в межах концепції Індустрії 5.0.

Актуальність цієї проблеми значно зростає в умовах повномасштабної військової агресії з боку російської федерації, що значно підвищила ризики для безпеки стратегічно важливих об'єктів. В такій ситуації забезпечення надійної цивільної безпеки об'єктів критичної інфраструктури набуває особливої важливості. Застосування лише традиційних, класичних методів захисту виявляється недостатнім, адже вони не враховують нових типів загроз, пов'язаних з різноманітними воєнними діями чи терористичними актами. Тому виникає потреба в пошуку нових методів та підходів, що здатні ефективно відповідати на ці виклики. Забезпечення цивільної безпеки має спиратися на сучасні технології, інноваційні рішення, враховувати Цілі Сталого Розвитку та відповідати вимогами циркулярної економіки. Лише комплексний, адаптивний і проактивний підхід дозволить створити ефективну систему цивільної безпеки, здатну забезпечити стабільне функціонування

критичної інфраструктури навіть в умовах високих загроз, і в той же час, відповідати всім вимогам сучасного суспільства, орієнтованого на сталий розвиток.

Наукове видання

**Лобойченко Валентина,
Дівізінюк Михайло,
Шевченко Роман,
Федорчук-Мороз Валентина,
Рашкевич Ніна**

**МЕТОДИ ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ
СИТУАЦІЙ ТЕХНОГЕННОГО ТА МЕДИКО-
БІОЛОГІЧНОГО ХАРАКТЕРУ НА ОБ'ЄКТАХ
КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗА
ВИКОРИСТАННЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ВОДНИХ
РОЗЧИНІВ**

Монографія

Друкується в авторській редакції

Формат 60x84 1/16. Обсяг 18,83 ум. друк. арк., 18,48 обл.-вид. арк.
Наклад 300 пр. Зам. 74. Видавець і виготовлювач – Вежа-Друк
(м. Луцьк, вул. Шопена, 12, тел. + 38 066 936 25 49).
Свідоцтво Держ. комітету телебачення та радіомовлення України
ДК № 4607 від 30.08.2013 р.